

Министерство науки и высшего образования РФ  
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Строительные материалы и изделия»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/А.А. Орлов/

«    » 2020 г.

**Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе**  
**08.03.01.2020.280.00.00.ПЗ**  
**Проектирование нового цеха для производства декоративных изделий на**  
**ЗЖБИ ООО «Бетотек»**

Руководитель ВКР

/ А.А. Орлов /

«    » 2020 г.

Автор ВКР

Студент группы АС –461

/ Дэн Чао /

«    » 2020 г.

Нормоконтролёр

/Л.Н. Черных/

«    » 2020 г.

Челябинск  
2020

## АННОТАЦИЯ

Дэн Чао Проектирование нового цеха для производства декоративных изделий на ЗЖБИ ООО «Бетотек» – Челябинск: ЮУрГУ, Стр.мат., 2020, 85с., 4 ил., 20 табл.

Библиографический список – 25 наименований.

В выпускной квалификационной работе представлен проект технологической линии по производству трехслойных железобетонных стеновых панелей с декоративной отделкой в новом предполагаемом цеху. Выполнен подбор оборудования, проведены расчеты агрегатно-поточной линии, теплотехнические расчеты ямной камеры.

					<b>08.03.01.2020.280.00.00.ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Проектирование нового цеха для производства декоративных изделий на ЗЖБИ ООО «Бетотек»</b>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.	Дэн Чао					ВКР	4	85
Проверил	Орлов А.А.					Южно-Уральский государственный университет Кафедра «Строительные материалы и изделия»		
Н. контр.	Черных Т.Н.							
Зав.каф	Орлов А.А.							

## СОДЕРЖАНИЕ

1	АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.....	7
1.1	Характеристика района размещения предприятия.....	7
1.2	Генеральный план и транспорт.....	8
2	НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	12
2.1	Выпускаемая продукция завода.....	12
2.2	Номенклатура изделия проектируемой линии.....	19
3	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	36
3.1	Описание технологического процесса.....	36
3.2	Структура производственного процесса.....	38
3.3	Режим работы предприятия.....	40
3.4	Технологические расчеты при поточно-агрегатном способе производства железобетонных изделий.....	40
4	МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОГО ЦЕХА.....	42
5	ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ .....	56
5.1	Общие сведения.....	56
5.2	Выбор режима ТВО.....	57
5.3	Описание ямной пропарочной камеры.....	57
5.4	Исходные данные.....	58
5.5	Теплотехнический расчет тепловой установки.....	60
5.6	Расчет количества камер.....	62
5.7	Материальный баланс камеры.....	63
5.8	Тепловой баланс ямной пропарочной камеры.....	64

6	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ.....	70
6.1	Используемые датчики и регуляторы.....	71
7	ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	75
7.1	Технологическая схема.....	75
7.2	Описание технологического процесса.....	75
7.3	Режим работы предприятия.....	78
7.4	Циклограмма работ.....	78
7.5	Посты и крановые операции.....	78
7.6	Организация труда рабочих на технологической линии.....	80
7.7	Определение уровня механизации и автоматизации.....	81
8	ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	84
8.1	Подбор отношения «цемент:заполнитель» для обеспечения заданной прочности декоративного бетона.....	84
8.2.	Свойства бетона для декоративного слоя трехслойных панелей.....	84
8.3	Создание бетона с гладкой поверхностью.....	85
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	87

# 1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Характеристика района размещения предприятия

ООО «БЕТОТЕК» расположен в промышленной зоне Калининского района г. Челябинска. Челябинск находится в полосе резко-континентального климата. Зона влажности района - сухая.

Климатическая зона строительства - I В.

Преобладающее направление ветров: зимнее - Юго-Западное; летнее - Северо-Западное;

Таблица 1 – Значения повторяемости и скорости ветра в городе Челябинск

Месяц	Повторяемость, % / Скорость ветра, м/с							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	7/4,4	3/4,2	2/2,8	7/2,4	20/3,1	38/3,1	10/3,5	13/4,5
Июль	20/4,5	12/4,4	7/3,7	5/2,3	7/2,9	12/3,2	12/3,9	25/4,5

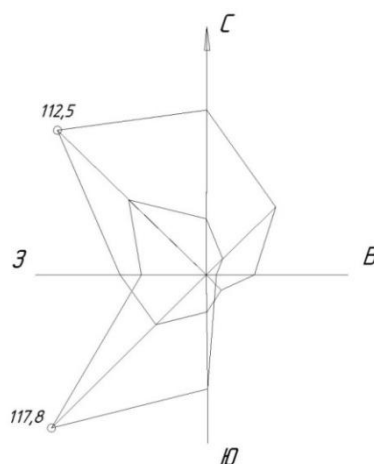


Рисунок 1 – Годовая роза ветров г. Челябинска по многолетним данным  
Показатели климатических условий Челябинска взяты из СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» [20] и характеризуются следующим образом:

- среднегодовая температура воздуха  $+2,8^{\circ}\text{C}$
- среднемесячная температура воздуха в январе от  $-14^{\circ}\text{C}$  до  $-28^{\circ}\text{C}$
- среднемесячная температура воздуха в июле от  $+12^{\circ}\text{C}$  до  $-21^{\circ}\text{C}$
- господствующие ветры теплого периода года: западный и северо-западный 3...4 (м/с), но при грозах усиление ветра до 16...25 (м/с);

- господствующие ветры зимнего периода года: южный и юго-западный 3...4 (м/с), а при метелях около 16...28 (м/с);
- среднегодовое количество осадков – 439 (мм);
- среднегодовое значение атмосферного давления составляет 737...745 мм рт.ст;

Нормативные нагрузки приняты по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [21]:

- снеговая нагрузка – 150 кг/м<sup>2</sup> ( III снеговой район);
- ветровая нагрузка – 30 кг/м<sup>2</sup> (II ветровая зона).

## 1.2 Генеральный план и транспорт

Генплан выполнен в соответствии с розой ветров, СП 18.13330.2011 «Генеральные планы промышленных предприятий» [22] и санитарными требованиями. Склад цемента и заполнителей находятся с подветренной стороны. На нем расположены здания и сооружения, инженерно-технические коммуникации, дороги, тротуары, элементы благоустройства. Ведомость зданий и сооружений представлена на таблице 2. Между ними соблюдено требуемое расстояние, дороги выполнены с уклоном не менее 3%, уровень полов зданий принят выше на 150 мм уровня земли. Транспортная сеть включает разворотные площадки и автостоянку. К зданиям и сооружениям по всей их длине обеспечен подъезд пожарных автомобилей с одной стороны и с двух сторон. Расстояние от края проезжей части, обеспечивающей проезд пожарных машин, до стен зданий высотой до 12 м не более 25 м, при высоте зданий свыше 12 до 28м - не более 8 м.

Таблица 2 – Ведомость зданий и сооружений

Наименование	Кол.	Площадь, м <sup>2</sup>
Формовочный цех №1 (ФЦ1)	1	3168
Формовочный цех №2 (ФЦ2)	1	1512
Формовочный цех №3(проектируемый) (ФЦ3)	1	
Арматурный цех (АРЦ)	1	1512
Склад готовой продукции ФЦ№1(СГП1)	1	2375
Склад готовой продукции ФЦ№2 (СГП2)	1	2160

Окончание таблицы 2

Наименование	Кол.	Площадь, м <sup>2</sup>
Склад готовой продукции ФЦ№3 (СГПЗ)	1	

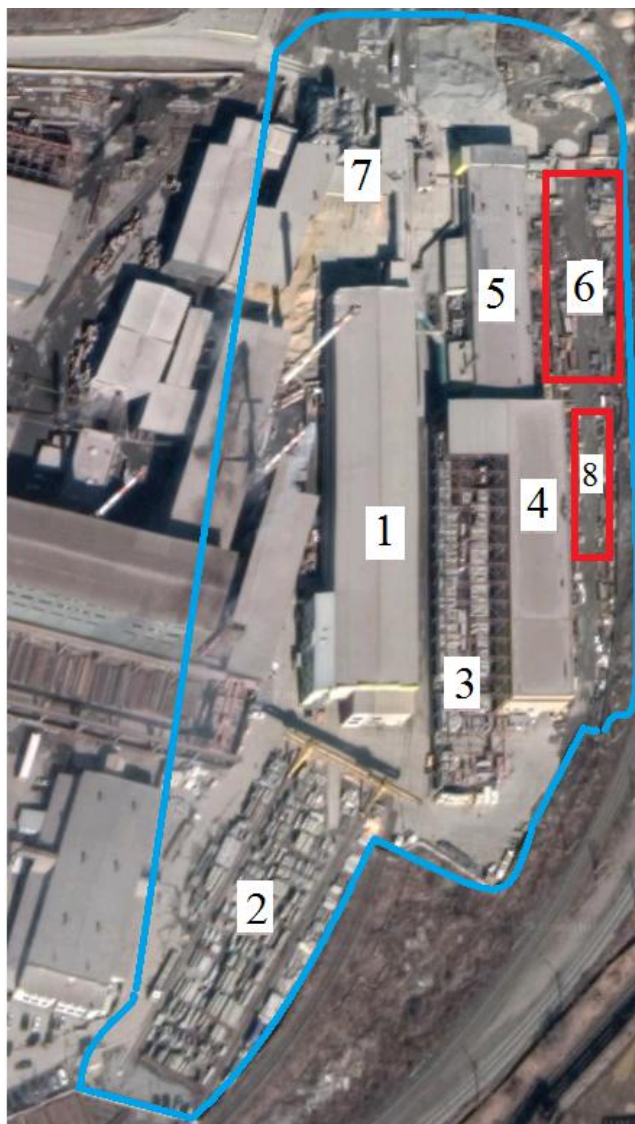


Рисунок 2 – Общий вид предприятия ООО “БЕТОТЕК” с прилегающими  
Территориями

- 1- Формовочный цех №1;
- 2- Склад готовой продукции формовочного цеха №1;
- 3- Склад готовой продукции формовочного цеха №2;
- 4- Формовочный цех №2;
- 5- Арматурный цех;
- 6- Формовочный цех №3;

7- ООО “БРУ;

8- Склад готовой продукции формовочного цеха №3;

9- ООО “БРУ

Основные ТЭП:

Длина дорог - 1674 м;

Процент озеленения - 11% .

Архитектурно-планировочные решения формовочного цеха №1:

Габариты - 24x132 м;

Шаг колон - 6 м, пролет - 24 м.

Цех представляет собой одноэтажное здание из одного пролетов. В цехе предусмотрена работа двух мостовых кранов, транспортировка арматуры, готовой продукции, подача бетонной смеси осуществляется с помощью адресной подачи бетона. Для предприятия спроектирована единая система инженерных сетей, размещаемых в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями. Предусмотрены преимущественно наземный и надземный способы размещения инженерных сетей, таких как водопровод и канализация, газо- паропроводы, кабели силовые, связи, тепловые сети и т.д.

В основном цехе установлены два мостовых крана грузоподъемностью 10 тонн. Каркас цеха: колонны металлические, колонны фахверковые железобетонные, подкрановые балки - металлические, связи – металлические, подстропильных конструкций нет, фермы железобетонные безраскосные для малоуклонной кровли. Стены - навесные панели железобетонные трехслойные теплоизоляционные, кровля - рубероидная по сборным железобетонным плитам с утеплителем. С одного торца предусмотрены ворота двухпольные распашные металлические размером 4x4,2 м, предназначенные для вывоза готовой продукции, эвакуационных выход. С другого торца здания предусмотрен вход для рельсовых путей, по которым производится адресная подача бетонной смеси с основного бетоно-растворного узла.

Архитектурно-планировочные решения формовочного цеха №2:



Габариты – 18х84 м. Цех представляет собой одноэтажное здание. В цехе предусмотрена работа кран-балки грузоподъемностью 5 т, транспортировка исходных компонентов для декоративного бетона. Каркас цеха: колонны железные двутаврового сечения, подкрановые балки металлические, подстропильных конструкций нет. Стены – навесные теплоизоляционные панели. Продукция этого цеха поступает на закрытый склад готовой продукции №2, оснащенный мостовым краном.

Технологическое оборудование для изготовления арматуры размещено в отдельном цехе размерами 18×84м. АРЦ снабжает арматурными сетками, каркасами, гнутыми элементами и прочими изделиями и заготовками три существующих формовочных цеха. Арматура доставляется автотранспортом – погрузчиком с прицепом.

## 2 НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ

### 2.1 Выпускаемая продукция завода

Наружные стеновые панели

Основные размеры изделия:

Размеры панели выполняются по проекту или индивидуальным рабочим чертежам заказчика.

Максимальные значения длины и ширины ограничиваются размерами поддона: 3300\*9500 мм.

Толщина наружного слоя  $a=80$  мм.

Толщина теплоизоляционного слоя 100-150 мм (в зависимости от требуемых теплотехнических свойств).

Толщина внутреннего слоя для навесных панелей  $c=80$  мм. Для несущих стен минимальная толщина  $c=120$  мм в соответствии с требованиями ГОСТ 31310 [1].

Масса 1 м<sup>2</sup>:

навесной панели - 0,4 т/м<sup>2</sup>;

несущей панели - 0,6 т/м<sup>2</sup>.

Материалы:

Тяжелый бетон: для наружного слоя применяется В25, F100 (F150 для цокольных панелей), для внутреннего В15, В20, В25.

Утеплитель:

Таблица 3 – Утеплители для наружных стеновых панелей

Наименование	Теплопроводность при условии эксплуатации А по СНиП 23-02-2003, Вт/м•К	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Минераловатные плиты на основе базальтового волокна	0,042	90
Экструдированный пенополистирол	0,036	32

Таблица 4 – Основные характеристики наружных стеновых панелей

Назначение панели	Длина, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Лицевой слой, мм	Теплоизоляция, мм	Внутренний слой, мм	Максимальная масса панели, т
Несущая панель	до 9500	до 3200	до 480	от 60 до 80	От 50 до 200	от 80 до 200	до 12
Навесная панель	до 9500	до 3200	до 380	от 60 до 80	От 50 до 200	от 80 до 100	до 12

## 2. Внутренние стеновые панели

Основные размеры изделия:

Размеры плит выполняются по проекту или индивидуальным рабочим чертежам заказчика.

Максимальные значения длины и ширины ограничиваются размерами поддона: 3300\*9500 мм.

Толщина изделий 160 мм.

Материалы:

Тяжелый бетон В15, В20, В25.

Таблица 5 – Основные характеристики внутренней стеновой панели

Назначение панели	Длина, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Класс бетона	Максимальная масса изделия, т
Внутренняя стеновая панель	до 9500	до 3200	160	В15, В25	до 12

## 3. Плоские плиты перекрытия

Основные размеры изделия:

– Размеры плит и панелей выполняются по проекту или индивидуальным рабочим чертежам заказчика.

– Максимальные значения длины и ширины ограничиваются размерами поддона: 3300\*9500 мм.

– Толщина изделий 160 мм.

Материалы:

– Тяжелый бетон В15, В20, В25.

Таблица 6 – Основные характеристики плиты перекрытия

Назначение панели	Длина, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Класс бетона	Максимальная масса изделия, т
Плоская плита перекрытия	до 9500	до 3200	160	В15, В25	до 12

#### 4. Наружные стеновые панели для промышленных зданий

Таблица 7 – Основные характеристики наружных стеновых панелей для промышленных зданий

Марка	Габаритные размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Класс бетона	Масса металла, кг
	a	b	h				
ПСТ60.9.2,0-ТП-1	5980	200	880	1,05	1,90	В22,5	32,50
ПСТ60.12.2,5-ТП-1		250	1180	1,77	2,60		41,63
ПСТ60.18.3,0-ТП-1		300	1780	3,19	3,80		58,63
ПСТ30.12.2,0-ТП	2980	200	1180	0,71	1,30		27,96
ПСТ30.18.2,5-ТП		250	1780	1,33	1,90		38,04
ПСТ30.24.2,5-ТП		300	2380	2,12	2,60		45,84
ПСТ6.12.2,0-ТП		200	1180	0,12	0,30		9,52
ПСТ6.18.2,5-ТП		250	1780	0,25	0,40		11,44
ПСТ6.24.3,0-ТП	300	2380	0,28	0,50	12,72		

#### 5. Колонны различных сечений

Колонны железобетонные сплошного прямоугольного поперечного сечения, изготовленные из тяжелого бетона, предназначены для сборного и сборно-монолитного каркасов межвидового применения.

Колонны изготавливаются по ГОСТ 18979 [2] и сериям: Белорусская Б-1.2020.7; Чебоксарская; «КУБ»; 1.020-1; 1.420; 1.421; 1.423; 1.424; 1.427; 1.823; ИИ-04; 3.013; 3.015; КЭ-01-49.

– Высота и размеры поперечного сечения выполняются по рабочим чертежам заказчика.

– Длина колонны ограничивается условиями транспортировки и монтажа.

– Максимально допустимый вес изделия 8 тонн.

– Маркировка колонн по рабочим чертежам заказчика.

На предприятии возможно изготовление колонн по всем вышеперечисленным сериям следующих типов:

В зависимости от расположения в каркасе здания по высоте:

КН - колонны нижние;

КС - колонны средние;

КВ - колонны верхние;

КБ - колонны бесстыковые (на всю высоту здания)

В зависимости от числа консолей:

О - одноконсольные;

Д - двухконсольные.

Для крепления навесных панелей, диафрагм жесткости, лестничных маршей и площадок, и других изделий в колоннах устанавливаются закладные детали, петлевые выпуски либо другие крепежные элементы. Для монтажа и транспортировки в колоннах предусмотрены петли и строповочные отверстия.

Перекрытия по серии «КУБ»

Длина, ширина и толщина выполняются по рабочим чертежам заказчика.

Сборные элементы диафрагм жесткости

Панели применяются в каркасном домостроении для обеспечения пространственной устойчивости здания.

Возможны 2 варианта изготовления элементов диафрагмы:

– с петлевыми выпусками;

– с закладными деталями.

Изделия изготавливаются по рабочим чертежам заказчика.

Максимальные размеры ограничиваются размерами поддона: 3300\*9500 мм.

Сборные элементы шахты лифта

Панели применяются для возведения шахты лифта в здании. Соединение осуществляется при помощи закладных деталей.

Изделия изготавливаются по рабочим чертежам заказчика.

Максимальные размеры ограничиваются размерами поддона: 3300\*9500 мм.

Сваи

Сваи забивные железобетонные цельные и составные, сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой, изготовленные из тяжелого бетона по ГОСТ 19804 [3].

Сваи применяют для свайных фундаментов зданий и сооружений, и предназначены для применения во всех климатических районах, в том числе в районах распространения вечномёрзлых грунтов.

Маркировка:

C120.30-8.1.у-св

C - тип сваи квадратного сплошного сечения, цельные и составные, с поперечным армированием ствола;

120 - длина сваи в дм;

30 - размер стороны поперечного сечения в см;

8 - порядковый номер варианта армирования в соответствии с рабочими чертежами;

1 - каркас острия приставной;

у - ударостойкая;

св - сварной стык (для составных свай).

Таблица 8 – Основные размеры свай

Вид свай	Сечение	Длина	Рабочие чертежи
Цельные	200	3000 - 6000	Серия 1.011.1-10, вып. 1; серия 3.500.1-1
	250	4500 - 6000	
	300	3000 - 12000	
	350	4000 - 16000	
	400	4000 - 18000	
Составные	300	14000 - 24000	Серия 1.011.1-10, вып. 8
	350	14000- 28000	
	400		

#### 6. Перемычки железобетонные

Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами. Серия 1.038.1-1, ГОСТ 984-84 [4]. Перемычки предназначены для перекрытия проемов в стенах из кирпича.

Таблица 9 – Основные характеристики ж/б перемычек

Марка	Габаритные размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Класс бетона	Масса металла, кг
	a	b	h				
1ПБ10-1	1030	120	65	0,008	0,02	В15	0,49
2ПБ10-1	140	0,017	0,04	0,38			
2ПБ-16-2	1550	0,026	0,07	0,83			
3ПБ-34-4	3370	220	0,089	0,22	3,13		
3ПБ-13-37	1290	0,034	0,09	1,75			
4ПБ-30-4	2980	290	0,104	0,26	2,26		
5ПБ-18-27	1810	250	220	0,100	0,25	4,66	
5ПГ16-40	1550	380	290	0,143	0,36	4,81	
4ПГ30-40	2980	0,301	0,75	23,83			
1ПГ44-8	4410	250	290	0,194	0,49	14,03	
6ПГ44-40	4410	380	440	0,611	1,53	58,38	
2ПГ48-31	4800	250	440	0,391	0,98	69,59	
8ПГ60-40	5960	510	1,167	2,92	149,44		
1ПП12-3	1160	380	65	0,029	0,07	0,71	
4ПП12-4	1160	510	0,038	0,10	0,98		
2ПП14-4	1420	380	140	0,076	0,19	1,43	
5ПП14-5	1420	510	0,101	0,25	2,08		
6ПП30-13	2980	220	0,334	0,84	9,66		
3ПП14-71	1420	380	0,119	0,30	4,96		

## 7. Плиты балконные

Серия 1.137.1-9

Плиты предназначены для крупноблочных зданий и зданий со стенами из кирпича

Маркировка:

ПБК24.11-4а

ПБК - тип плиты (плиты балконов плоские сплошные консольные);

24 - длина плиты в дм;

11 - ширина плиты в дм;

4 - толщина плиты в дм;

а - данная плита предназначена только для кирпичных стен (на плите отсутствуют парные закладные изделия на крайних участках опорного ребра).

Таблица 10 – Основные характеристики балконных плит

Марка	Габаритные размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Класс бетона	Масса металла, кг
	L	B	H				
ПБК24.11-4	2390	240	1140	0,31	775,00	В15	28,08
ПБК24.12-5	340	1240	0,35	875,00	28,97		
ПБК24.13-6	440	1340	0,37	950,00	30,38		
ПБК36.13-6	3590	0,57	1425,00	40,74			

#### 8. Блоки бетонные для стен подвалов

Блоки, изготавливаемые из тяжелого бетона по ГОСТ 13579 [5], предназначены для фундаментов, стен подвалов и технических подпольев зданий.

Маркировка:

ФБС 24.3.6-Т

ФБ - вид изделия (фундаментный блок);

С - тип сплошной;

24 - длина в дм;

6 - ширина в дм;

6 - высота в дм;

Т - для изготовления используется тяжелый бетон.

Таблица 11 – Основные характеристики фундаментных блоков

Марка	Габаритные размеры, мм			Объем бетона, м <sup>3</sup>	Масса изделия, т	Класс бетона	Масса металла, кг
	L	B	H				
ФБС 24.3.6-Т	2380	300	580	0,406	1,02	В7,5	1,46
ФБС 24.4.6-Т	400	0,543	1,36				
ФБС 24.5.6-Т	500	0,679	1,70				
ФБС 24.6.6-Т	600	0,815	2,04	2,36			

#### 9. Плиты ограждений и фундаменты

Серия 3.017-1, выпуск 1 "Ограждения площадок и участков - Железобетонные элементы оград"

#### 10. Лестничные марши

Выполняются по рабочим чертежам заказчика

#### 11. Лотки

Выполняются по рабочим чертежам заказчика



## 12. Вентиляционные блоки

Выполняются по индивидуальным чертежам заказчика

## 13. Опорные плиты серии 1.225-2

### 2.2 Номенклатура изделия проектируемой линии

Проектируемая технологическая линия предназначена для трехслойных стеновых панелей с декоративной отделкой.

Трехслойные стеновые панели изготавливаются в соответствии с требованиями настоящего технологического регламента, [1] и рабочих чертежей. Общий вид изделия приведен ниже.

Панели следует изготавливать в формах, обеспечивающих соблюдение установленных данным технологическим регламентом требований к качеству поверхности и точности изготовления.

Панели классифицируют по следующим основным признакам, определяющим их типы:

- назначению в здании;
- статической схеме работы;
- конструктивному решению;
- типу соединительных связей;
- разрезке стен на элементы.

По назначению в здании панели подразделяют на:

- панели стен надземных этажей;
- панели стен цокольного этажа или технического подполья;
- панели стен чердака или парапетные.

По статической схеме работы панели подразделяют на:

- несущие;
- ненесущие.

Разновидностями несущих панелей являются поэтажно несущие и самонесущие панели.

Конструктивные решения панелей определяются принятыми при проектировании параметрами, отражающими архитектурные, технологические и конструктивные особенности панелей, в том числе указанные в 6.4.8.

По типу соединительных связей между наружным и внутренним слоями панели подразделяют на:

- с гибкими связями из коррозионно-стойкой стали или другого коррозионно-стойкого материала;
- с жесткими железобетонными связями (перемычками или ребрами).

В зависимости от разрезки стен в здании их элементы подразделяют на панели:

- однорядной (поэтажной) разрезки (несущие, поэтажно несущие и самонесущие);
- полосовой горизонтальной разрезки (ненесущие);
- полосовой вертикальной разрезки (ненесущие).

При использовании однорядной разрезки стен панели подразделяют на рядовые и угловые, глухие и с проемами.

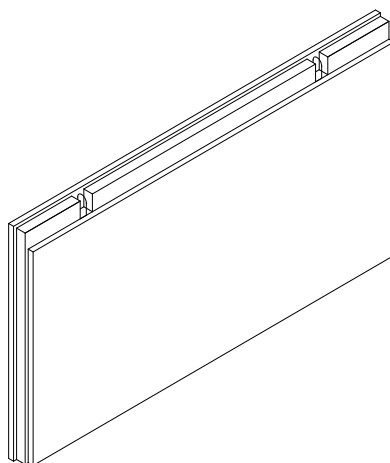


Рисунок 3 – Общий вид трехслойной стеновой панели

При использовании горизонтальной полосовой разрезки стен панели подразделяют на полосовые и межоконные (простеночные), рядовые и угловые.

При использовании вертикальной полосовой разрезки стен панели подразделяют на полосовые, рядовые и угловые, а также подоконные.

Кроме перечисленных выше показателей, панели всех типов характеризуются:

- видами отделки наружных и внутренних лицевых поверхностей;
- диапазоном габаритных размеров;
- типом вертикальных и горизонтальных стыков со смежными панелями;
- видом крепления к другим конструкциям зданий;
- параметрами основных слоев;
- видом бетона наружного и внутреннего слоев (тяжелый или легкий);
- наличием или отсутствием железобетонных слоев;
- материалом теплоизоляционного слоя;
- типом соединительных связей (гибких из коррозионно-стойкой стали, гибких неметаллических или жестких железобетонных в виде перемычек или ребер);
- конструкцией горизонтальных и вертикальных стыков (с противодождевым гребнем или без него - плоский стык);
- типом стыков по способу обеспечения водо- и воздухоизоляции помещений (закрытый, дренированный или открытый);
- наличием или отсутствием слоя пароизоляции.

Панели однорядной разрезки характеризуются также размерами проемов для окон и балконных дверей.

Панели подразделяют на следующие типы по сочетанию признаков, относящих их к разным классификационным группам:

- а) для надземных этажей:
  - ЗНСНг – трехслойная, наружная стеновая несущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки);
  - ЗНСНж – трехслойная, наружная стеновая несущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки);
  - ЗНСг – трехслойная наружная стеновая ненесущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки);

– ЗНСж – трехслойная наружная стеновая ненесущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки);

– ЗНГг – трехслойная наружная горизонтальной полосовой разрезки с гибкими связями;

– ЗНГж – трехслойная наружная горизонтальной полосовой разрезки с жесткими связями;

– ЗНВг – трехслойная наружная вертикальной полосовой разрезки с гибкими связями;

– ЗНВж – трехслойная наружная вертикальной полосовой разрезки с жесткими связями.

б) для цокольного этажа или технического подполья:

– ЗНЦНг – трехслойная наружная цокольная несущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЦНж – трехслойная наружная цокольная несущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЦг – трехслойная наружная цокольная ненесущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЦж – трехслойная наружная цокольная ненесущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки).

в) для чердака:

– ЗНЧНг – трехслойная наружная чердачная несущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки),

– ЗНЧНж – трехслойная наружная чердачная несущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЧг – трехслойная наружная чердачная ненесущая панель с гибкими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЧж – трехслойная наружная чердачная ненесущая панель с жесткими связями (однорядной разрезки);

– ЗНЧГг – трехслойная наружная чердачная горизонтальной полосовой разрезки панель с гибкими связями;

– ЗНЧГж – трехслойная наружная чердачная горизонтальной полосовой разрезки панель с жесткими связями;

– ЗНЧВг – трехслойная наружная чердачная вертикальной полосовой разрезки панель с гибкими связями;

– ЗНЧВж – трехслойная наружная чердачная вертикальной полосовой разрезки панель с жесткими связями.

#### Условное обозначение панелей

Панели следует обозначать марками в соответствии с ГОСТ 23009 [6]. При установлении обозначений необходимо учитывать следующие положения:

– марка панели состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисами;

– первая группа содержит обозначение типа панели и габаритных размеров;

– обозначения типов панелей следует принимать в соответствии с 6.4.9 и дополнять при необходимости буквенными индексами, указывающими на предусматриваемое использование их в стенах зданий или другие особенности конкретных типов;

– длину и высоту панели указывают в дециметрах (округляя до целого числа), а толщину - в сантиметрах;

– во второй группе указывают, при необходимости, вид бетона и обозначения конструктивных особенностей панели.

Пример условного обозначения (марки) трехслойной наружной стеновой несущей панели однорядной разрезки с гибкими связями длиной 3000 мм, высотой 2800 мм и толщиной 350 мм из тяжелого бетона:

**ЗНСНг30.28.35**

#### Требования к размерам

Предельные отклонения фактических размеров панелей по длине, высоте и толщине должны устанавливаться в проектной документации на конкретное здание на основе расчетов точности геометрических параметров в соответствии с

ГОСТ 21780 [7], исходя из данных об условиях изготовления и монтажа этих изделий и их работы в конструкциях здания.

Предельные отклонения фактических размеров принимать не более значений, указанных в таблице 12.

Таблица 12 – Предельно допустимые отклонения от проектных размеров

Вид отклонения	Геометрический параметр и его номинальное значение	Отклонение, мм
Отклонение линейного размера	Длина и высота панели при максимальном размере в серии типоразмеров: до 4000 св. 4000 до 8000 св. 8000	$\pm 5$ $\pm 6$ $\pm 8$
	Толщина панели	$\pm 5$
	Размеры проемов, вырезов, выступов и углублений: до 120 св. 120 до 500 св. 500 до 1000 св. 1000	$\pm 2$ $\pm 3$ $\pm 4$ $\pm 6$
	Размеры гнезд для распаячных коробок, выключателей и штепсельных розеток, поперечного сечения каналов и борозд для электропроводки	0; +2
	Размеры, определяющие положение проемов, вырезов, выступов и углублений: до 120 св. 120 до 500 св. 500 до 1000 св. 1000	2 3 4 6
	Размеры, определяющие положение стальных закладных деталей, расположенных в соответствии с рабочей документацией в одном уровне с поверхностью бетона и не служащих фиксаторами при монтаже: - в плоскости панели при размере закладной детали до 100 мм - то же, св. 100 мм - из плоскости панели	5 10 3
	Размеры, определяющие положение стальных закладных деталей, служащих фиксаторами при монтаже	3

Отклонения от проектной толщины бетонных слоев, а также наружного защитно-декоративного и внутреннего отделочного слоев панелей не должны превышать  $\pm 5$  мм; отклонения от проектной толщины теплоизоляционного слоя при плитном утеплителе, уложенном в один слой, не должны превышать  $\pm 5$  мм, а в два слоя –  $\pm 10$  мм.

Номинальную толщину защитного слоя бетона до арматуры (включая наружный защитно-декоративный или внутренний отделочный слой) следует принимать не менее значений, приведенных в таблице . Исключение составляют панели, предназначенные для климатических подрайонов IB, IG, IA, IB, IG, IIB и IVB по МСН 2.04-01, в которых номинальную толщину защитного слоя из легкого бетона от наружной поверхности до арматуры необходимо принимать не менее 30 мм, слоя из тяжелого бетона - не менее 25 мм.

Номинальную толщину защитного слоя бетона до арматуры, располагаемой в слое, являющемся при бетонировании верхним, следует принимать с учетом допускаемых отклонений толщины этого слоя, толщин армированных слоев, но не менее значений, указанных в таблице 13.

Предельные отклонения от проектной толщины защитного слоя бетона до рабочей арматуры принимать не более значений, указанных в таблице 14.

Таблица 13 – Толщина защитного слоя

Поверхность, от которой замеряется толщина бетона	Вид бетона, в котором расположена арматура	Минимальная номинальная толщина защитного слоя бетона до арматуры, мм	
		рабочей	конструктивной
Наружная (фасадная), примыкающая к теплоизоляционному слою	Тяжелый	20	15
	Легкий	20	20
Поверхность внутренней стороны панели и грани проема	Тяжелый	15	10
	Легкий	20	15

Таблица 14 – Отклонения от номинальной толщины защитного слоя

Номинальная толщина защитного слоя бетона до поверхности стержня арматуры, мм	Предельные отклонения по толщине защитного слоя бетона при линейных размерах поперечного сечения конструкции или его элемента, мм			
	До 100	101 – 200	201 – 300	Свыше 300
От 10 до 14 включительно	+4	+5	+6	–
Свыше 14 до 19	+4, -3	+8, -3	+10, -3	+15, -5
Свыше 19	± 5	+8, -5	+10, -5	+15, -5

#### Требования к внешнему виду

Вид и качество отделки наружных лицевых поверхностей панелей должны удовлетворять требованиям проектной документации и соответствовать эталонам отделки, утвержденным по согласованию с заказчиком.

Типы установленных в панелях окон и балконных дверей, их окраска, остекление и комплектование подоконными плитами, сливами и скобяными изделиями должны соответствовать заказу на изготовление.

Качество бетонных поверхностей панелей должно соответствовать требованиям ГОСТ 13015 [8] к поверхностям категорий, указанных в стандарте или рабочей документации на эти панели.

На участках поверхностей, предназначенных для образования герметизируемых зон в стыках и нанесения оклеечной воздухоизоляции, не должно быть:

- раковин диаметром более 3 мм и глубиной более 2 мм;
- местных наплывов и впадин высотой (глубиной) более 2 мм;
- околлов бетона ребер глубиной более 2 мм и длиной более 30 мм на 1 м ребра.

На поверхностях панелей не должно быть жировых и ржавых пятен.

На облицованных поверхностях панелей не должно быть отслоившихся плиток. Качество швов между плитками должно соответствовать эталону отделки.

В бетоне и растворе панелей, поставляемых потребителю, не должно быть трещин, за исключением местных поверхностных трещин шириной не более 0,2 мм.

Требования к бетону и бетонной смеси

Для формирования панелей следует использовать бетонные смеси, соответствующие требованиям ГОСТ 7473 [9].

Для формирования панелей следует использовать бетонные смеси марки по подвижности П-2. Требуемые характеристики удобоукладываемости бетонных смесей приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристики бетонной смеси по удобоукладываемости

Марка по подвижности	Осадка конуса, см	Расслаиваемость, % не более	
		Водоотделение	Раствороотделение
П-2	9±1	0,4	3



Панели следует изготавливать из тяжелого бетона по ГОСТ 26633 [10] классов по прочности на сжатие, указанных в рабочих чертежах.

Коэффициент вариации прочности бетона в соответствии с требованиями ГОСТ 13015 должен быть не более 13,5%.

Бетоны, применяемые для основных слоев панелей, должны соответствовать требованиям: тяжелый и мелкозернистый бетоны - ГОСТ 26633 [10], легкие бетоны - ГОСТ 25820 [11].

Нормируемая отпускная прочность на сжатие тяжелого и легкого бетонов, а также раствора наружного защитно-декоративного и внутреннего отделочных слоев должна устанавливаться в проектной документации на конкретное здание и указываться в заказе на изготовление панелей с учетом требований [8]. Нормируемая отпускная прочность бетона панелей и наружного защитно-декоративного слоя должна быть не менее 70% проектной прочности бетона на сжатие.

Морозостойкость и водонепроницаемость бетона должны соответствовать маркам по морозостойкости и водонепроницаемости, установленным в проектной документации на конкретные здания и указанным в заказе на изготовление панелей. Марки по морозостойкости и водонепроницаемости бетона наружного слоя, защитно-декоративного слоя и железобетонных связей (перемычек или ребер) следует принимать не менее:

- F100 и W4 - для панелей надземных этажей;
- F150 и W4 - для панелей цокольного этажа и технического подполья и парапетных панелей.

Номинальную толщину защитно-декоративного слоя панелей следует принимать, мм, не менее:

- 15 - в надземных панелях;
- 30 - в цокольных панелях и панелях технического подполья.

Проектные классы бетона и марки раствора по прочности на сжатие для наружного защитно-декоративного слоя следует принимать не ниже класса бетона основного слоя и не ниже B7,5.

Объем межзерновых пустот в уплотненной смеси тяжелого бетона для наружного и внутреннего слоев панелей должен быть не более 3%. Фактические значения объема межзерновых пустот и объема вовлеченного воздуха в уплотненной бетонной смеси не должны превышать значений по ГОСТ 25820 [11].

Для получения бетона требуемой долговечности бетонную смесь готовят с воздухововлекающими и пластифицирующими добавками по ГОСТ 24211 [12] и нормативным документам на данные материалы.

#### Требования к армированию конструкций

Для армирования панелей следует применять арматурную сталь:

- стержневую горячекатаную периодического профиля класса А-III и гладкую класса А-I по ГОСТ 5781;
- проволочную периодического профиля класса Вр-I по ГОСТ 6727 [13].

Для закладных изделий следует применять сталь прокатную по ГОСТ 535 [14].

Монтажные петли следует изготавливать из стержневой горячекатанной арматурной стали класса А-I марок СтЗпс и СтЗсп по ГОСТ 5781. Сталь марки СтЗпс не допускается применять для монтажных петель, предназначенных для подъема и монтажа изделий при температуре воздуха ниже минус 40 °С.

Сварные арматурные и закладные изделия должны соответствовать требованиям ГОСТ 10922 и ГОСТ 23279.

Форма и размеры арматурных и закладных изделий и их положение в конструкции должны соответствовать проекту.

#### Цемент

В качестве вяжущего следует применять портландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 и белый портландцемент по ГОСТ 965.

Цемент должен храниться отдельно по маркам и видам в металлических или железобетонных силосах, мешках.

Не допускается увлажнение цемента более 0,1 %.

Каждая поставляемая партия цемента или ее часть, должна сопровождаться документом о качестве (сертификатом). Гигиенический сертификат подтверждается 1 раз в год.

Испытания цемента проводить по ГОСТ 310.1 «Цементы. Методы испытаний. Общие положения», ГОСТ 310.2 «Цементы. Методы определения тонкости помола», 310.3 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания, и равномерности изменения объема», 310.4 «Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии», 310.5 «Цементы. Методы определения тепловыделения», 310.6 «Цементы. Методы определения водоотделения».

#### Мелкий заполнитель

В качестве мелкого заполнителя применяется песок природный для строительных работ и песок из отходов дробления по ГОСТ 8736 I класса, соответствующий требованиям ГОСТ 26633.

Для приготовления бетонных смесей следует использовать песок с модулем крупности от 2 до 2,5. Применение очень мелких и мелких песков не допускается.

Применение песков повышенной крупности нежелательно.

Песок разных партий должен храниться в разных отсеках открытого склада заполнителей.

Каждая поставляемая партия песка или ее часть, должна сопровождаться документом о качестве (сертификатом).

Испытания песка проводить по ГОСТ 8735 «Песок для строительных работ. Методы испытаний», ГОСТ 30108 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

#### Крупный заполнитель

В качестве крупного заполнителя для приготовления бетонных смесей используется щебень из природного камня по ГОСТ 8267 фракции 5...20 мм, 2-ой группы по содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.

Зерновой состав щебня должен соответствовать требованиям ГОСТ 26633.

Каждая поставляемая партия щебня или ее часть, должна сопровождаться документом о качестве (сертификатом).

Испытания щебня проводить по ГОСТ 8269.0 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний», ГОСТ 8269.1 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа», ГОСТ 30108 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов».

#### Вода

Вода для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732.

#### Добавки

Добавки для бетона должны удовлетворять требованиям ГОСТ 24211 «Добавки для бетонов. Общие технические условия» и техническим условиям на добавки от изготовителя.

#### Требования к теплоизоляционному слою

Для теплоизоляционного слоя панелей следует применять теплоизоляционные изделия в виде плит из полимерных и минераловатных материалов.

В качестве теплоизоляционного слоя следует применять жесткие теплоизоляционные плиты из:

- полистирольного пенопласта марки 25 или 35 по ГОСТ 15588;
- минеральной ваты на основе базальтового волокна на синтетическом связующем плотностью 80-160 кг/м, а также волостанитового волокна на битумно-минеральной связке;
- минеральной ваты на синтетическом связующем плотностью не более 175 кг/м по ГОСТ 9573, ГОСТ 22950;
- минеральной ваты из стеклянного волокна на синтетическом связующем плотностью не более 150 кг/м по ГОСТ 10499.

Полужесткие теплоизоляционные материалы допускается применять только в сочетании с жесткими. В этом случае полужесткие теплоизоляционные плиты должны укладываться непосредственно на слой бетона, являющийся нижним при бетонировании.

Допускается применять другие теплоизоляционные изделия и материалы, изготавливаемые по соответствующим стандартам и удовлетворяющие по назначению и условиям применения требованиям настоящего стандарта с учетом следующего: коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов должен быть не более 0,08 Вт/м •°С, а средняя номинальная плотность - не более 200 кг/м.

Теплоизоляционные изделия и материалы, применяемые для изготовления панелей, должны иметь гигиенические заключения органов санитарно-эпидемиологического надзора и сертификат пожарной безопасности.

При использовании для теплоизоляционного слоя в трехслойных панелях новых материалов необходимо иметь на них техническое свидетельство, выданное в установленном порядке, с указанием следующих основных характеристик:

- средняя плотность, кг/м;
- прочность при 10%-ном обжатии, МПа;
- коэффициент теплопроводности (в сухом состоянии и расчетное значение), Вт/м •°С;
- весовая влажность, % по массе.

Перечисленные характеристики должны соответствовать требованиям ГОСТ 16381.

В случае, если теплоизоляционные плиты являются горючим материалом (в соответствии с ГОСТ 30244), по периметру окон и в стыках панелей необходимо устраивать огнезащитные преграды из негорючего материала, например, из минераловатных плит на базальтовой основе.

Теплоизоляционные плиты могут располагаться в панелях в один или несколько слоев. Схема расположения плит должна быть указана в рабочей документации.

Влагоемкие и невлагостойкие теплоизоляционные материалы и изделия в необходимых случаях, определяемых конструкцией трехслойных панелей, технологией их формования и тепловой обработки, должны быть защищены от увлажнения в процессе изготовления панелей. Способы защиты должны быть указаны в рабочей документации на панели.

К влагоемким относятся теплоизоляционные материалы и изделия, отпускная влажность которых при отсутствии мер защиты от увлажнения в процессе изготовления может превысить допускаемую по 7.8.15.

К невлагостойким относятся теплоизоляционные материалы и изделия, технические характеристики которых (например размеры, прочность, деформативность, теплопроводность и др.) при отсутствии мер защиты их от увлажнения в процессе изготовления панели могут необратимо ухудшиться.

При выборе изделий и материалов для теплоизоляционного слоя следует учитывать информацию об их биостойкости и долговечности. При применении изделий и материалов, срок сохранения теплозащитных свойств которых в эксплуатационных условиях меньше расчетного срока службы панели в целом, следует предусматривать конструктивную возможность осуществления мероприятий по ремонту с целью восстановления теплозащитных свойств панели.

Прочность материалов и изделий теплоизоляционного слоя при 10%-ном обжатии для панелей, при изготовлении которых бетон наружного или внутреннего слоя укладывают по теплоизоляционному слою, должна быть такова, чтобы сжимаемость теплоизоляционного слоя не превышала 6% при давлении, создаваемом массой укладываемого на него слоя бетона.

Допускается применять теплоизоляционные плиты сжимаемостью при указанном давлении от 6% до 15% (полужесткие плиты по ГОСТ 16381) в сочетании с теплоизоляционными изделиями, сжимаемость которых не превышает 4%.

При этом слой более жестких теплоизоляционных плит следует укладывать по слою менее жестких плит.

Влажность теплоизоляционных изделий при укладке в панели (начальная влажность) не должна превышать предельно допускаемую влажность (весовую влажность), установленную в стандартах на изделия конкретного вида.

Влажность теплоизоляционного слоя при отпуске панелей потребителю (отпускная влажность) не должна превышать предельно допускаемую влажность (весовую влажность), установленную для теплоизоляционных изделий, из которых выполнен этот слой, более чем на 5% по массе.

Теплоизоляционные плиты следует укладывать в панели плотно друг к другу.

При расположении теплоизоляционных плит в несколько слоев швы между плитами в каждом из слоев должны быть смещены по отношению к швам между плитами в смежных слоях не менее чем на толщину слоя.

Раскладка теплоизоляционных плит должна соответствовать указанной в рабочих чертежах панелей.

Зазоры между торцами теплоизоляционных плит и зазоры в местах их примыканий к форме должны быть защищены от затекания бетонной смеси и ее растворной составляющей. Места расположения зазоров и способы защиты от попадания бетонной смеси должны быть указаны в рабочих чертежах каждой конкретной панели.

#### Соединительные связи

Назначение соединительных связей в трехслойных панелях - обеспечивать целостность панели при ее изготовлении, комплектации, хранении, транспортировании, монтаже и эксплуатации стены.

Для этих целей применяют:

– гибкие связи в виде отдельных стержней, полос, арматурных изделий разных видов из коррозионно-стойкой стали или стали обыкновенного качества (с антикоррозионным покрытием или без него);

– гибкие связи в виде отдельных стержней из неметаллических щелочестойких материалов;

– дискретные железобетонные связи - перемычки (шпонки);

– железобетонные ребра из легкого бетона.

Неметаллические материалы должны использоваться только для гибких связей-подкосов и гибких связей-распорок. Применение гибких связей-подвесок из неметаллических материалов не допускается.

Размещение связей по телу панели должно обеспечивать совместную работу наружного и внутреннего бетонных слоев панели при эксплуатации зданий.

Гибкие связи должны состоять из двух частей:

– рабочей соединяющей;

– анкерующей.

Рабочие элементы гибких связей должны выполняться из коррозионно-стойких материалов.

Анкерующие элементы гибких связей располагают в бетонных слоях; для защиты их от коррозии должны предусматриваться:

– необходимая толщина защитного слоя бетона;

– ограничение межзерновой пустотности и ширины трещин в бетоне;

– виды бетонов, в составе которых содержание компонентов, вызывающих коррозию металла, не превышает допустимый уровень.

Размеры сечения и армирование жестких соединительных связей (железобетонных перемычек и ребер) должны приниматься такими, чтобы были исключены образование трещин и коррозия арматуры в этих связях и в примыкающих к ним зонах панелей. Для защиты арматуры от коррозии необходимо применять меры для защиты анкерующих элементов гибких связей. Номинальную толщину железобетонных ребер и номинальные размеры железобетонных перемычек следует принимать не менее 60 мм. При этом рекомендуется соблюдать условие, согласно которому значение коэффициента теплотехнической однородности панелей, определяемого в соответствии с СП 23-



101-2004 и учитываемого в расчетах сопротивления теплопередаче, должно быть не менее 0,6.

Число связей, необходимое для обеспечения целостности панели при эксплуатации здания, должно определяться расчетом по апробированным методикам. Типы и расположение связей должны быть указаны в рабочей документации на панель.

#### Дополнительные требования

В панелях с проемами, примыкающими к их торцовым граням (например, с дверными проемами), должны быть приняты конструктивные меры (например, образование замкнутого арматурного контура путем устройства армированной перемычки с помощью каркасов, арматурных стержней или другим способом) для предупреждения появления трещин в панели в зоне проема при погрузочно-разгрузочных операциях, транспортировании, хранении и монтаже.

Доска для проемов и огнебиозащитное покрытие, гидроизоляционные, пароизоляционные и антикоррозионные покрытия, лакокрасочные и облицовочные материалы и мастики должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов и в предусмотренных нормативными актами случаях иметь сертификаты соответствия.

### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Описание технологического процесса

Агрегатно-поточный способ изготовления трехслойных панелей характеризуется разделением технологического процесса на отдельные процессы или их группы, выполнением нескольких разнонаправленных процессов на универсальных агрегатах, наличием свободного ритма производства в потоке, последовательным перемещением изделия от поста к посту.

Формы и изделия переходят от поста к посту с произвольным интервалом, зависящим от длительности операции на данном рабочем месте. Межоперационная подача изделий на таких линиях осуществляется кранами и вывозными тележками.

Формы – это самое массовое технологическое оборудование, которое обеспечивает получение изделий заданной геометрической формы и установления точных размеров. Стоимость форм составляет около половины стоимости всего технологического оборудования линии.

Описание технологической схемы будет показано на примере изготовления трехслойной наружной стеновой панели с декоративной отделкой наружного слоя бетона наружным слоем вниз.

Следует отметить, что каждая операция контролируется контролером отдела технического контроля (контролер ОТК) и приступать к следующей операции разрешается после отметки в карте производства.

Панели изготавливаются в формах из фанеры.

Оборудование для производства размещено в цехе 18x72 м, который оснащен двумя кран-балками грузоподъемностью по 10 т каждая. Арматурные изделия изготавливаются в цехе формовки колонн 18x84 м, оснащенном двумя кран-балками грузоподъемностью 5 т.

Агрегатно-поточный способ производства наиболее подходящий при больших объемах изготовления изделий, так как тепловая обработка и технологическое оборудование панелей позволяет добиваться высокого качества выпускаемых изделий. При агрегатно-поточном способе производства весь

технологический процесс разбивается на определённое количество разнонаправленных и последовательно сменяющихся операций. Каждая операция выполняется на заданном посту и имеет заданную продолжительность и заданные интервалы между операциями (например, для затвердевания бетона в зависимости от его состава требуется разное количество времени). Перемещение панелей с поста на следующий пост осуществляется с помощью подъемно-транспортного оборудования – мостовых кранов. Твердение отформованных изделий производится в специально оборудованных камерах, которые могут быть непрерывного или периодического действия, что в разы ускоряет затвердевание бетона в отличие от нормального твердения.

В данном дипломном проекте выбираем агрегатно-поточный способ производства, так как он позволяет повысить производительность труда и качество выпускаемых изделий за счет оснащения постов специализированным оборудованием. К тому же агрегатно-поточные линии больше отвечают требованиям гибкого производства – они сравнительно легко переналаживаются при смене номенклатуры выпускаемых изделий, по сравнению с конвейерными линиями.

### 3.2 Структура производственного процесса

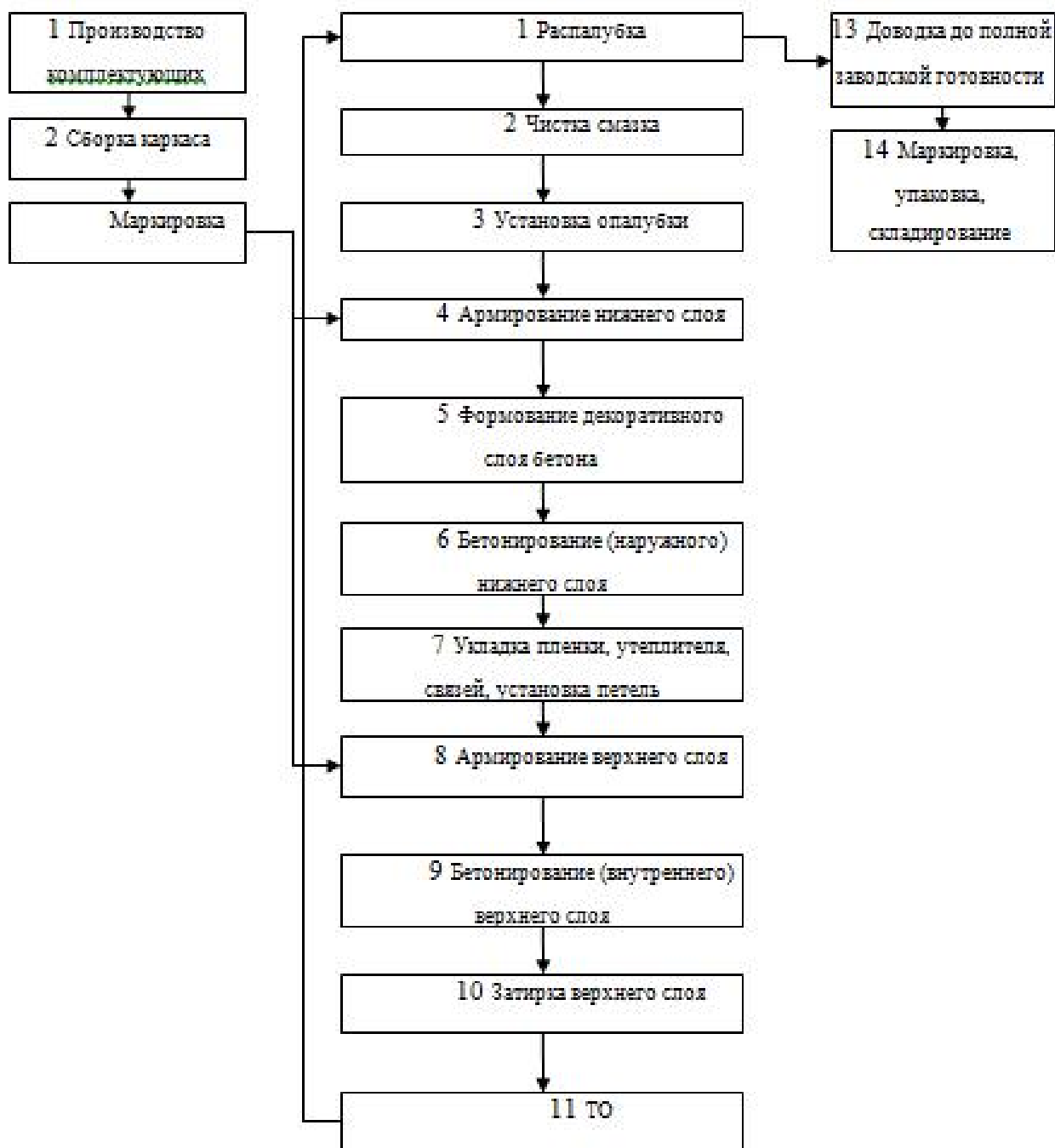


Рисунок 4 – Технологическая схема производства трехслойных стеновых панелей

Технологический процесс производства панелей осуществляется в следующей последовательности.

После тепловой обработки форма с изделием вынимается из камеры с помощью мостового крана и устанавливается на пост распалубки. После удовлетворительных результатов проверки прочности бетона (распалубочной)

лаборатория дает разрешение на распалубку изделий. Борты формы разбираются, чистятся и изделие перемещают на пост кантования изделий. Готовое изделие поворачиваются на кантователе на 80° и мостовым краном с помощью траверсы извлекаются из формы и устанавливаются на пост доводки и контроля качества, где изделие окончательно отделяется, маркируется и принимается ОТК. Принятые изделия, грузятся на самоходную тележку и транспортируются на склад готовой продукции при помощи кран-балки с траверсой. После распалубки форма очищается от остатков бетона. Производится разметка плоттером и устанавливаются борты опалубки. Далее форма смазывается разделительной консистентной смазкой, в состав которой входят: концентрированный раствор ВЛВ-15 («Поронет»), вода и карбонат кальция. После высыхания консистентной смазки на поверхность формы наносится замедлитель твердения бетона. На следующем посту производится установка объемного арматурного каркаса. Затем в форму укладывается декоративный слой бетонной смеси толщиной 30 мм и паллета перемещается на виброплощадку, где происходит уплотнение декоративного слоя. На этом же посту в форму укладывается нижний слой бетона. Бетоноукладчик загружается бадьей адресной подачи бетона и производится укладка бетонной смеси наружного слоя. В процессе выдачи бетоноукладчик уплотняет и деаэрирует бетонную смесь. Уплотнение производится на гидравлической низкочастотной высокоамплитудной виброплощадке. Уплотнение таким способом обеспечивает получение качественной поверхности без образования раковин; при таком способе уплотнения не происходит смещение опалубки. Раскладка утеплителя на следующих двух постах ведется последовательно слева направо по рабочим чертежам. Параллельно устанавливаются гибкие связи между блоками утеплителя и монтажные петли. Устанавливаются закладные детали, и бетоноукладчиком раскладывается бетонная смесь внутреннего слоя. Уплотнение бетона осуществляется глубинными вибраторами вручную. Организация доставки бетонной смеси должна исключать перерывы в формовании. По окончании формования бадья адресной подачи бетона и бетоноукладчик перемещается на пост мойки, где

тщательно промывается от остатков бетона. Отформованные изделия при помощи крана перемещаются к посту финишной обработки, где происходит заглаживание поверхности на порталной заглаживающей машине. Далее изделие также мостовым краном загружают в ямную камеру.

### 3.3 Режим работы предприятия

Согласно ОНТП 07-85 принимается:

- номинальное количество рабочих суток в году – 260;
- количество рабочих смен в сутки при тепловой обработки – 3;
- продолжительность рабочей смены – 8 часов;
- длительность плановых остановок на ремонт – 7 суток.

Фактическое число рабочих суток в году определяется как номинальное количество рабочих суток в году за вычетом плановых остановок на ремонт  $V_p=260-7=253$ .

### 3.4 Технологические расчеты при поточно-агрегатном способе производства железобетонных изделий

Годовая производительность поточно-агрегатной технологической линии, выпускающей несколько типоразмеров изделий, вычисляется:

$$P = 60 \cdot K_{исп} \cdot V_p \cdot h \cdot \sum d_i V_i / t_i, (1)$$

где  $K_{исп}$  – коэффициент использования оборудования,  $K_{исп} = 0,92$ ;

$d_i$  – доля формовок в час  $i$ -того изделия,  $d_i=1$ ;

$V_i$  – объём бетона в твердом теле  $i$ -того изделия,  $m^3$ ,  $V_i=2,12$ ;

$t_i$  – продолжительность цикла формования  $i$ -того изделия, мин.

$V_p$  – число рабочих суток в году,  $V_p=253$ ;

$h$  – число рабочих часов в сутки,  $h=23$ .

Продолжительность цикла формования изделий на агрегатно-поточной технологической линии вычисляется, мин:

$$t_i = t + l_0/V_0 + l_1 \cdot n_0/V_1 + t_0, (2)$$

где  $t$  – продолжительность установки и снятия формы с виброплощадки, 0,5...1,5 мин, принимаем  $t=1$  мин;

$l_0, V_0$  – длина и скорость холостого хода бетоноукладчика, м, м/мин;

$l_0=0$  м, так как используется адресная подача бетонной смеси, значит  $l_0/V_0=0$ ;

$l_1, V_1$  – длина формуемого изделия, м, и рабочая скорость бетоноукладчика, м/мин,  $l_1=2,98$  м;  $V_1=2$  м/мин;

$n_0$  – число проходов бетоноукладчика при формировании изделий,  $n_0=1$ ;

$t_0$  – продолжительность других операций формирования,  $t_0=16$  мин.

$$t_i = 1+0+2,98 \cdot 1/2+16=20 \text{ мин. (3)}$$

Согласно ОНТП 07-86 максимальная продолжительность цикла формирования изделий на агрегатно-поточной технологической линии для изделий многослойных, крупногабаритных сложного профиля длиной до 6 м и объемом бетона в одной форме от 1,5 м<sup>3</sup> до 3,5 м<sup>3</sup> составляет 30 минут.

$$P = 60 \cdot 0,92 \cdot 253 \cdot 23 \cdot 2,61 / 20 = 41917 \text{ м}^3.$$

## 4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОГО ЦЕХА

### Конвейерная линия

Установлена линия ELSALite 400. Линия состоит из обрабатываемых модулей Elematic. Модули являются отличным решением для производства стеновых панелей с возможностью устройства звуко- и теплоизоляции, а также каналов для проводки и труб. Линия является универсальной – легкое переключение на различные режимы работы для каждого вида изделий.

### Поддоны

Поддоны предназначены для формирования наружных стеновых панелей и могут быть оснащены сменной бортоблицей в соответствии с типом панели. Поддоны транспортируются в рабочем положении несколько поддонов друг над другом. Используется 30 поддонов.

### Магнитные борты

Система FaMeFlex. С помощью системы FaMeFlex стальные поверхности можно оснастить для производства плит любой формы и любого размера, и изменение размеров осуществляется весьма эффективно. Система состоит из модулей. Изготовлены из алюминия.

Самый эффективный и гибкий метод оснастки для формовочных поддонов, кассетных форм, наклоняющихся формовочных поддонов и любых форм со стальной поверхностью.

Специально предназначена для производства стеновых плит толщиной до 450 мм; фасадов, стен многослойной конструкции с утеплителем, сплошных стен и т.д. Магниты Flex можно свободно разместить на любое место. Полностью утилизируемые

### Передающие балки

Предназначены для перемещения поддонов с одного поста на другой. Не допускается использование передающих балок для перемещения других грузов.

### Кантовочная установка

Кантовочная установка предназначена для кантования передвижного поддона с отформованным изделием на 80° для снятия изделия. Подъем изделия



производится цеховым краном. Управление функциями по кантованию и блокировке осуществляется с помощью нажимных кнопок в коробке управления в непосредственной близости от места работы.

Конструкция представляет собой сварную конструкцию из стальных труб и балок. Кантование производится двумя гидравлическим цилиндрами. Установка оснащена двумя блокировочными устройствами гидравлического действия для предотвращения освобождения поддона во время кантования.

Производительность:

- нагрузка (поддон + изделие) 22 т;
- размеры поддона под кантование 3.5 x 10 м;
- угол кантование, макс 80°;
- время подъема, прим 90 сек;
- время опускания, прим 60 сек;
- габаритные размеры: длина 5,63 м, ширина 4,2 м, высота 1,55 м;
- вес 2730 кг.

Фрикционный привод

Предназначен для перемещения поддонов по рольгангу. Поддон получает силу передвижения от вращающегося фрикционного колеса и пружины.

Сварочная качающаяся рама из стального листа, которая с одного бока прикреплена шарнирами к опорной проушине. В середине качающейся рамы смонтирован редукторный двигатель с фрикционным колесом и тормозом. По другому боку имеется пружина сжатия. Нагрузка может быть регулирована путем изменения высоты фрикционного колеса по отношению к рольгангу.

Технические характеристики:

- перемещаемая масса 22 т;
- скорость перемещения 0,2 м/сек;
- длина, прим 500 мм;
- ширина 603 мм;
- высота, прим 450 мм;
- вес, прим 75 кг;

– номинальная мощность 0,55 кВт.

#### Подъемное устройство для вертикальной камеры

Подъемное устройство предназначено для перемещения поддонов в вертикальной камере с основной отметки на разные ярусы (этажи). С помощью фрикционных приводов и толкателя поддоны перемещаются в складское место и со складского места обратно на подъемное устройство.

Подъемное устройство изготовлено из профильной стали и стального листа. Оно состоит из каркаса, подъемной рамы и канатного подъемника.

Каркас передвигается по рельсам в боковом направлении с помощью редукторного двигателя и позиционирование осуществляется с помощью центрирующего механизма.

В подъемной раме предусмотрено два электрических фрикционных привода и электрический ограничитель, который обеспечивает точное позиционирование подъемной рамы в вертикальном направлении. Вертикальное движение подъемной рамы осуществляется с помощью канатного подъемника.

#### Производительность:

- грузоподъемность (поддон + изделие) 22 т;
- размеры поддона 3,5x10 м<sup>2</sup>;
- скорость подъема /опускания 0,067/0,010 м/сек;
- скорость передвижения каркаса 0,033...0,33 м/сек;
- длина верт. движения подъемной рамы 8730 мм;
- размеры: длина 10600 мм, ширина 5830 мм, высота 11100 м;
- вес 21800 кг
- мощность 40 кВт.

#### Вывозная тележка

Вывозная тележка предназначена для вывоза затвердевших бетонных элементов из производственного цеха на наружный склад. Тележка перемещается по рельсам, установленным на полу.

На вывозную тележку допускается загружать не более 60 т бетонных блоков, которые должны располагаться равномерно по всей тележке.

## Бадья адресной подачи бетонной смеси

Предназначена для подачи бетонной смеси с бетоно-растворного узла к бетоноукладчику. Доставка осуществляется по подвесному пути.

Преимуществами такой подачи являются:

- возможность прокладки подвесного пути по склонам;
- скорость передвижения до 180 м/мин;
- полностью автоматизированная операция.

## Бетоноукладчик

Бетоноукладчик Elematic Comcaster E2350 предназначен для дозирования бетона в формы. Эксплуатация бетоноукладчика допускается только лицами, имеющими надлежащую квалификацию.

Управление всеми функциями бетоноукладчика, кроме регулировки скорости вращения центральной вибрации, выполняется с пульта радиоуправления.

Основная идея Comcaster заключается в регулируемой подаче бетонной смеси в конкретное литьевое отверстие. Эта особенность позволяет улучшать эффективность производства, качество продукции и комфортные условия работы.

Литье выполняется выбором автоматического положения центрального вибратора. В данном положении центральной вибратор вводится в действие автоматически при открытии затвора и останавливается при закрытии затвора.

Литьевое отверстие опускается до уровня укладочной поверхности. Затвор открывается в начальной точке укладки бетона и укладка выполняется при передвижении моста, литейной вагонетки или обоих вместе после того, как расположенное внизу пространство заполнено в необходимом объеме бетоном. Укладка бетона выполняется наливом. Скорость передвижения наконечника и расположение наливного отверстия регулируется так, чтобы процесс заливки бетона не прерывался.

Преимущества бетоноукладчика Elematic Comcaster:

- скорость подачи бетонной смеси до 2000 л/мин;
- пониженный уровень шума во время работы;
- возможность работы с любым видом бетонной смеси;

- точность дозирования;
- экономия материальных затрат и сокращение времени очистки за счет минимальных остатков бетонной смеси в бункере бетоноукладчика;
- легкое управление, возможность автоматического регулирования.

Доставка бетонной смеси в бетоноукладчик осуществляется с помощью тележки адресной подачи бетона.

Конструкция бетоноукладчика оснащена необходимым оборудованием по обеспечению безопасности, концевыми выключателями для остановки подачи бетонной смеси.

Технические характеристики:

- объем бункера 2,0 м<sup>3</sup>;
- скорость подачи бетонной смеси 2000 л/мин;
- мощность (гидравлика) 16 кВт;
- рабочее напряжение ЗР+РЕ 400 В 50 Гц.

В настоящее время в эксплуатации 2 бетоноукладчика.

Определение производительности бетоноукладчика при заполнении формы смесью.

$$P_v = 60 \cdot \frac{V_{изд} \cdot z_{изд} \cdot k_p \cdot k_{изд}}{t_{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $V_{изд}$  – объем изделия, м<sup>3</sup>;  $z_{изд}$  – количество одновременной формуемых изделий, шт;  $k_p$  – коэффициент разрыхления смеси,  $k_p = 1,12 \dots 1,2$ ;  $k_{изд}$  – коэффициент использования машины по времени,  $k_{изд} = 0,85 \dots 0,95$ ;  $t_{ц}$  – продолжительность цикла укладки смеси в формы, мин,  $t_{ц} = 6$  мин.

$$P_v = 60 \cdot \frac{2,12 \cdot 2 \cdot 1,13 \cdot 0,85}{6} = 40,72 \text{ м}^3/\text{час}$$

Определение мощности, необходимой для передвижения бетоноукладчика

$$N_B = \frac{W \cdot v_{укл}}{1000\eta} = \frac{(P_k + P_B) \cdot \beta \cdot v_{укл} \cdot \left( \frac{2\mu}{D} + \frac{f \cdot d}{D} \right)}{1000\eta}, \text{ кВт},$$

где  $W$  – сила сопротивления передвижения бетоноукладчика, Н; КПД привода,  $\eta = 0,8 \dots 0,9$ ;  $P_k$  – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика, Н;

$$P_k = m_{\text{бетоноукл}} \cdot g = 5000 \cdot 9,81 = 49050 \cdot 9,81 = 49050 \text{ кг/м}^2\text{с};$$

$P_B$  – сила давления от бетонной смеси в бункере бетоноукладчика, Н;

$$P_B = V_{\text{бункера}} \cdot \rho_{\text{б.см.}} \cdot g = 2 \cdot 2400 \cdot 9,81 = 47088 \text{ кг/м}^2\text{с};$$

- коэффициент качения ходовых колес,  $\mu = 0,0008 \dots 0,001$  м;  $f$  – коэффициент трения в цапфах колес,  $f = 0,08$ ;  $d$  – диаметр цапф колес, м,  $d = 0,06$  м;  $D$  – диаметр колес бетоноукладчика, м,  $D = 0,3$  м; коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсовый путь,  $\beta = 2,5 \dots 3$ .

$$N_B = \frac{(49050 + 47088) \cdot 2,6 \cdot 0,18 \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,0009}{0,3} + \frac{0,08 \cdot 0,06}{0,03} \right)}{1000 \cdot 0,8} = 1,24 \text{ кВт}$$

#### Вибро установка

Вибро установка расположена на посту бетонирования. Вибро установка предназначена для уплотнения бетонных конструкций посредством гидравлической вибрации.

Подача осуществляется с помощью подъемных рам на роликовом транспортере. На подъемной раме форму опускают на вибростойку. Направляющие плиты вибростойки удерживают форму на месте во время вибрации.

Вибростойки, изготовленные из стальных балок, 3 штуки, на всех расположено по два виброцилиндра. На вибростойках находятся направляющие плиты для форм.

Подъемная рама представляет собой сварную стальную конструкцию. Подъем и опускание осуществляется с помощью гидравлических цилиндров.

Гидроагрегат расположен на виброустановке, а коробка управления находится на ближайшей оси колонн.

Производительность:

– уплотняемая масса макс. 22 т;

- частота вибрации 50...160 1/мин;
- длина хода вибрационного цилиндра 5 мм;
- габаритные размеры: длина 9960 мм, ширина 3460 мм, высота 790 мм;
- мощность (гидравлика) 15 кВт.
- рабочее напряжение 3Р+РЕ 380 В 50 Гц
- напряжение в системе управления 24 В пост. тока.

#### Камера тепловой обработки

Предназначена для тепловой обработки паллет с отформованными изделиями. Представляет собой трехсекционную камеру. В каждой секции по 10 ячеек. В простенках установлены трубы, по которым циркулирует горячая вода с постоянной температурой.

Механическое оборудование цеха по приготовлению декоративного бетона

Бетонорастворная установка является простейшим решением проблемы обеспечения строительного или производственного объекта качественным бетоном в нужном объеме.

Установка для приготовления декоративной бетонной смеси состоит из следующих комплектующих:

- бункер под инертный материал, 8 шт;
- силос под вяжущее, 3 шт;
- шнек для подачи и дозирования вяжущих материалов, 3 шт;
- кран-балка, 1 шт;
- бетономешалка Riccini, 1 шт;
- тележка для сбора компонентов бетонной смеси, для их подачи в бетономешалку, 1 шт;
- «ведро» для приема готовой смеси, 1 шт.

Принцип работы установки. Основным преимуществом установки является полная автономность благодаря автоматическому режиму, запускаемому через пульт управления, что позволяет осуществлять весь цикл операций без вмешательства человека при сохранении постоянного качества и количества производимой бетонной смеси от замеса к замесу.

Заполнители и вяжущие загружаются в бункера при помощи кран-балки. Обеспечены подходы к каждому бункеру для осуществления выгрузки материала. Расходный силос белого и серого цементов, а также мела имеют шнеки, с помощью которых материал поступает в весовой бункер-дозатор.

При помощи пульта программного управления в память вводят необходимое для замеса количества наполнителей, вяжущих, воды и добавок. После завершения программирования оператор запускает автоматический режим рабочего цикла. Тележка для сбора начинает выполнять команду по загрузке наполнителей, останавливаясь под определенными бункерами. Под каждым бункером установлен вибрационный питатель, который осуществляет выгрузку материала и предотвращает его слеживание. Далее материал выгружает в приемный бункер бетономешалки. Шнек цементного силоса начинает регулярную подачу цемента в весовой бункер-дозатор. Как только завершились операции по дозированию и взвешиванию, цемент и наполнители автоматически сбрасываются в смесительный барабан.

Вода поступает в смеситель в той пропорции, которой необходимо при влажности наполнителей на период дозирования.

Панель управления имеет программное обеспечение, которое позволяет установить в памяти до 12 (двенадцати) рецептов различных смесей.

Бетономешалка Piccini

Бетономешалка предназначена для получения однородной бетонной смеси. Она оснащена противоточным смесителем принудительного действия.

Преимущества установки MF 400:

Компактность при транспортировке. Бетоносмесительная установка MF 400 СТР АУТ перевозятся в одной машине. Это дает большое преимущество при загрузке и выгрузке.

Компактность на строительной площадке. Чаше для многих это самый важный аргумент.

Быстрый монтаж/демонтаж. MF 400 СТР АУТ не требует под себя специального фундамента. Достаточно дорожных плит, подвода воды и

электричества. Плюс малые габариты установок и простота конструкции. Все это в сумме позволяет за короткое время произвести демонтаж установки на одной площадке и монтаж на другой. Монтаж и демонтаж занимает одну рабочую смену.

Весовое дозирование. Важным элементом в производстве бетонов и растворов является дозирование материалов. MF 400 СТР АУТ снабжена весовой системой, позволяющей дозировать инертные материалы и цемент по весу, а воду и жидкие добавки по времени.

Возможность выбора рецепта. В память установки можно занести 12 рецептов.

Автоматический режим. Задавая рецепт или выбирая его из имеющихся в памяти, оператор может задать объем и запустить автоматический режим работы. При желании можно работать и в мануальном режиме, с помощью селекторов на панели управления.

Принтер для распечатки данных по рецепту и расходу материалов. Для контроля качества и количества замесов распечатывается отчет в виде накладной с помощью встроенного в панель управления принтера.

Экономичность в энергопотреблении. Потребление энергии у MF 400 СТР АУТ порядка 14 кВт.

Простота в обслуживании. Для управления установкой необходим специалист – инженер-технолог, отслеживающий все рабочие процессы и выбирающий рецептуру. Для подвоза материалов к скребковым конвейерам нужен оператор на погрузчике, который обычно присутствует на строительной площадке.

Планетарный противоточный смеситель. Расположение лопаток и рычагов таково, что полностью покрывает поверхность миксера. Скорость вращения смесительных лопаток была специально смоделирована так, чтобы обеспечить высокую производительность, не вызывая при этом расслаивания смесей с разным гранулометрическим составом и удельным весом.



Возможность доукомплектования установки дополнительным силосом для цемента любого объема.

На установке MF 400 СТР AUT разрешено работать вблизи жилых кварталов.

При сборке MF 400 СТР AUT отсутствует сварка. Все соединения болтовые.

Технические характеристики:

- объем барабана 650 л;
- выход за цикл 400 л;
- производительность за 20-40 циклов 8...14 м<sup>3</sup>;
- мощность мотора миксера 7,5 кВт;
- мощность мотора гидравлики 0,5 кВт;
- вес 1380 кг.

Питатель вибрационный электромагнитный ПВЭМ

Питатель вибрационный электромагнитный типа ПВЭМ предназначен для транспортирования с регулируемой производительностью не липких сыпучих материалов крупностью до 180 мм.

Питатели относятся к двухмассным резонансным колебательным системам, в которых две массы - активная (лоток, корпус вибратора, якорь) и реактивная (сердечник электромагнита, грузы) связаны между собой упругими элементами (рессорами), жесткость которых подобрана так, чтобы обеспечить резонансный режим работы питателя. Разработаны различные исполнения вибропитателей, отличающихся размерами лотка и производительностью от 30 до 100 м. куб/час.

Преимущества:

- обеспечивают плавное регулирование производительности в процессе транспортирования и мгновенное прекращение подачи материала при выключении привода;
- имеют простую конструкцию и надежны в работе.

Работа питателя происходит следующим образом: продукт подается в загрузочный патрубок на лоток питателя, по которому под действием вибрации он перемещается

При подключении катушки электромагнита к сети переменного тока в сердечнике возникает пульсирующий магнитный поток, периодически притягивающий якорь, а упругая система возвращает его в исходное положение. Благодаря этому возбуждаются прямолинейные направленные колебания в противофазе обеих масс, при которых лоток колеблется под углом  $25^\circ$  к горизонту, что обеспечивает вибрационное перемещение по нему сыпучих материалов. С помощью блока управления, поставляемого в комплекте с питателем, можно регулировать ток возбуждения электромагнита, изменяя тем самым амплитуду колебаний лотка (и производительность) практически от нуля до номинала (0,6 мм).

Производительность может также регулироваться путем установки питателя наклонно вниз под углом  $15-20^\circ$  (производительность увеличится примерно вдвое) или с подъемом вверх до  $5^\circ$ , при этом производительность значительно уменьшится по сравнению с горизонтальным положением.

Технические характеристики:

- производительность, м<sup>3</sup>/час, не более 30;
- мощность привода, кВт 0,25;
- масса с футеровкой, кг, не более 110...140;
- напряжение сети, 380В;
- размеры лотка (ширина x длина), 400 x 800...1200мм.

3D-Фрезер Roland MDX-40A

Наличие установки поворотной оси ZCL-40A позволяет фрезерной машине Roland MDX-40A выполнять обработку с постоянным вращением оси, или используя ось, как индексную головку, фиксируя заготовку под определенным углом. В поворотной оси можно обработать изделия длиной до 270 мм и диаметром до 120 мм. Для того чтобы аппарат можно было использовать как полноценный 3D сканер и выполнять оцифровку трехмерных объектов, для данной фрезерной машины предусмотрена специальная сканирующая головка ZSC-1. Вы можете спокойно сканировать вылепленные из пластилина фигуры

и готовые модели и затем обрабатывать их на MDX-40A даже если у вас нет опыта в 3D моделировании.

Обрабатываемые материалы:

Фрезерный станок Roland MDX-40A позволяет обрабатывать широкий спектр материалов, включая модельные пластики, ABS, акрил, дерево, воск, а при работе без поворотной оси и такие цветные металлы как магний, латунь, алюминий, медь, бронза и т.д.

Программное обеспечение:

Как и все станки Roland, MDX-40A поставляется в комплекте с мощным программным обеспечением. SRP Player позволяет открывать 3D модели в форматах DXF, STL и IGES задавать инструмент, назначать режимы резания, выбирать области и стратегии обработки, причем все это может быть сделано как в ручном так и автоматическом режиме. А благодаря открытой архитектуре, MDX-40A может работать с любыми профессиональными САМ-программами.

Основные преимущества:

- самый универсальный гравировально-фрезерный станок Roland;
- доступная цена;
- большая рабочая область: 305x305x105мм;
- возможность установки поворотной оси;
- габариты обраб. заготовки: диам. 120Мм и длина 270мм;
- возможность установки сканирующей головки;
- максимальная область сканирования: 305x305x60мм;
- макс.разрешение сканирования 0,04мм;
- диаметр щупа 0,08 мм.

Работа с G-кодами:

- разрешение програм: 0,001мм;
- разрешение механическое: 0,002мм;
- шпиндель с частотой вращения 15 000об/мин;
- полностью закрыта зона обработки;
- мощное программное обеспечение в комплекте.

Комплектация:

- сетевой шнур;
- USB-кабель;
- цанга (ZC-23-6);
- Z0 сенсор;
- шестигранная отвертка;
- гаечные ключи;
- Roland Software Package CD-ROM;
- SRP Player CD-ROM;
- Руководство пользователя.

Поворотная ось ZCL-40a (опционально):

- центровочный вал;
- центровочный штифт;
- центровочное сверло;
- задний центр;
- винты;
- заглушки.

Таблица 16 – Характеристики фрезерного станка

Размеры, мм	669 x 760 x 554
Вес, кг	66
Двигатель шпинделя	Бесщеточный двигатель постоянного тока 100 Вт
Количество осей	3
Крепление инструмента	Зажимные цанги
Механическое разрешение	0,002 мм/шаг
Мощность шпинделя	200 Вт, до 15'000 об/мин
Привод	Шаговые двигатели
Программное разрешение	NC-code: 0.001 мм/шагRML-1: 0,01мм/шаг
Размер рабочего поля	305 x 305 x 105 мм
Расстояние от цанги до стола	123 мм
Скорость подачи	Оси XY: 0.1-50 мм/с, Ось Z: 0.1-30 мм/с
Специализация	Деревообрабатывающие;Металлообрабатывающие
Условия эксплуатации	Температура: 5°-40°С, Влажность: от 35 до 80% (без конденсата)
Электропитание	АС 100 - 240 10%, 50/60 Гц, 2,1 А
Гравировка кольца	есть
Гравировка цилиндра	есть

Окончание таблицы 16

Интерфейсы	USB
Максимальная высота заготовки, мм	92
Максимальная скорость подачи	50 мм/мин

## 5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

### 5.1 Общие сведения

Эффективность применения бетона в современном строительстве в значительной мере определяется темпами производства железобетонных изделий. Решающим средством ускорения твердения бетона в условия заводской технологии сборного железобетона является тепловая обработка.

Процесс тепловой обработки занимает 70-80% времени всего цикла изготовления изделий. На тепловую обработку расходуется до 70% всей тепловой энергии на производство сборного железобетона. Затраты на тепловую обработку обусловлены не только затратами на пар или другие виды энергии, с ней связано количество форм и расход цемента, Длительность тепловой обработки определяет время оборачиваемости отдельных форм, стоимость которых составляет весьма существенную долю стоимости всех производственных фондов предприятия.

Твердение ускоряется с повышением температуры бетона и окружающей его среды. При этом высокая температура должна сочетаться с достаточной влажностью бетона для нормальной гидратации цемента.

Тепловая обработка сборных бетонных и железобетонных конструкций и изделий производится с применением режимов, обеспечивающих минимальный расход тепловой энергии и ускоренное достижение заданной прочности бетона.

Во избежание значительных влагопотерь при тепловой обработке изделий с открытыми поверхностями обязательным является обеспечение влажности среды не менее 90-96% или защита открытых поверхностей изделий влагонепроницаемыми материалами или пленкообразующими составами.

Простейший и наиболее распространенный способ тепловой обработки железобетонных изделий является пропаривание в камерах ямного типа. Эти камеры применяют как на заводах, так и на полигонах. Ямная камера работает по циклу порядка 12-18 часов. Он включает время на разгрузку, разогрев, изотермическую выдержку, охлаждение, а также на выгрузку изделий. Ямные камеры применяются в основном при агрегатно-поточном способе производства.

В качестве теплоносителя могут применяться природный газ, пар, или же нагрев осуществляется индукционным методом.

## 5.2 Выбор режима ТВО

Выбор вида и режима тепловой обработки при изготовлении сборного железобетона осуществляется с учётом требований СНиП 3.09.01-85.

Параметрами режима ТВО являются длительность и температура отдельных его этапов: предварительной выдержки, подъёма температуры, изотермического прогрева и остывания.

Скорость подъёма температуры следует назначать с учётом массивности и начальной прочности бетона в пределах 10-60°С/ч. Допускается подъём температуры среды с постоянно возрастающей скоростью или ступенчатый подъём.

Температуру и длительность изотермического прогрева следует назначать с учётом вида бетона, активности и эффективности при пропаривании цемента, его экзотермии и массивности изделия. Максимальная температура изотермического прогрева изделий из тяжелого, мелкозернистого и легкого конструкционного бетона не должна превышать 80-85°С при применении портландцемента и БТЦ. Скорость охлаждения камер после изотермического прогрева не должна превышать 30°С/ч.

Относительная влажность воздуха в камерах тепловой обработки в период изотермического прогрева изделий должна быть не менее 98%.

Тепловая обработка должна проводиться по следующему режиму:

- подъём температуры до 80° 3 часа
- изотермический прогрев при температуре 80° 4,5 часов
- охлаждение 2,5 часа

## 5.3 Описание ямной пропарочной камеры

Изготавливаемая из железобетона пропарочная ямная камера имеет прямоугольную форму. Стены камеры делают комбинированными; по боковым стенам камеры устанавливаются стойки с кронштейнами. В одной из боковых

стен делается отверстие для забора воздуха из атмосферы при охлаждении, снабженное водяным затвором. Сопряжение крышки со стенами камер снабжено также водяным затвором. Для отбора паровоздушной смеси устроен канал сообщающийся через водяной затвор с системой вентиляции. В днище предусмотрена система отбора конденсата, пропускающая его и не пропускающая пар. Для нагрева изделий через паропровод в камеру подается пар. Камеры размещаются в технологических линиях и соединяются в блоки. Габариты камеры в плане соответствуют габаритам обрабатываемых изделий. Для удобства обслуживания часть камеры заглубляется в землю.

Принцип работы камеры заключается в следующем. С камеры снимается крышка, изделие в форме опускается краном в камеру и устанавливается на нижние кронштейны стоек. Нагружаемые кронштейны заставляют раскрыться следующий ряд и так далее. После загрузки камеры закрывается крышка, заполняются водяные затворы и начинает подаваться пар. Изделие нагревается и выдерживается при достигнутой температуре. По окончании выдержки подача пара прекращается, и паровоздушная смесь удаляется из камеры. После охлаждения изделий камера раскрывается, а изделия, набравшие 70-80% марочной прочности выгружаются из камеры краном.

Существуют различные схемы снабжения паром ямных камер. В нашем случае применяется схема парораспределения с внешним эжектором. Применение сопел Лавалья позволяет значительно интенсифицировать теплообмен между паровоздушной средой и поверхностями форм с уложенным бетоном благодаря созданию направленного движения теплоносителя. Эффективность системы парораспределения с использованием сопел Лавалья может быть повышена за счет применения внешнего эжектора. Теплообмен в камере в этом случае улучшается за счет подсоса паровоздушной смеси из нижней зоны камеры через перфорированные трубы.

#### 5.4 Исходные данные

1. Вид изделия – стеновые трехслойные панели
2. Геометрические размеры изделия, м:



длина –  $l = 2,98 \text{ м}$

ширина –  $b = 2,785 \text{ м}$

высота –  $h = 0,315 \text{ м}$

3. Масса изделия  $G_u = 3060 \text{ кг}$

4. Объем бетона в изделии  $V_b = 1,28 \text{ м}^3$

5. Объем одного изделия  $V_u = b \cdot l \cdot h = 2,61 \text{ м}^3$

6. Расход арматуры на  $1 \text{ м}^3$  бетона  $G_{aб} = 106,41 \text{ кг}$

7. Расход арматуры на 1 изделие  $G_a = 136,2 \text{ кг}$

8. Водоцементное отношение  $B/C = 0,53$

9. Марка цемента  $M_c = 400$

10. Марка бетона  $M_b = 350$

11. Масса бетона в изделии  $G_b = 3072 \text{ кг}$

12. Плотность бетонной смеси

$$\rho = G_c + G_v + G_n + G_{щ} + G_d \quad (3)$$

$$\rho = 260 + 145 + 550 + 1420 + 0,5 = 2375,5 \text{ кг}$$

13. Расход материалов на  $1 \text{ м}^3$ , кг (принимается на основании расчета или по литературным данным):

цемент  $G_c = 260 \text{ кг}$

вода  $G_v = 145 \text{ кг}$

песок  $G_n = 550 \text{ кг}$

щебень  $G_{щ} = 1420 \text{ кг}$

добавка Sika –  $G_d = 0,5 \text{ кг}$

14. Вес сухих веществ на  $1 \text{ м}^3$

$$G_{сб} = G_c + G_n + G_{щ} = 260 + 550 + 1420 = 2230 \text{ кг}$$

15. Вес сухих веществ на 1 изделие

$$G_{с1} = G_{сб} V_b = 2230 \cdot 1,28 = 2854,4 \quad (4)$$

16. Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим (принимается по литературным данным)

$$G_{вс} = G_c \alpha_1 = 260 \cdot 0,17 = 44,2 \text{ кг} \quad (5)$$

где  $\alpha l$  – степень гидратации (степень гидратации портландцемента составляет 0,17).

17. Масса формы  $G\phi = 2000$  кг

18. Размеры формы, м:

длина  $l\phi = 3,7$  м

ширина  $b\phi = 3,5$  м

высота  $h\phi = 0,4$  м

19. Температура загружаемых изделий  $t_o = 20$  °С.

20. Температура окружающей среды  $t_{oc} = 20$  °С.

21. Начальная температура в камере  $t_l = 20$  °С.

22. Температура изотермической выдержки  $t_{из} = 80$  °С.

23. Температура изделий при выгрузке из камеры охлаждения  $t_{ox} = 30$  °С.

24. Удельная теплоемкость бетона  $c_b = 0,84$  к Дж/кг °град.

25. Коэффициенты:

теплопроводности бетона  $\delta = 1,56$  Вт/м °град;

температуропроводности бетона  $a_b = 2,84 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/час;

26. Прочность бетона после тепловлажностной обработки  $R_{тво} = 35 \cdot 0,7 = 24,5$  МПа.

### 5.5 Теплотехнический расчет тепловой установки

1. Число изделий в камере, шт –  $N = 10$

2. Размеры камеры:

Внутренние размеры камеры, м:

длина –  $L = 3,9$  м,

ширина –  $B = 7,3$  м,

высота –  $H = 2,5$  м.

Габаритные размеры камеры, м:

длина  $L_k = L + 2 \cdot d_{cm}$  (6)

ширина  $B_k = B + 2 \cdot d_{cm}$ , (7)

высота  $H_k = H + d_n + d_{кр}$ , (8)

где  $d_{ст}$  – толщина стены, м;  $d_n$  – толщина пола, м;  $d_{кр}$  – толщина крышки, м.

Толщина ограждающих конструкций 350 мм. Толщина перекрытия пола – 180 мм. Толщина крышки – 150 мм. Материал ограждений – плотный монолитный железобетон.

Габаритные размеры камеры составляют:

$$L_k = 3,9 + 2 \cdot 0,35 = 4,6$$

$$B_k = 7,3 + 2 \cdot 0,35 = 8$$

$$H_k = 2,5 + 0,18 + 0,15 = 2,83$$

Наружная поверхность ограждения камеры,  $m^2$

$$F = 2 (H_k \cdot L_k + L_k \cdot B_k + B_k \cdot H_k) \quad (9)$$

$$F = 2(2,83 \cdot 4,6 + 4,6 \cdot 8 + 8 \cdot 2,83) = 145 \text{ м}^2$$

3. Рабочий объем камеры,  $m^3$

$$V_k = L \cdot B \cdot H \quad (12)$$

$$V_k = 3,9 \cdot 7,3 \cdot 2,5 = 71,175 \text{ м}^3$$

4. Суммарный объем бетона изделий, входящих в камеру

$$V_{\text{бк}} = N_l V_{\text{б}}, \quad (13)$$

$$V_{\text{бк}} = 10 \cdot 1,28 = 12,8 \text{ м}^3$$

5. Суммарная масса бетона изделий, входящих в камеру

$$G_{\text{бк}} = V_{\text{бк}} \rho_{\text{бс}}. \quad (14)$$

$$G_{\text{бк}} = 12,8 \cdot 2375,5 = 30406,4 \text{ кг}$$

6. Объем формы

$$V_{\text{фл}} = G_{\text{ф}} / \phi. \quad (15)$$

$$V_{\text{фл}} = 2000 / 7700 = 0,3 \text{ м}^3$$

7. Суммарный объем форм изделий, находящихся в камере

$$V_{\text{ф}} = V_{\text{фл}} \cdot N_l. \quad (16)$$

$$V_{\text{ф}} = 0,3 \cdot 10 = 3$$

8. Степень заполнения камеры бетоном изделий

$$q_{\text{б}} = \frac{V_{\text{бк}}}{V_{\text{к}}} \quad (17)$$

$$q_{\epsilon} = \frac{12,8}{71,175} = 0.18$$

9. Степень заполнения камеры формами

$$q_k = \frac{V_{\phi}}{V_k} \quad (18)$$

$$q_k = \frac{3}{71,175} = 0.04$$

## 5.6 Расчет количества камер

Режим тепловой обработки с изотермической выдержкой:

- предварительная выдержка – 3 ч;
- подъем температуры – 4,5 ч;
- изотермическая выдержка – 2,5 ч

1. Продолжительность загрузки изделий в камеру:

$$T_3 = N_1 \cdot T_{\text{форм}},$$

где  $T_{\text{форм}}$  – цикл формовочного поста, ч.

$$T_{\text{форм}} = 20 \text{ мин} = 0,33 \text{ ч}$$

$$T_3 = 10 \cdot 0,33 = 3,3$$

2. Время выгрузки изделий, ч:

$$T_b = 0.5 \cdot T_3 = 1,65$$

3. Общая длительность полного цикла камеры, ч:

$$D_{\text{ц}} = \frac{T_3 + T_b + D}{K_d} = 16,$$

где  $D$  - длительность процесса тепловлажностной обработки, 10 ч

$K_d$  - коэффициент, учитывающий затраты времени на открывание и закрывание крышки, чистку камеры и т.д. (0.91...0.94).

4. Суточная оборачиваемость камеры:

$$m_c = \frac{24}{D_{\text{ц}}} = 1,5$$

5. Количество циклов работы камеры в году:

$$m_{\Gamma} = \frac{T_{\Gamma} \cdot K_{исп}}{D_{ц}},$$

где  $K_{исп}$  – коэффициент использования тепловой установки,  $K_{исп} = 0.9$ ,

$T_{\Gamma}$  – число рабочих часов в году,

$$T_{\Gamma} = 253 \cdot 23 = 5819 \text{ ч}$$

$$m_{\Gamma} = 3491,4$$

6. Годовая производительность одной камеры по объему

$$\Pi_{к} = m_{\Gamma} \cdot V_{бк} = 3491,4 \cdot 12,8 = 44689,92$$

7. Требуемое количество камер, шт

$$N_{кам} = 1,1 \frac{\Pi}{\Pi_{к}},$$

где  $\Pi$  – годовой объем выпуска изделий,  $m^3$ .

$$N_{кам} = 1,1 \cdot 41917 / 44689,92 = 1,03 \approx 1$$

### 5.7 Материальный баланс камеры

Поступает в камеру:

сухих веществ  $G_c = V_{бк} G_{c1}$ , (26)

$$G_c = 12,8 \cdot 2854,4 = 36536,32 \text{ кг}$$

воды  $G_w = V_{бк} G_w$ , (27)

$$G_w = 12,8 \cdot 145 = 1856 \text{ кг}$$

металла форм  $G_m = N_l G_{ф}$ , (28)

$$G_m = 10 \cdot 2000 = 20000 \text{ кг}$$

арматуры и закладных деталей  $G_{ар} = G_{аб} V_{бк}$ . (29)

$$G_{ар} = 106,41 \cdot 12,8 = 1361,92 \text{ кг}$$

Выгружается из камеры:

сухого бетона  $G_{бо} = G_c + G_{в2}$ , (30)

$$G_{бо} = 36536,32 + 565,76 = 37102,08 \text{ кг}$$

вода, перешедшая в гидратную влагу  $G_{в2} = G_{вс} \cdot V_{бк}$ , (31)

$G_{вс} = G_{ц} \cdot \alpha_l$  – количество химически связанной воды (32)

$\alpha_l$  – степень гидратации (в среднем составляет 0,17)

$$G_{вс} = 260 \cdot 0,17 = 44,2 \text{ кг}$$

$$G_{вз} = 44,2 \cdot 12,8 = 565,76 \text{ кг}$$

остаточная влага изделий

$$G_{восм} = G_w - G_{вз} - G_w \cdot a_2 / 100, (33)$$

$a_2$  % испарившейся воды за период выдержки (10...15%)

$$G_{восм} = 1856 - 565,76 - 1856 \cdot 12 / 100 = 1267,52 \text{ кг}$$

металла форм  $G_M = N_I G_{\phi}$ , (36)

$$G_M = 10 \cdot 2000 = 20000 \text{ кг}$$

арматуры и закладных деталей  $G_{ар} = G_{аб} V_{бк}$ . (37)

$$G_{ар} = 106,41 \cdot 12,8 = 1361,92 \text{ кг}$$

Испарение влаги будет происходить только с открытой поверхности изделия.

## 5.8 Тепловой баланс ямной пропарочной камеры

Тепловой баланс рассчитывается по периодам работы тепловой обработки.

Единицей расчета служит – кДж/период

Расчет температуры проводится для определения максимально возможной скорости нагрева (или охлаждения) изделия, определения фактических температур изделия.

Расчет проводится с помощью критериальных уравнений нестационарного теплообмена для периодов подъема температуры и изотермической выдержки. Т.к. камера работает непрерывно и температура в камере постоянная, следовательно расчет будет производиться за период изотермической выдержки.

### 1. Приход тепла:

Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону

$$Q_{1-1} = G_c \cdot c_b \cdot t_0$$

где  $c_b$  – теплоемкость бетона при  $t_0$ , кДж/кг · град

$$Q_{1-1} = 36536,32 \cdot 0,84 \cdot 20 = 613810,2 \text{ кДж}$$

Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси

$$Q_{1-2} = G_w \cdot c_w \cdot t_0$$

где  $c_w$  – теплоемкость воды при  $t_0=20\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $4,19\text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$ .

$$Q_{1-2} = 1856 \cdot 4,19 \cdot 20 = 155532,8\text{ кДж}$$

Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру

$$Q_{1-3} = G_{ap} \cdot c_a \cdot t_0,$$

где  $c^a$  – теплоемкость арматуры,  $0,48\text{кДж/кг}\cdot\text{град}$

$$Q_{1-3} = 1361,92 \cdot 0,48 \cdot 20 = 13065,6\text{ кДж}$$

Теплосодержание форм

$$Q_{1-4} = G_m \cdot c_f \cdot t_0$$

где  $c_f$  – теплоемкость материала формы,  $2,30\text{ кДж/кг}\cdot\text{град}$ .

$$Q_{1-4} = 20000 \cdot 2,3 \cdot 20 = 920000\text{ кДж}$$

Тепло экзотермии вяжущего

$$Q_{1-5} = q_{ц1} \cdot G_{ц} \cdot V_{и} \cdot N_{п}$$

где  $N_{п}$  – количество изделий в камере;  $V_{и}$  – объем бетона в изделии,  $\text{м}^3$ ;  
 $q_{ц1}$  – тепло, выделившееся при гидратации 1 кг цемента,  $\text{кДж/кг}$ .

$$q_{ц1} = \frac{M_{ц} \theta_1 \cdot a_0 \sqrt{V_{и}}}{162 + 0,96 \cdot \theta_1}$$

где  $\theta_1 = D_{п} \cdot t_{(1-2)}$  - количество градусо-часов процесса,

$a_0$  – коэффициент:

$$a_0 = 0,32 + 0,002 \cdot \theta_1 \text{ при } \theta_1 \leq 290 \text{ град} \cdot \text{ч},$$

$$a_0 = 0,84 + 0,0002 \cdot \theta_1 \text{ при } \theta_1 > 290 \text{ град} \cdot \text{ч}.$$

$$t_{(1-2)} = 0,5(t_{\max} + t_0) = 0,5 \cdot (80 + 20) = 50\text{ }^\circ\text{C}$$

$D_{п}$  – продолжительность подъема температуры,  $4,5\text{ ч}$

$$\theta_1 = 4,5 \cdot 50 = 225 \text{ град} \cdot \text{ч}$$

$$a_0 = 0,32 + 0,0002 \cdot 225 = 0,365$$

$$q_{ц1} = 400 \cdot 0,365 \cdot 0,73 / 162 + 0,96 \cdot 225 = 0,28\text{ кДж/кг}$$

$$Q_{1-5} = 0,28 \cdot 2,61 \cdot 10 \cdot 260 = 1913,36\text{ кДж}$$

Тепло материалов ограждений

$$Q_{1-6} = \sum V_{i\text{огр}} \cdot \rho_{i\text{огр}} \cdot c_{i\text{огр}} \cdot t_{i\text{огр}},$$

где  $V_{i\text{огр}}$  – объем  $i$ -го слоя материала в ограждении,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{i\text{огр}}$  – плотность  $i$ -го материала,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c_{i\text{огр}}$  – удельная теплоемкость  $i$ -го материала,  $\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$ ;  $t_{i\text{огр}}$  – средняя температура  $i$ -го слоя материала,  $^{\circ}\text{C}$ .

Тяжелый бетон:  $V_{i\text{огр}}$  – объем  $i$ -го слоя материала в ограждении,  $27,5\text{м}^3$ ;

$\rho_{i\text{огр}}$  – плотность  $i$ -го материала,  $2400\text{кг}/\text{м}^3$  ;

$c_{i\text{огр}}$  – удельная теплоемкость  $i$ -го материала,  $0,84\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$ ;

$t_{i\text{огр}}$  – средняя температура  $i$ -го слоя материала,  $50^{\circ}\text{C}$ .

Стальной лист:  $V_{i\text{огр}}$  – объем  $i$ -го слоя материала в крышке,  $0,512\text{ м}^3$  ;

$\rho_{i\text{огр}}$  – плотность  $i$ -го материала,  $7800\text{кг}/\text{м}$ ;

$c_{i\text{огр}}$  – удельная теплоемкость  $i$ -го материала,  $0,48\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{град}$ ;

$t_{i\text{огр}}$  – средняя температура  $i$ -го слоя материала,  $50^{\circ}\text{C}$

$$Q_{1-6} = 27,5 \cdot 2400 \cdot 0,84 \cdot 50 + 0,512 \cdot 0,48 \cdot 7800 \cdot 50 = 151286,4 \text{ кДж}$$

Тепло вносимое теплоносителем:

$$Q_{1-7} = G_1 \cdot i_{\text{п}}$$

где  $G_1$  – количество подаваемого теплоносителя в период подогрева;  $i_{\text{п}}$  – энтальпия теплоносителя,  $2626,29 \text{ кДж}/\text{к}$ .

$$Q_{1-7} = 2626,29 G_1$$

Сумма приходных статей

$$Q_{1\text{п}} = \sum Q_{1-i} =$$

$$613810,2 + 155532,8 + 13065,6 + 920000 + 1913,36 + 151286,4 + 2626,29 G_1 =$$

$$1855608,36 + 2626,29 G_1$$

2. Расход тепла:

На нагрев сухих материалов

$$Q_{2-1} = Q_{1-1} = 613810,2 \text{ кДж}$$

На нагрев воды в бетонной смеси

$$Q_{2-2} = Q_{1-2} = 155532,8 \text{ кДж}$$

На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{2-3} = Q_{1-3} = 13065,6 \text{ кДж}$$



На нагрев форм

$$Q_{2-4} = Q_{1-4} = 920000 \text{ кДж}$$

На нагрев материалов ограждений

$$Q_{2-5} = Q_{1-6} = 151286,4 \text{ кДж}$$

где  $t_{2iогр}$  – средняя температура  $i$ -го слоя материала ограждения

Потери тепла в окружающую среду через стены

$$Q_{2-6} = 3.6 \cdot k \cdot F \cdot D_{п} \cdot (t_{(1-2)о} - t_{oc}),$$

где  $D_{п}$  – время подъема температуры, час;  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup> · град.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где  $b_i$  – толщина слоев ограждения, м;  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, Вт/м · град;  $\alpha_1$  коэффициент теплоотдачи от греющей среды к разделяющей стенке, 90 Вт/м<sup>2</sup> град;  $\alpha_2$  – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде, Вт/м<sup>2</sup>·град:

$$\alpha_2 = 2,6 \sqrt{t_{cr} - t_{oc}} + 5,7 \cdot \frac{E \cdot \left( \left( \frac{t_{cr} + 273}{100} \right)^4 + \left( \frac{t_{oc} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{cr} - t_{oc}},$$

2,6 – коэффициент, учитывающий расположение стен;  $t_{cr}$  – температура наружной поверхности стен, °С;  $E$  – степень черноты, 0,1;  $\alpha_2 = 17,44$  Вт/м<sup>2</sup> град;  $k = 3,44$

$$Q_{2-6} = 3,6 \cdot 3,44 \cdot 145 \cdot 4,5 \cdot (50 - 20) = 242416,8 \text{ кДж}$$

Потери тепла через крышку

$$Q_{2-8} = 3.6 \cdot k \cdot F_{кр} \cdot D_{п} \cdot (t_{п.кр.} - t_{oc}),$$

где  $t_{п.кр.}$  – температура внутренней поверхности крышки;  $D_{п}$  – время подъема температуры, час;  $F_{кр}$  – площадь крышки, м<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup> · град;

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$\alpha_{2.кр}$  – коэффициент теплоотдачи от крышки к окружающей среде, Вт/м<sup>2</sup>·град,

$$\alpha_{2.кр} = 3,3 \cdot \alpha_k,$$

$b_i$  – толщина слоев крышки, м;  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности слоев, Вт/м · град;  $b_i$  – толщина слоев крышки, 0,2м (минеральная вата), 2х0,005м(стальной лист);  $\lambda_i$ – коэффициент теплопроводности слоев, 0,07Вт/м·°С (минеральная вата), 56 Вт/м · °С (стальной лист), 3,3 – коэффициент, учитывающий расположение ограждающей конструкции;  $t_{ст}$  – температура наружной поверхности крышки, °С;  $t_{oc}$  – температура окружающей среды, °С;  $\alpha_k$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup> · град.

$$\alpha_{2.кр} = 3,3 \cdot 10,28 = 33,924$$

$$k = 0,345$$

$$Q_{2-8} = 3,6 \cdot 0,345 \cdot 5,52 \cdot 4,5 \cdot 30 = 925,5 \text{ кДж}$$

Тепло, уносимое конденсатом

$$Q_{2-10} = G_k \cdot c_k \cdot t_{(1-2)о},$$

где  $G_k = G_1 - G_{св} - G_{пр}$ ;  $G_{пр}$  – потери пара через неплотности установки в атмосферу 0.1...0.2 от общего расхода пара за период, 0,1  $G_1$ ;  $G_{св}$  – масса пара, заполняющего свободный объем камеры.

$$G_{св} = \rho_{п} (V_k - V_{бк} - V_{ф})$$

$\rho_{п}$  – плотность пара при средней температуре в камере в период подъема температуры, 0,161259 кг/м<sup>3</sup>

$$G_{св} = 0,161259(71,175 - 12,8 - 3) = 8,93$$

$c_k$  – удельная теплоемкость конденсата, 4,19 кДж/кг · град

$$G_k = G_1 - 8,93 - 0,1G_1 = 0,9G_1 - 8,93$$

$$Q_{2-10} = (0,9G_1 - 8,93) \cdot 4,19 \cdot 50 = 188,55G_1 - 1870,835 \text{ кДж}$$

Потери тепла с паром, уходящим через неплотности установки

$$Q_{2-11} = G_{\text{пр}} c_{\text{п}} t_{(1-2)0},$$

где  $c_{\text{п}}$  - удельная теплоемкость пара, 8,0752 кДж/кг · град.

$$Q_{2-11} = 0,1 G_1 \cdot 8,0752 \cdot 50 = 40,376 G_1$$

Расход тепла на нагрев паровоздушной смеси, заполняющей свободный объем камеры

$$Q_{2-12} = G_{\text{св}} \cdot c_{\text{п}}' \cdot t_{\text{из}},$$

где  $c_{\text{п}}'$  – теплоемкость паровоздушной смеси при температуре изотермической выдержки.

$$Q_{2-12} = 8,93 \cdot 8,0752 \cdot 80 = 5769 \text{ кДЖ}$$

Сумма расходных статей

$$Q_{1\text{р}} = \Sigma Q_{2-i}.$$

$$Q_{1\text{р}} =$$

$$613810,2 + 155532,8 + 13065,6 + 920000 + 151286,4 + 242416,8 + 925,5 + 188,55 G_1 - 1870,835 + 40,376 G_1 + 5769 = 2100935,5 + 228,9 G_1$$

Уравнение теплового баланса для периода подъема температуры

$$Q_{1\text{п}} = Q_{1\text{р}}.$$

Решая данное уравнение определяется расход теплоносителя, поданного в камеру в период подъема температуры –  $G_1$ .

$$1855608,36 + 2626,29 G_1 = 2100935,5 + 228,9 G_1$$

$$G_1 = 245327,14 / 2397,39 = 102,3$$

Среднечасовой расход теплоносителя

$$G_{1\text{с}} = G_1 / D_{\text{п}} = 102,3 / 4,5 = 22,74$$

Удельный расход пара на тепловую обработку, кг/м<sup>3</sup>,

$$G_{\text{уп}} = G_{1\text{с}} / V_{\text{бк}} = 22,74 / 12,8 = 1,77 \text{ кг/м}^3$$

Так как наш удельный расход пара  $1,77 < 170 \text{ кг/м}^3$ , то необходимости в изменении конструктивного решения ограждений тепловой установки или режима тепловой обработки нет.

## 6 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

Системы, применяемые для автоматизации процессов тепловлажностной обработки, должны обеспечивать не только заданные точность и стабильность регулирования температурных режимов по установленной программе, но и непрерывный автоматический контроль технологического процесса с соответствующей сигнализацией. Для повышения устойчивости автоматического регулирования режимов тепловой обработки должна быть обеспечена стабильная работа систем теплоснабжения автоматизированных установок.

Важным условием эффективности работы систем автоматики является правильный выбор регулируемого параметра, характеризуемого с достаточной точностью средней температурой прогреваемого тела бетона.

Так как в промышленности сборного железобетона имеется значительное количество тепловых установок, системы, предназначенные для их автоматизации, должны быть максимально энергоэкономичными, простыми в монтаже и обслуживании.

В пропарочных камерах важно обеспечить заданный температурный режим, необходимый для нормального твердения изделий, поэтому температура в камере должна находиться под постоянным контролем и, в случае необходимости, регулироваться.

Ямные камеры, как правило, располагают ниже уровня пола (земли). Стенки камер делают из бетона или кирпича, камеры перекрывают утепленными крышками с гидравлическим затвором, которые снимают краном при загрузке и разгрузке изделий. Крышки ямных камер устраивают двускатные с углом наклона скатов около  $8^\circ$ , при котором конденсат стекает по стенкам камер, не попадая на изделие. По периметру камеры укладывают перфорированные трубы, имеющие отверстия диаметром 3-4 мм через каждые 150-200 мм. Эффективным средством улучшения теплообмена внутри камеры является оснащение ее эжекторным устройством. Автоматизация работы ямной пропарочной камеры предполагает:

- автоматическое регулирование температуры с использованием программного регулятора;
- сигнализация о включении схемы в автоматический режим работы;
- сигнализация падения давления пара ниже 0,4 кгс/см<sup>2</sup>;
- учет времени отсутствия пара и добавление этого времени к циклу ТВО;
- ТВО;
- управление электромагнитным вентилем;
- сигнализация об окончании цикла ТВО.

Технологические параметры, подлежащие контролю и регулированию:

- температура;
- давление пара и его расход;
- время отсутствия пара в камере.

Контроль всех технологических параметров производится непрерывно. Регулирование параметров происходит в том случае, когда на автоматическом рабочем месте оператор замечает несоответствие контролируемого параметра требуемому технологией значению. Все операции по регулированию производятся только ответственным лицом – оператором, и записываются в журнал тепловлажностной обработки.

#### 6.1 Используемые датчики и регуляторы

В схеме предусмотрена установка дифманометра и регулятора давления прямого действия «после себя» на паропроводе и программного регулятора температуры.

##### 1. Температура

Используется электронный программный регулятор температуры ПРТЭ-2М. Регулятор работает в комплексе с электрическими термометрами сопротивления медными (ТСМ), которые меняют свое сопротивление в зависимости от температуры, а также исполнительными механизмами - соленоидными вентилями СВВ.

Регулятор типа ПРТЭ - двухпозиционный с пределами изменения температуры от 0 до 100 0С. Точность измерения температуры от верхнего предела шкалы составляет  $\pm 2,5\%$ , пределы регулирования её - 20-100°C

Схема прибора состоит из следующих элементов: измерительного блока, трехкаскадного усилителя низкой частоты, фазочувствительного каскада с выходным реле, включенным в анодную цепь лампы Л, механизма установки программы, выпрямителя со стабилизатором напряжения и устройств сигнализации и блокировки. Принципиальная электрическая схема регулятора ПРТЭ-2М представлена на рисунке 5.

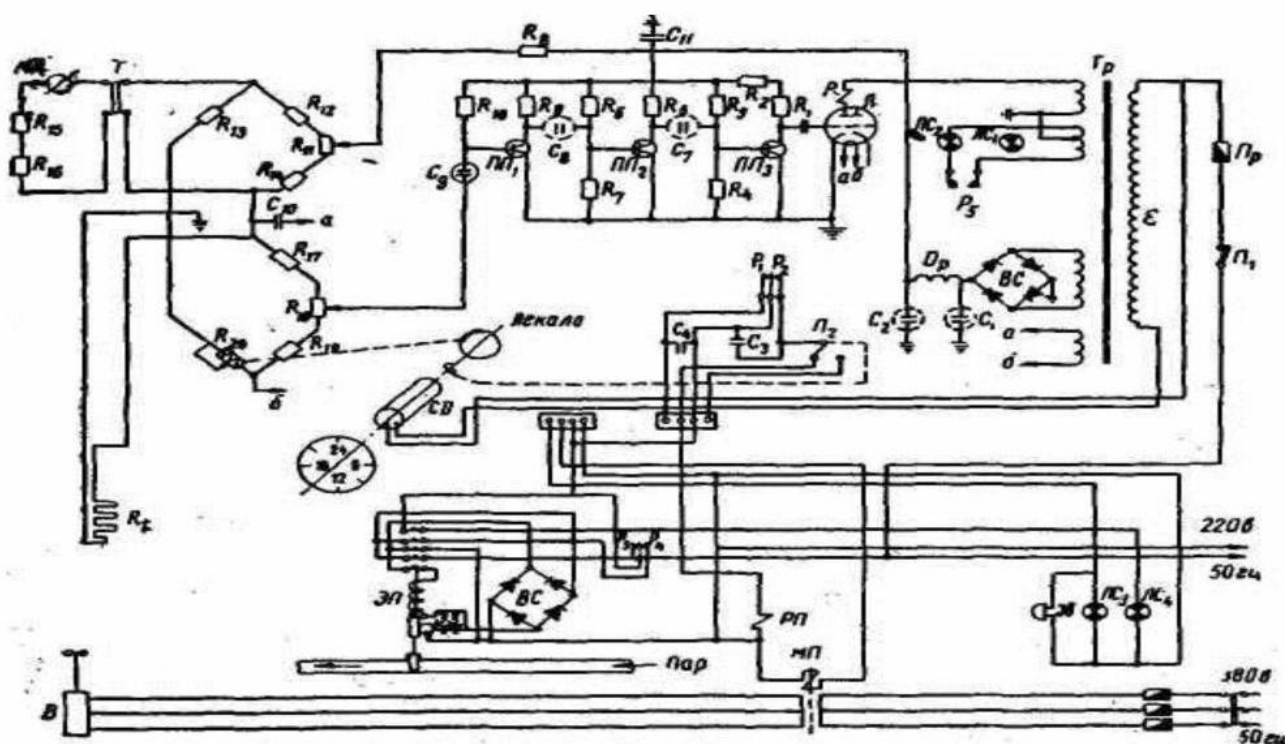


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема регулятора ПРТЭ-2М.

Измерительный блок прибора выполнен в виде двух мостовых схем – измерительной и регуливающей, общим плечом которых является температурный датчик  $R_t$ . Первая является неуравновешенным мостом, в диагональ которого включен микроамперметр МА, показывающий величину регулируемой температуры. Электрический сигнал, необходимый для управления регулирующим органом, снимается с диагонали регуливающего моста, в одно из плеч которого последовательно с чувствительным элементом включен реостат

задачи программы R20. В качестве температурного датчика использован электрический медный термометр сопротивления ТСМ-Х.

В качестве регулирующего органа в системе используется вентиль с электромагнитным приводом СВВ с диаметром условного прохода 50 или 70 мм. Открытие и закрытие клапана происходит при отклонении регулируемой температуры более чем на  $\pm 2,5^\circ$  от величины, установленной программой обработки.

После окончания каждого цикла тепловлажностной обработки программный регулятор автоматически отключается от питающей сети с помощью переключателя. Конструктивно прибор ПРТЭ-2М выполнен в виде щитового прибора утопленного монтажа

Техническая характеристика прибора ПРТЭ-2М:

- пределы измерения температуры,  $^\circ\text{C}$ : 0—100;
- точность измерения температуры от верхнего предела шкалы, %:  $\pm 2,5$ ;
- чувствительность регулятора не менее,  $^\circ\text{C}$ : 0,5;
- пределы регулирования температуры,  $^\circ\text{C}$ : от 20—100;
- напряжение питания регулятора, В: 220;
- потребляемая мощность, Вт: 30.

Чувствительность регулятора составляет не менее 0,5  $^\circ\text{C}$ , максимальная продолжительность регулирования составляет 24 часа, напряжение питания регулятора - 220 или 127В переменного тока, потребляемая мощность - 35 Вт.

Регулятор, кроме этого, сигнализирует об окончании цикла термообработки. В случае перерыва в подаче пара цикл термообработки удлиняется автоматически.

## 2. Давление пара и его расход

Давление пара и его расход учитывают дифманометром с пружиной, работающим в паре с вторичным интегрирующим и записывающим прибором. Класс точности 1,5. Диапазон измерения составляет до 10 МПа. Измерительным элементом является многовитковая пружина из нержавеющей стали. Работает в диапазоне температур от - 40 до 80 $^\circ\text{C}$ .

## 3. Время отсутствия пара в камере

Для учета времени отсутствия пара используют сигнализатор падения давления. В качестве исполнительного механизма, открывающего доступ пара, в схеме использован электромагнитный вентиль. Погрешность не более  $\pm 0,3$  МПа, устойчив к воздействию температур (от  $-50$  до  $+125$  °С).



## 7 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

### 7.1 Технологическая схема

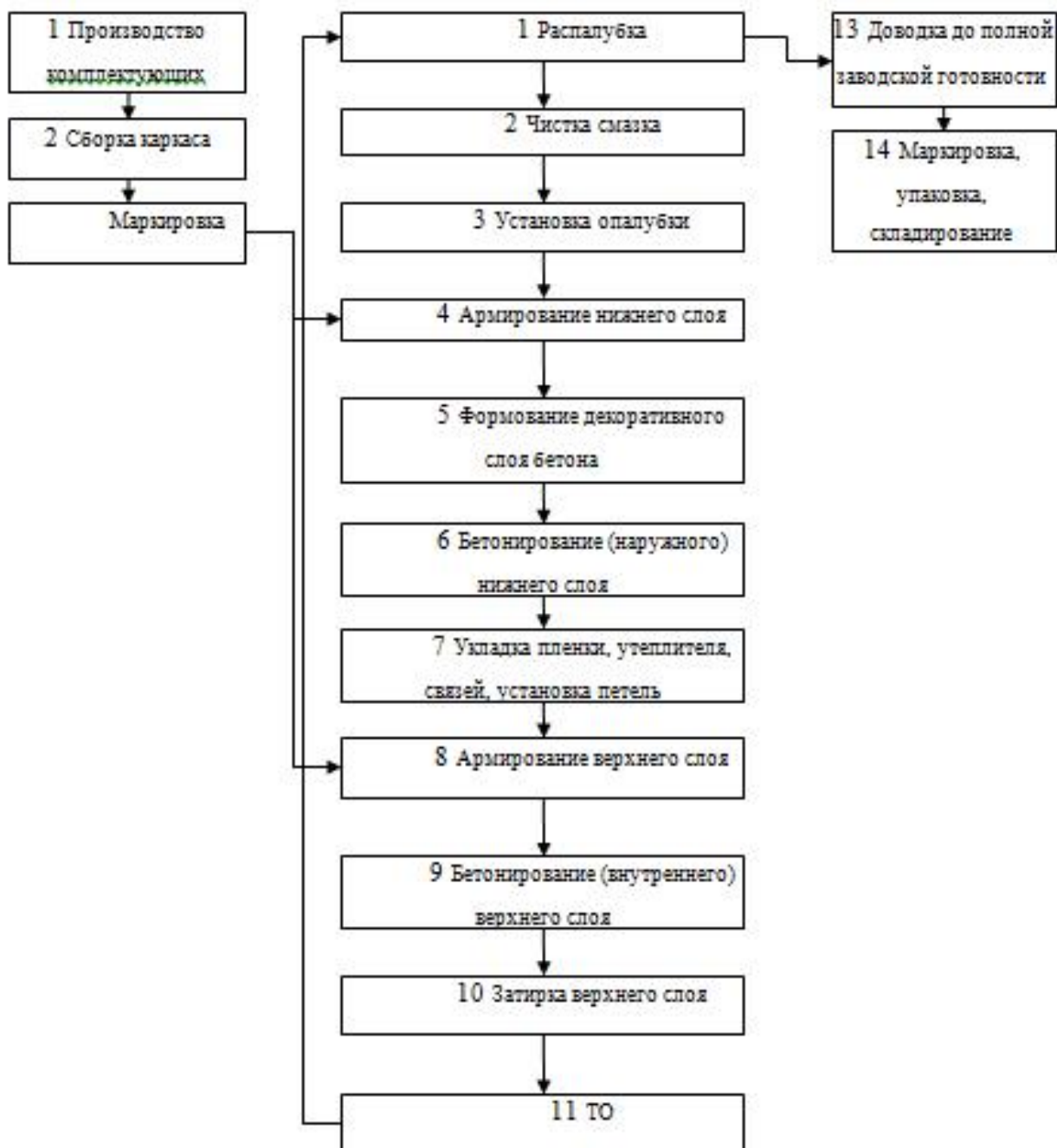


Рисунок 4 – Технологическая схема производства трехслойных стеновых панелей

### 7.2 Описание технологического процесса

Процесс формования изделий - важная стадия их изготовления на заводах сборного железобетона. Процесс формования изделий состоит из

следующих операций: сборки, очистки и смазки форм и бортовой оснастки, установки и фиксации арматурного каркаса в форме, укладки, распределения и уплотнения бетонной смеси в форме, отделки открытой поверхности изделия и извлечения готового изделия из формы после тепловой обработки.

#### 1) Подготовка формы

Производство стеновых панелей размерами 2,98x2,785 начинается с того, что 2 бетонщика 3,4 разряда с помощью щеток, скребков и затирочной машины очищает форму от остатков и наплывов бетона. После чего производят смазку формы, что занимает у них две минуты. Форма смазывается разделительной консистентной смазкой, в состав которой входят: концентрированный раствор ВЛВ-15 («Поронет»), вода и карбонат кальция. После высыхания консистентной смазки на поверхность формы наносится замедлитель твердения бетона. Затем идёт строповка формы и перемещение её на пост армирования. Стropовка и перемещение формы занимает две минуты.

#### 2) Армирование

Два арматурщика 3 разряда устанавливают в форму пространственный каркас, сетки и закладные детали в течение 6 минут. Затем идёт строповка формы и перемещение её на резервный пост. Стropовка и перемещение формы занимает две минуты.

#### 3) Декоративный слой

Доставка декоративного слоя производится из отделения приготовления декоративного бетона. На данном посту имеется электроталь для подъема мульды с декоративной бетонной смесью. Бадья стропуется и 2 бетонщика 5 разряда в течение 5 минут производят укладку декоративного слоя. После форма стропуется и перемещается на пост вибрирования.

#### 4) Внешний (нижний) слой

Вначале цикла происходит вибрирование декоративного слоя. В это же время автоматически происходит доставка бетонной смеси с основного БСУ с помощью адресной подачи бетона. Укладку внешнего слоя осуществляют 2 формовщика 5 разряда в течение 3 минут.

5) Установка утеплителя, сеток

Укладка утеплителя и установка сеток производится одновременно в течение 11 минут. Укладку производят 2 арматурщика.

6) Внутренний (верхний) слой

При подаче формы на пост включается автоматическая подача бетонной смеси. После подготовки бетоноукладчика производится укладка верхнего слоя. 2 бетонщика в течении 3 минут выполняют данную работу.

7) Уплотнение верхнего слоя

Уплотнение верхнего слоя производят 2 ремонтника в течение 4 минут вручную глубинными вибраторами. Далее производится строповка и перемещение формы на пост тепловлажностной обработки. Процесс строповки и перемещения занимает две минуты.

8) Тепловая обработка

На посту тепловлажностной обработки форма с изделием проходит цикл обработки, после чего производится выемка формы из камеры, под контролем двух такелажников 4 разряда. Далее форма перемещается на пост распалубки. Процесс перемещения занимает две минуты.

9) Распалубка

Распалубку осуществляют 2 распалубщика в течение 20 минут.

10) Кантование

На данном посту изделие стропуется, переводится кантователем в вертикальное положение и перемещается краном на пост доводки. Стropовку осуществляет 1 стропольщик, который не входит в состав основной рабочей бригады.

11) Отделка изделия

На посту отделки при помощи аппаратной мойки водой под давлением удаляют наружный слой цементного камня, оголяя при это декоративную крошку-камень.

### 7.3 Режим работы предприятия

Расчет проектной мощности предприятия производится, исходя из производительности ведущего оборудования, режима работы и фонда чистого времени работы оборудования.

Число рабочих суток в году 253, количество рабочих часов в сутки 23.

Расчетный фонд рабочего времени составляет 5819 часа.

### 7.4 Циклограмма работ

Циклограмма дает наглядное представление о согласованности времени выполнения отдельных операций. На циклограмме по оси ординат откладывают время, по оси абсцисс координаты.

По циклограмме видно, что первая машина может начать работу только после того как другая подготовила для нее фронт работ, например, укладку бетонной смеси можно начинать только после того как установлена подготовленная форма.

Циклограмма строится на длительность одного цикла. На циклограмме проекция любой линии на оси  $t$  есть продолжительность выполнения операции, на оси  $S$  перемещение машины при выполнении операций.

Циклограмма работ кранов, а также оптимизированный график технологических процессов представлены на листе

### 7.5 Посты и крановые операции

1 – пост чистки смазки;

2 – пост армирования;

3 – пост укладки декоративного слоя;

4 – пост формования внешнего слоя;

5 – пост формования внутреннего слоя;

6 – ТВО;

7 – пост распалубки;

8 – пост отделки, приемки и маркировки;

Кран №1:

К<sup>1</sup><sub>1</sub>-К<sup>1</sup><sub>2</sub> – строповка арматурных каркасов;

К<sup>1</sup><sub>2</sub>-К<sup>1</sup><sub>3</sub> – установка арматурных каркасов

К<sup>1</sup><sub>3</sub>-К<sup>1</sup><sub>4</sub> – расстроповка арматурных каркасов

К<sup>1</sup><sub>4</sub>-К<sup>1</sup><sub>5</sub> – строповка формы;

К<sup>1</sup><sub>5</sub>-К<sup>1</sup><sub>6</sub> – перемещение формы на пост укладки декоративного слоя;

К<sup>1</sup><sub>6</sub>-К<sup>1</sup><sub>7</sub> –расстроповка формы;

К<sup>1</sup><sub>7</sub>-К<sup>1</sup><sub>8</sub> – строповка бадьи с декоративной бетонной смесью;

К<sup>1</sup><sub>8</sub>-К<sup>1</sup><sub>9</sub> – укладка декоративного слоя;

К<sup>1</sup><sub>9</sub>-К<sup>1</sup><sub>10</sub> – расстроповка бадьи

К<sup>1</sup><sub>10</sub>-К<sup>1</sup><sub>11</sub> –строповка формы;

К<sup>1</sup><sub>11</sub>-К<sup>1</sup><sub>12</sub> – перемещение формы на пост формования внешнего слоя;

К<sup>1</sup><sub>12</sub>-К<sup>1</sup><sub>13</sub> – простой крана

К<sup>1</sup><sub>13</sub>-К<sup>1</sup><sub>14</sub> – строповка формы;

К<sup>1</sup><sub>14</sub>-К<sup>1</sup><sub>15</sub> – перемещение формы на пост формования внутреннего слоя;

К<sup>1</sup><sub>15</sub>-К<sup>1</sup><sub>16</sub> – расстроповка формы;

К<sup>1</sup><sub>16</sub>-К<sup>1</sup><sub>17</sub> – простой крана;

К<sup>1</sup><sub>17</sub>-К<sup>1</sup><sub>18</sub> – строповка арматурных каркасов

К<sup>1</sup><sub>18</sub>-К<sup>1</sup><sub>19</sub> – установка арматурных каркасов

К<sup>1</sup><sub>19</sub>-К<sup>1</sup><sub>20</sub> – расстроповка арматурных каркасов

К<sup>1</sup><sub>20</sub>-К<sup>1</sup><sub>21</sub> – простой крана

К<sup>1</sup><sub>21</sub>-К<sup>1</sup><sub>22</sub> – перемещение крана на пост распалубки

К<sup>1</sup><sub>22</sub>-К<sup>1</sup><sub>23</sub> – строповка форм

К<sup>1</sup><sub>23</sub>-К<sup>1</sup><sub>24</sub> – перещение форм на пост чистки смазки

К<sup>1</sup><sub>24</sub>-К<sup>1</sup><sub>25</sub> – простой крана

К<sup>1</sup><sub>25</sub>-К<sup>1</sup><sub>26</sub> – строповка форм

К<sup>1</sup><sub>26</sub>-К<sup>1</sup><sub>27</sub> – перемещение крана на пост армирования

К<sup>1</sup><sub>27</sub>-К<sup>1</sup><sub>28</sub> – расстроповка форм

Кран №2

К<sup>2</sup><sub>1</sub>-К<sup>2</sup><sub>2</sub> – строповка форм

$K^2_2-K^2_3$  – перемещение форм на пост распалубки  
 $K^2_3-K^2_4$  – расстроповка форм  
 $K^2_4-K^2_5$  – простой крана  
 $K^2_5-K^2_6$  – строповка изделий  
 $K^2_6-K^2_7$  – перемещение изделий на пост отделки  
 $K^2_7-K^2_8$  – расстроповка изделий  
 $K^2_8-K^2_9$  – простой крана  
 $K^2_9-K^2_{10}$  – строповка готовых изделий  
 $K^2_{10}-K^2_{11}$  – перемещение готовых изделий на самоходную тележку  
 $K^2_{11}-K^2_{12}$  – перемещение крана на пост формования внутреннего слоя  
 $K^2_{12}-K^2_{13}$  – строповка форм  
 $K^2_{13}-K^2_{14}$  – перемещение на пост ТВО  
 $K^2_{14}-K^2_{15}$  – расстроповка форм

## 7.6 Организация труда рабочих на технологической линии

После проведенной оптимизации необходимо оценить ее эффективность, рассчитав среднюю интенсивность потребления ресурсов, потери труда из-за неравномерного и неполного использования ресурсов и наибольшую интенсивность текущего потребления ресурсов.

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\sum P(i;j) * T(i;j)}{T_c},$$

где  $P(i; j)$  – потребление ресурсов на операции, чел.

$T(i; j)$  – длительность операции, мин.

$T_c$  – такт выпуска, мин.

$$P = \frac{2*0,5*11+2*6*2+2*5*2+2*3*3+1*0,5*6+1*1}{49} = 1,57 \text{ чел} - \text{мин.}$$

Потери труда из-за неравномерного и неполного потребления трудовых ресурсов:

$$\Delta H = H_f - H,$$

где  $N_f$  – фактические затраты труда на стад. Процессе чел-мин.

$N$  – трудоемкость операции, мин.

$N_f = P_{max} * T_c$ , чел-мин.

$P_{max}$  – наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов.

После оптимизации:

$$N_f = 4 * 49 = 196 \text{ чел-мин.}$$

$$\Delta N = 196 - 77 = 119 \text{ чел-мин.}$$

### 7.7 Определение уровня механизации и автоматизации

Уровень механизации – доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи механизмов, определяется по формуле:

$$Y_m = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{3 \sum N_i},$$

где  $Z$  – характеристика вида механизации операции:

- $Z = 0$  - операция не механизирована;
- $Z = 1$  - операция выполняется при помощи машины ручного действия (без привода);
- $Z = 2$  - операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющей привод, но требующий ручной труд);
- $Z = 3$  – операция выполняется при помощи мех-ой машины (имеющий привод, не требующей ручной труда) или автоматом.

$K$  – коэффициент степени механизации операций:

- $K = 1$  – операция полностью механизирована;
- $K = 0,5$  – операция частично механизирована.

$N_i$  – количество операций.

Уровень автоматизации – доля в общем технологическом процессе операций, выполняемых при помощи автоматических и полуавтоматических устройств, агрегатов и линий, определяется по формуле:

$$Y_a = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{1,5 \sum N_i},$$

где  $Z$  – характеристика вида автоматизации операции:

- $Z = 0$  – операция не автоматизирована;
- $Z = 1$  – операция выполняется при помощи полуавтоматических устройств, когда функции рабочего сводятся к включению, выключению агрегата и наблюдению;
- $Z = 1,5$  – операция выполняется автоматически, без участия человека, функция рабочего – наблюдение.

$K$  – коэффициент степени автоматизации операций:

- $K = 1$  – операция полностью автоматизирована;
- $K = 0,5$  – операция частично автоматизирована.

$N_i$  – количество операций

Для расчета уровня механизации и автоматизации используется сводная таблица 17.

Таблица 17 – Сводная таблица уровня механизации и автоматизации.

Операции, переходы	Механизация				Автоматизация			
	$Z_i$	$K_i$	$N_i$	$Z_i K_i N_i$	$Z_i$	$K_i$	$N_i$	$Z_i K_i N_i$
Строповка	1	1	12	12	1	0,5	12	6
транспортировка краном	3	1	8	24	1	1	8	8
расстроповка	1	1	12	12	1	0,5	12	6
Чистка формы	1	0,5	1	0,5	0	0,5	1	0
Смазка формы	1	0,5	1	0,5	0	0,5	1	0
Установка арматурных каркасов в форму	2	1	2	4	1	0,5	2	1
укладка декоративной бетонной смеси	2	0,5	1	1	1	0,5	1	0,5



Окончание таблицы 17

Операции, переходы	Механизация				Автоматизация			
	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi	Zi	Ki	Ni	ZiKiNi
уплотнение бетонной смеси на виброплощадке	3	1	1	3	1	1	1	1
укладка утеплителя	0	0,5	1	0	0	0,5	1	0
уплотнение глубинным вибратором	2	1	1	2	1	0,5	1	0,5
ТВО	3	1	1	3	1,5	1	1	1,5
отделка изделия	1	0,5	1	0,5	0	0,5	1	0
итого			44	68,5			44	26,5

Расчет уровней механизации и автоматизации:

$$\text{Уровень механизации } Y_m = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{3 \sum N_i} = \frac{68,5}{132} = 52\%$$

$$\text{Уровень автоматизации } Y_a = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{1,5 \sum N_i} = \frac{26,5}{66} = 40\%$$

Таким образом уровни механизации и автоматизации удовлетворяют требованиям ОНТП 07-85 ( $Y_m > 50\%$ ;  $Y_a > 30\%$ ).

## 8 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

8.1 Подбор отношения «цемент:заполнитель» для обеспечения заданной прочности декоративного бетона

Для оптимизации существующего состава декоративного слоя бетона было предложено использовать дополнительный слой декоративного мелкозернистого бетона. С этой целью проводили эксперимент, в котором варьировали соотношений «цемент:заполнитель» от 1:3 до 1:2. В качестве заполнителя, для создания декоративного эффекта использовали мраморную крошку. Подвижность смесей по осадке конуса составляла П-2  $9 \pm 1$  см. Результаты сведены в таблицу 17.

Таблица 18 – Прочность мелкозернистого бетона

Заполнитель	Предел прочности при сжатии, МПа		
	Ц/З=1:3	Ц/З=1:2,5	Ц/З=1:2
Мраморная крошка			
фр. 0,14-0,315 мм	17,0	27,8	31,2
фр. 0,315-0,63 мм	16,7	24,6	29,8
фр. 0,63-1,25 мм	19,6	28,4	33,6
фр. 1,25-2,5 мм	18,4	25,1	30,5
фр. 2,5-5 мм	19,3	24,8	28,4
Зеленый мелкий (смесь)	18,7	25,8	30,7

Судя по данным таблицы, соотношение «цемент:заполнитель»=1:2,5 является достаточным для заданной прочности.

## 8.2. Свойства бетона для декоративного слоя трехслойных панелей

Свойства полученных материалов представлены в таблице 18.

Таблица 19 – Свойства мелкозернистой бетонной смеси и бетона (на белом ПЩ 400Д-20, мраморной крошке фракции 1,25...2,5 мм)

Свойство	Значение
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	2350
Свойство	Значение
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	2350
Удобоукладываемость (ОК), см	П2
Расслаиваемость, %	Не более 3
Сохраняемость, мин	Не менее 30 мин
Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	2320

### Окончание таблицы 19

Прочность при сжатии при нормальном твердении в возрасте	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
МПа	8	18	32	49
Прочность при сжатии после ТВО в возрасте	1 сут		28 сут	
МПа	32		46	
Класс по прочности	В 22,5			
Качество поверхности в возрасте 28 суток после ТВО	Однородная мелкозернистая фактура, цвет равномерный			

### 8.3 Создание бетона с гладкой поверхностью

В качестве одного из вариантов получения декоративной поверхности панелей был предложен бетон с гладкой поверхностью. Для создания бетона с гладкой поверхностью при способе формования «лицом вниз» использовали следующие добавки: суперпластификатор СП-1, применяемый в настоящее время на заводе, и гиперпластификатор GLENIUM SKY 505. С целью создания плотной низкопористой структуры в качестве наполнителя применяли тонкомолотый мрамор (микрокальцит).

Результаты экспериментов по созданию гладкой поверхности приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Подбор вида и дозировки добавки-пластификатора

Дозировка добавки	Ср. плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Ср. плотность бетона после ТВО в возрасте 28 суток, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии после ТВО в возрасте 1 сутки, МПа	Прочность при сжатии после ТВО в возрасте 28 суток, МПа	Качество поверхности
1.СП-1, % от массы цемента					
0,9	2390	2350	12,4	20,0	На всей поверхности образца поры разных размеров
1,5	2375	2355	15,7	20,8	На всей поверхности образца поры разных размеров
2,1	2380	2360	19,6	24,3	На всей поверхности образца поры разных размеров, неоднородный цвет поверхности

Окончание таблицы 20

2. GLENIUM SKY 505, % от массы цемента					
0,6	2410	2390	16,5	23,9	Поры сферической формы по углам образца
0,9	2440	2400	20,7	27,4	Гладкая поверхность, однородный цвет
1,2	2460	2410	23,8	30,4	Гладкая поверхность, неоднородный цвет

По полученным результатам был выбран оптимальный состав бетона, свойства которого соответствуют заданным, при этом поверхность бетона гладкая, имеет однородный цвет. Состав бетона приведен в таблице 20.

Таблица 21 – Состав бетона с гладкой поверхностью

Компонент	Расход, кг/м <sup>3</sup>
Щебень Казанцевский фр.5...20 мм	970
Песок Хлебороб	670
Белый цемент ПЦ 400 Д20 (Коркино)	360
Микрокальцит	270
GLENIUM SKY 505	3,24
Вода	180

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31310–2015 Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. – М.: Стандартинформ, 2016 – 22 с.
2. ГОСТ 18979 – 2014 Колонны железобетонные для многоэтажных зданий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015 – 20 с.
3. ГОСТ 19804 – 2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014 – 27 с.
4. ГОСТ 984–84 Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1986 – 18 с.
5. ГОСТ 13579–2018 Блоки бетонные для стен подвалов. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018 – 14 с.
6. ГОСТ 23009 – 2016 Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения (марки). – М.: Стандартинформ, 2016 – 7 с.
7. ГОСТ 21780 – 2006 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности. – М.: Изд-во стандартов, 2007 – 9 с.
8. ГОСТ 13015 – 2012 Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – М.: Стандартинформ, 2014 – 40 с.
9. ГОСТ 7473 – 2010 Смеси бетонные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2011 – 16 с.
10. ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016 – 12 с.
11. ГОСТ 25820 – 2014 Бетоны легкие. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015 – 16 с.
12. ГОСТ 24211–2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016 – 12 с.

13. ГОСТ 6727 – 80 Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1983 – 6 с.

14. ГОСТ 535–2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2005– 12 с.

15. Трофимов, Б.Я. Технология преднапряжённого железобетона: Учебное пособие к курсовой работе для самостоятельной работы студентов / Б.Я. Трофимов – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2003. – 105 с.

16. Трофимов, Б.Я. Технология сборных железобетонных изделий: Учебное пособие / Б.Я.Трофимов – Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2013. – 348 с.

17. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкции: учебное пособие к практическим занятиям / Б.Я.Трофимов – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 86 с.

18. Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий: Учебник для вузов / Ю.М.Баженов.– Стройиздат, 1984. – 672с.

19. ОНТП 07–85 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятия сборного железобетона. – М.: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986.– 52 с.

20. СП 131.13330.2018 Строительная Климатология. – Москва, 2019.– 107 с.

21. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. – Москва, 2016.– 80 с.

22. СП 18.13330.2011 Генеральные планы промышленных предприятий. – Москва, 2011.– 30 с.

23. Нечаев Г.К. Автоматизация технологических процессов на предприятиях строительной индустрии: Учеб. пособие для вузов/ Г.К. Нечаев, А.П. Пух, В.А. Ружичка. - Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979. - 280 с.

24. Нуждин, С.В. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных изделий: учебное пособие к курсовому проекту / С.В. Нуждин, Т.Н. Черных. - Челябинск: Изд-во филиала ЮУрГУ г. Сатка, 2007. - 75 с.

25. Погорелов, С.Н. Организация, планирование и управление предприятиями строительной индустрии: учебное пособие к курсовой работе / С.Н. Погорелов. - Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1994. - 26 с.