

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.....	4
1.1 Характеристика района размещения предприятия.....	4
1.2 Генеральный план и транспорт.....	6
2. НОМЕНКЛАТУРА ВЫПУСКАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	8
1.3 Выпускаемая продукция завода.....	8
1.4 Номенклатура изделия проектируемой линии.....	11
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	22
2.1 Выбор способа производства.....	22
2.2 Структура производственного процесса.....	27
2.3 Режим работы предприятия.....	28
2.4 Технологические расчеты при поточно-агрегатном способе производства железобетонных изделий.....	29
2.5 Расчет состава бетонной смеси.....	33
3. МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ФОРМОВОЧНОГО ЦЕХА.....	34
4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ КАМЕРЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ.....	44
4.1 Общие сведения.....	44
4.2 Выбор режима ТВО.....	45
4.3 Описание ямной пропарочной камеры.....	45
4.4 Исходные данные.....	47
4.5 Теплотехнический расчет тепловой установки.....	47
4.6 Количество камер.....	51
4.7 Материальный баланс камеры.....	52
4.8 Тепловой баланс ямной пропарочной камеры.....	53
5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА.....	55
5.1 Используемые датчики и регуляторы.....	55
5.2 Описание функциональной схемы ямной камеры.....	59
6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	62
6.1 Технологическая схема.....	62
6.2 Описание технологического процесса.....	63
6.3 Продолжительность процессов.....	64
6.4 Посты и крановые операции.....	66

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Лист		3

6.5 Организация труда рабочих на технологической линии.....	70
6.6 Определение уровня механизации и автоматизации.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	75

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
<i>Изм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ доким.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Лат</i>		4

ВВЕДЕНИЕ

Железобетонные безнапорные трубы – это универсальные конструкции, применяемые практически во всех видах строительства: промышленном, гражданском, сельском, гидротехническом, водохозяйственном, железнодорожном и автодорожном. Безнапорные раструбные железобетонные трубы предназначены для прокладки подземных безнапорных трубопроводов глубокого заложения, транспортирующих самотеком бытовые и производственные жидкости, а также атмосферные, сточные воды

В дорожном строительстве данный вид железобетонных труб применяется для организации ливневых канализаций, водостоков. Простота в монтаже и доступность сделали железобетонные трубы одним из основных материалов при решении гидромелиорационных задач.

Коммунальные службы также используют раструбные железобетонные трубы при строительстве и реконструкции канализационных и водосточных коллекторов. Благодаря высоким показателям прочности, долговечности, водонепроницаемости железобетона, применяемого при изготовлении железобетонных труб, достигается высокий ресурс работоспособности водопропускных коммуникаций. Учитывая различные условия применения, железобетонные раструбные трубы могут обладать различными характеристиками прочности.

Качество поверхностей внутренней части раструба позволяет обеспечивать быстроту и технологичность монтажа, а также достигать практически абсолютной герметичности трубопровода, т. к. поверхность обработана методом шлифования.

Гарантийный срок службы труб железобетонных безнапорных и резиновых уплотнителей более 50 лет.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Лист		5

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

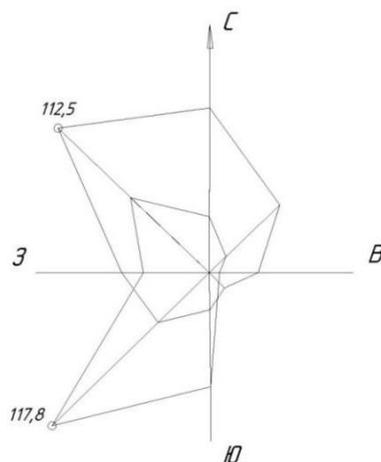


Рисунок 1 – Годовая роза ветров г. Челябинска по многолетним данным

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°C до -28°C
- среднемесячная температура воздуха в июле от $+12^{\circ}\text{C}$ до $+21^{\circ}\text{C}$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лист		6

- 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

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

- снеговая нагрузка – 150 кг/м² (III снеговой район);
- ветровая нагрузка – 30 кг/м² (II ветровая зона).

1. 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 28 м - не более 8 м.

Таблица 2 – Ведомость зданий и сооружений

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док.им.	Подпись	Лист		7

Наименование	Кол.	Площадь, м ²
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
Склад готовой продукции ФЦ№3 (СГП3)	1	

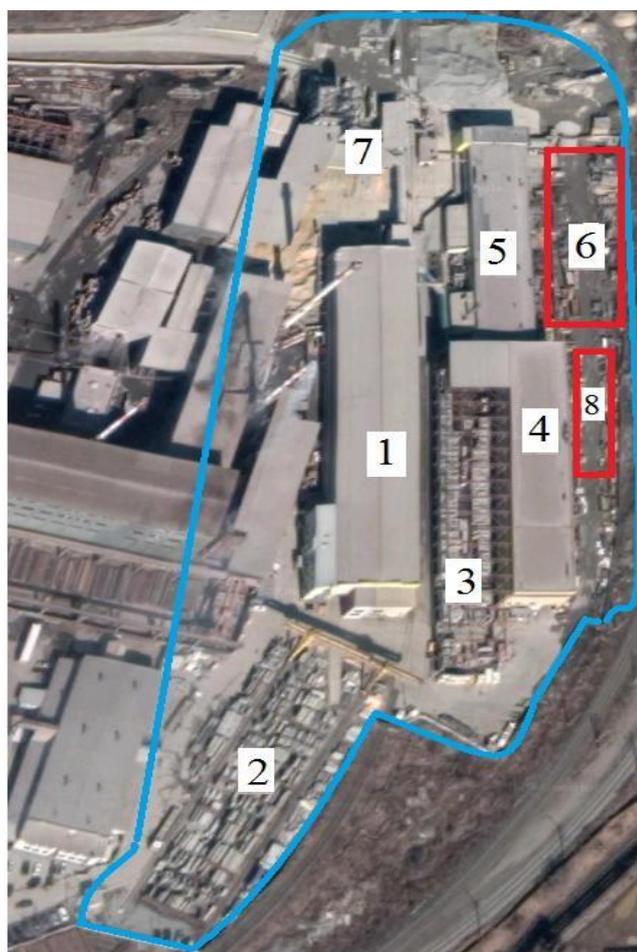


Рисунок 2 – Общий вид предприятия ООО БЕТОТЕК с прилегающими территориями

- 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;

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис.
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лат		8

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.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		9

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.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.им.	Подпись	Лит		10

1. Номенклатура выпускаемых изделий

2. Выпускаемая продукция завода

Трубы безнапорные – трубы, предназначенные для сооружения трубопроводов, по которым транспортируют жидкости самотеком неполным сечением (до 0,95 внутреннего диаметра трубы).

Трубы следует изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 6482 2011 «Трубы железобетонные безнапорные» [2] по технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

Основные параметры и размеры

Геометрические размеры, форма и размеры стыкового соединения, показатели расхода бетона и стали должны соответствовать указанным в рабочих чертежах.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лит		11

Геометрические параметры труб должны соответствовать указанным в рабочих чертежах. Полезная длина труб должна быть кратной 500 мм и быть не менее 2,5 м - для труб диаметром 600-2400 мм. Рекомендуемые основные размеры труб приведены в таблице 1.

Таблица 2.1 – Рекомендуемые основные размеры труб

D _y , мм	Типоразмер трубы	Размеры труб, мм										Справочная масса трубы, т
		Внутренний диаметр d _i	d _e	d ₁	d ₂	Минимальная толщина стенки t	Полезная длина L	L ₁	Глубина раструба, L ₂	L ₃	L ₄	
1200	T1200	1200	1420	1450	1690	110	5000	5110	110	200	135	7,0

Армирование труб, в зависимости от их несущей способности, а также арматурные изделия труб приведены рисунке 2.

Рисунок 2.2 – Армирование труб T1200

Таблица 2.2 – Спецификация арматурных изделий и расход стали (кг) на одну трубу

Марка трубы	Основной каркас				Фиксатор		Изделия арматурные			Всего
	наружный		внутренний				Арматура класса			
	Марка	Количество	Марка	Количество	А-III d 8 мм	А-I d 6 мм	Вр-I d 5 мм			
T1200	КП15	1	КП134	1	Ф1	72	223,4	51,9	2,9	278,2

Резиновые кольца круглого сечения, применяемые для стыковых соединений, изготавливают в соответствии с требованиями нормативно-технической документации (НТД) на эти кольца. Размеры колец в нерастянутом состоянии должны соответствовать указанным в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Размеры резиновых колец для стыков труб

Dy	Размеры резиновых колец для стыков труб, мм	
	Внутренний диаметр	Диаметр поперечного сечения
1200	1240	24

Трубы обозначают марками в соответствии с требованиями ГОСТ 23009[3]. Марка труб состоит из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом. Первая группа содержит обозначение типа трубы, ее диаметр условного прохода в сантиметрах и полезную длину в дециметрах. Во второй группе указывают несущую способность, обозначаемую арабской цифрой. Например: Т 1200.

Тип трубы Т – цилиндрические раструбные со стыковыми соединениями, уплотняемыми герметиками или другими материалами, диаметром условного прохода 1 400 мм, полезной длиной 5000 мм, второй группы по несущей способности (при расчетной высоте засыпки грунтом 4 м).

Таблица 2.3 – Марки и показатели материалоемкости

Марка трубы	Расход материалов	
	Бетон, м ³	Сталь, кг
T1200	2,8	278,2

3. Номенклатура изделия проектируемой линии

Трубы, предназначенные для эксплуатации в условиях действия агрессивной среды, должны удовлетворять дополнительным требованиям, установленным в проектной документации с учетом рекомендаций. Трубы могут применяться на территориях со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки - не ниже минус 40 °С с обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330.2012 "Строительная климатология"[4].

Не допускается применение труб в районах вечной мерзлоты и на территориях с сейсмичностью более 8 баллов по СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах»[5]. На территориях с сейсмичностью 7 и 8 баллов могут применяться только трубы, стыкуемые с использованием резиновых уплотнительных колец.

При укладке труб в просадочных и сильнопросадочных, а также пучинистых грунтах групп III-V необходимо в проектах трубопроводов предусматривать специальные инженерные мероприятия, исключаящие воздействие таких грунтов на трубы.

Трубы рекомендуется изготавливать высокопроизводительными способами вибропрессования и радиального прессования. Допускается применение труб, изготовленных методом уплотнения вибрированием и центрифугированием, при технико-экономическом обосновании и согласовании с потребителем.

Прочностные характеристики труб должны обеспечивать их эксплуатацию при расчетной высоте засыпки грунтом в следующих условиях:

– основание под трубой - грунтовое плоское для труб без с подошвой всех диаметров или грунтовое профилированное с углом охвата 90° - для труб без подошвы диаметром условного прохода Ду более 500 мм;

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		14

– засыпка грунтом плотностью $1,8 \text{ т/м}^3$ с нормальным уплотнением $K_{упл}=0,85:0,92$ по ГОСТ 22733[6] для труб с подошвой всех диаметров или повышенным уплотнением $K_{упл} \geq 0,93$ - для труб без подошвы диаметром условного прохода D_u более 800 мм;

– временная нагрузка на поверхности земли от подвижных транспортных средств класса НК-100 (Н14) по СП 35.13330.2011 Мосты и трубы [7], в т.ч. при совмещении дороги с трамвайными путями.

Трубы должны соответствовать требованиям расчета по предельным состояниям первой и второй групп. При проведении расчетов труб значения нагрузок от грунта рекомендуется определять в соответствии с методикой. В проекте трубопровода с использованием труб, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 6482-2011 «Трубы железобетонные безнапорные»[2], должны быть указания по использованию фасонных элементов (отводов, конических переходников, фитингов). Для труб диаметров более 1000 мм фасонные детали должны отвечать требованиям рабочих чертежей, утвержденных в установленном порядке.

Необходимость установки в трубах закладных монтажных изделий для защиты от электрокоррозии определяется проектной документацией трубопровода. Трубы должны быть прочными и трещиностойкими и при испытаниях их нагружением выдерживать контрольные нагрузки, определенные в соответствии с требованиями ГОСТ 8829 [8] и указываемые в рабочих чертежах труб.

Таблица 2.4 – Характеристики по прочности и трещиностойкости

Диаметр условного прохода D_u , мм	Контрольная равномерно распределенная нагрузка на метр полезной длины трубы, кН/м (тс/м)	
	по проверке прочности	по проверке трещиностойкости
	Группа по несущей способности	
	вторая	вторая
1200	93,2(9,5)	51,3(5,2)

Требования к бетону

Для изготовления труб следует применять тяжелые и мелкозернистые бетоны по ГОСТ 26633 [9] классов по прочности на сжатие не ниже В30.

Качество материалов, применяемых для приготовления бетона, должно обеспечивать выполнение технических требований, установленных настоящим стандартом, и соответствовать требованиям:

- цемент ГОСТ 10178 [10];
- заполнители - ГОСТ 8267 [11] и ГОСТ 8736[12] (наибольшая крупность зерен крупного заполнителя 10 мм);
- вода - ГОСТ 23732[13].

Применение крупного заполнителя с процентным содержанием зерен пластинчатой и игольчатой формы свыше 25% допускается при положительных результатах испытаний труб на водонепроницаемость, прочность и трещиностойкость.

Отпускная прочность бетона должна быть не менее 70% проектной в теплый и 90% - в холодный периоды года.

За холодный период года принимают период, характеризующийся среднемесячной температурой наружного воздуха 0 °С и ниже по СП 131.13330.2012 "Строительная климатология"[4].

Фактическая прочность бетона (отпускная и в проектном возрасте) должна соответствовать требуемой по ГОСТ 18105 [14] в зависимости от нормируемой прочности бетона и показателя достигнутой однородности прочности бетона. Требуемую прочность бетона рассчитывают по формуле: $R_T = K_T \cdot V_{\text{норм}}$, где $V_{\text{норм}}$ – проектный класс прочности бетона (МПа), K_T – коэффициент требуемой прочности.

Водонепроницаемость бетона должна соответствовать марке бетона по водонепроницаемости, установленной проектной документацией на конкретное сооружение, указываться в заказе на изготовление и быть не ниже марки W6 для труб, изготавливаемых методом вибропрессования, и не ниже W4 - для труб, изготавливаемых по другим технологиям.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		16

Морозостойкость бетона должна соответствовать марке бетона по морозостойкости, установленной проектной документацией конкретного сооружения, и указываться в заказе на изготовление труб. Морозостойкость – F₁₅₀.

Водопоглощение бетона труб не должно превышать 6% по массе.

Требования к арматурным сталям и изделиям

Армирование труб осуществляется в соответствии с рабочими чертежами труб, утвержденными в установленном порядке. Для армирования труб используется ненапряженная стальная арматура. Трубы армируются сварными спиральными каркасами: одинарным цилиндрическим или эллиптическим, или двойным цилиндрическим.

Сварные арматурные изделия должны соответствовать требованиям ГОСТ 10922 [15] и ГОСТ 14098 [16]. Допускается изготовление двухзаходной спирали при условии обеспечения замкнутого витка на концах каркаса.

Спиральную и продольную арматуру цилиндрических и эллиптических каркасов следует сваривать между собой в каждом пересечении или через одно пересечение при обязательном шахматном расположении сварных соединений. Форма и размеры арматурных и закладных изделий должны соответствовать указанным в рабочих чертежах.

Для каркасов труб следует применять арматурные стальные стержни класса А400 (АIII) и А240 (AI) по ГОСТ 5781 [17] и арматурную проволоку класса Вр-I по ГОСТ 6727 [18].

Для изготовления закладных изделий для защиты труб от электрокоррозии следует применять арматурные стали и прокат в соответствии с действующими нормативными документами и технической документацией.

Отклонения от номинального диаметра каркаса не должны превышать ±8 мм – для труб диаметром свыше 1000 мм.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лат		17

Отклонения от номинальной длины каркаса и шага спиральной арматуры не должны превышать ± 5 мм. Отклонения по числу шагов спиральной арматуры не должны превышать ± 1 .

Требования к стыковому соединению труб и материалам, применяемым для их герметизации

Конструкция стыкового соединения должна обеспечивать его герметичность и неразъемность в процессе эксплуатации. Для герметизации стыковых соединений труб применяют уплотнительные кольца из эластомерных материалов, например резины круглого или трапециевидного сечения, герметики и другие материалы, соответствующих требованиям действующих на них нормативных документов.

Минимальный номинальный размер зазора между стыковыми поверхностями труб должен быть не менее 14 мм - для труб диаметром 1000-1500 мм.

Номинальный диаметр (толщина) уплотнительных колец должен быть таким, чтобы после монтажа труб (с учетом допускаемых отклонений размеров стыкуемых поверхностей раструба и втулки) обеспечивалось сжатие уплотнительной манжеты круглого сечения от 25% до 45% номинального диаметра, а манжеты специального сечения - от 25% до 50% ее толщины.

Удлинение уплотнительного кольца при натяжении (после установки) должно составлять от 5% до 10%. Твердость материала уплотнительных манжет по Шору должна быть от 40 до 50 единиц.

Стыковое соединение труб должно обеспечивать поворот трубопровода на угол не менее $1^{\circ}30'$.

Дополнительные требования к трубам, предназначенным для эксплуатации в агрессивной среде

Комплектующие уплотнительные материалы для труб, предназначенных для эксплуатации в условиях воздействия агрессивной и биологически активной среды, должны соответствовать дополнительным

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	лис
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лист		18

требованиям, установленным в проектной документации в соответствии с ГОСТ 31384 [19].

Трубы, применяемые в канализационных коллекторах с сильно агрессивной средой, должны иметь внутреннее защитное покрытие, вид и технические характеристики которого должны соответствовать установленным в рабочих чертежах или проектной документации и указанным в заказе на изготовление труб.

В трубах, применяемых в канализационных коллекторах, транспортирующих сильноагрессивные жидкости, а также при наличии в них средне- и сильноагрессивной газовой среды, используемый в качестве внутреннего защитного покрытия материал в виде полимерных чехлов должен обладать химической стойкостью не ниже, чем у полиэтилена (PE) по ГОСТ 16338 [20] или полипропилена (PP) по ГОСТ 26996[21] и иметь толщину листа от 3 мм и более.

Для надежного механического закрепления чехлов в бетоне лист должен иметь дискретные (точечные) анкерующие элементы высотой 10-15 мм, расположенные в шахматном порядке в количестве не менее 300 и не более 500 шт. на 1 м² поверхности покрытия, и отвечать требованиям технических условий на полимерные листы, действующих на территории государства, принявшего ГОСТ 6482-2011 «Трубы железобетонные безнапорные»[2].

Требования к точности изготовления труб

Значения фактических отклонений геометрических размеров труб не должны превышать предельных отклонений, указанных в таблице 2.5.

Таблица 2.51 – Отклонения геометрических размеров труб

Диаметр условного прохода Ду, мм	внутреннего диаметра трубы d _i	толщины стенки трубы t	длины трубы L ₁	наружного диаметра втулочного конца труб типов: Т и ТП	внутреннего диаметра раструба труб типов	глубины раструба трубы L ₂	диаметра конусной части фальцев d ₁ , d ₂ , d ₃ , d ₄	глубины фальцев L ₂ , L ₃
					Т и ТП d ₁			
					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ			
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лист				
					19			

приведенным в СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [27].

Помещения, в которых ведутся работы по производству труб, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией в соответствии с ГОСТ 12.4.021 [28], содержание выделяемых вредных веществ в концентрациях, не превышающих предельно-допустимые концентрации (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений - в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.548-96 [29]. Помещения должны быть обеспечены питьевой водой по ГОСТ 23732 [13] и оснащены в соответствии с требованиями СП 131.13330.2012 "Строительная климатология" [4]. Производственное оборудование должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003 [30], ГОСТ 12.3.002 [31], ГОСТ Р 12.1.019 [32], ГОСТ 12.1.030 [33].

Эквивалентный уровень звука в производственных помещениях должен быть не более 80 дБА в соответствии с требованиями СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [34] «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы».

Нормы радиационной безопасности должны соответствовать требованиям СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009" [35]. Радиационно-гигиеническую оценку материалов, применяемых для изготовления труб, проводят по документам о качестве, выдаваемым предприятиями-поставщиками этих материалов. Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в трубах, применяемых в пределах населенных пунктов и зон перспективной застройки, должна быть не более 740 Бк/кг, а применяемых вне населенных пунктов - не более 1350 Бк/кг.

К работе по производству труб допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие предварительный медицинский осмотр, а также профессиональную подготовку, вводный инструктаж по технике

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		23

безопасности труда, производственной санитарии. Периодичность проведения инструктажей на рабочих местах и проверка знания рабочих по охране труда и безопасному ведению процессов - не реже одного раза в 6 мес.

С целью охраны атмосферного воздуха от загрязнения должен быть организован постоянный контроль соблюдения предельно допустимого выброса и концентрации (ПДВ и ПДК) вредных веществ, утвержденных в установленном порядке в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02 [36] .

Производство труб методом вибропрессования, радиального прессования и вибрирования является безотходным. При производстве труб методом центрифугирования должны быть приняты меры по утилизации шлама, например, добавлением его в состав бетонной смеси.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Лист		24

Технологическая часть

4. Выбор способа производства

Изготовление железобетонных труб осуществляется по трем технологиям: центрифугирование, высокочастотное виброформование, радиальное прессование.

Вибропрессование – современный способ формовки и уплотнения бетонной смеси. В настоящее время, данный способ производства труб является наиболее распространенным, т.к. имеет ряд достоинств: высокая производительность, стабильное качество, потребность в минимально возможном количестве персонала и производственных площадях, автоматическое, машинное управление процессами.

Принцип работы:

Арматурный каркас помещается в металлоформу трубы, металлоформа состоит из двух элементов: внешняя опалубка и поддон. На лежащий на полу поддон устанавливается арматурный каркас (перпендикулярно земле), далее на поддон с каркасом устанавливается внешняя опалубка, конструкция закрепляется.

Металлоформа в собранном виде (поддон + каркас + внешняя опалубка) помещается на сердечник.

В собранную конструкцию подается бетон, работает вибростол, бетон уплотняется. Подача бетона останавливается автоматически в соответствии с настройками оборудования для конкретного типа трубы.

После завершения подачи бетона, бетоноукладчик перемещают в сторону, а на его месте размещается специальная прессующая головка, которая оказывает дополнительное воздействие, бетон уплотняется при работе вибростола и усилие прессующей головки одновременно.

После окончания формовки, заполненная форма снимается с сердечника и перемещается на площадку набора прочности.

На площадке происходит распалубка формы, свежесформованная труба остается стоять на поддоне в зоне набора прочности, а внешнюю опалубку вновь применяют для формовки следующей трубы.

Плюсы метода вибропрессования:

- Малые затраты на металлоформы
- Высокая производительность, количество выпускаемой продукции зависит от наличия поддонов для конкретного типа труб
- Экономичность, нет необходимости применения пропарочной камеры, минимальное количество рабочей силы, нет изнашивающихся элементов, долгий срок эксплуатации всех элементов.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		25

- Высокое качество товара, формовка происходит в автоматическом режиме.
- Возможность производства труб с футеровкой
- Возможность производства труб разного диаметра в одну смену. Если на предприятии установлена двух постовая установка, то в одну смену можно изготавливать два разных диаметра труб. Это очень удобно, завод может наиболее оперативно обрабатывать заказы.
- Небольшое время формовки одного изделия, 5-10 минут.

Радиальное прессование – самый высокопроизводительный способ изготовления железобетонных труб. Цикл формовки одной трубы занимает 2 – 5 минут. Инновационная технология, уплотнение бетона происходит методом вдавливания, без вибрационного воздействия. Вибрирование применяется только при формировании раструбной части трубы.

Основные процессы:

Сборка формы, аналогично методу вибропрессования. Арматурный каркас помещается в металлоформу трубы, металлоформа состоит из двух элементов: внешняя опалубка и поддон. На лежащий на полу поддон устанавливается арматурный каркас (перпендикулярно земле), далее на поддон с каркасом устанавливается внешняя опалубка, конструкция закрепляется.

Металлоформа в собранном виде (поддон + каркас + внешняя опалубка) помещается под вал, на котором закреплена роликовая головка. Роликовая головка соответствует конкретному диаметру труб. На каждый диаметр – отдельная роликовая головка.

Формовка. Роликовая головка опускается на дно формы и в этот момент происходит подача первой части бетонной смеси. Этот процесс сопровождается работой вибраторов, идет формирование раструбной части. Далее вибраторы отключаются и происходит равномерная подача основного объема бетона. Смесь попадает внутрь трубы, на роликовую головку, которая вдавливает бетонную смесь при помощи центробежных сил, возникающих при вращении, вращающейся головка перемещается снизу вверх уплотняя, попадающую на нее сверху бетонную смесь.

После окончания формовки, заполненная форма снимается и перемещается на площадку набора прочности при помощи погрузчика.

Разборка формы, аналогично методу вибропрессования. На площадке происходит распалубка формы, свежеформованная труба остается стоять на поддоне в зоне набора прочности, а внешнюю опалубку вновь применяют для формовки следующей трубы.

Плюсы метода радиального прессования:

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		26

- Малые затраты на металлоформы
- Очень высокая производительность, количество выпускаемой продукции зависит от наличия поддонов для конкретного типа труб, время формовки трубы 2 минуты
- Условная экономичность, нет необходимости применения пропарочной камеры, минимальное количество рабочей силы
- Высокое качество производимых труб, формовка происходит в автоматическом режиме.

Минусы технологии радиального прессования:

- Очень высокая стоимость оборудования
- Необходимость оснащения производства дорогостоящей погрузочной техникой, используемой для перемещения труб в процессе производства
- Короткий срок эксплуатации изнашиваемых элементов роликовых головок. В процессе эксплуатации, под действием постоянного трения, происходит быстрый износ металлических накладок. Это расходный материал, который существенно влияет на себестоимость продукции
- Нет возможности одновременного производства двух разных диаметров труб. В одну смену можно производить только один тип труб
- Трудоемкий процесс переналадки оборудования при переходе с одного диаметра на другой, требующий серьезной потери времени, переналадка занимает 4-8 часов. В месяц, на линии которая производит несколько диаметров труб 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 мм, на переналадку может уйти 4-6 дней. Для недопущения возникновения дефицита определенного типа труб, завод должен располагать серьезными складскими территориями
- Высокие требования к заполнителям, сырью. Для нормальной работы машины и обеспечения надлежащего качества продукции необходим тщательный подбор, и постоянный контроль качества сырья.

Центрифугирование можно назвать старейшим методом производства труб. По данной технологии произведено огромное количество трубной продукции. Основным достоинством этой технологии является возможность производства длинных труб, длиной до 5,5 метров.

Принцип работы:

Арматурный каркас помещается в металлоформу трубы

Металлоформа помещается в центрифугу, чаще всего это ременная центрифуга, форма укладывается на ремни, и находится в подвешенном положении.

Центрифуга включена, начинается вращение формы

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		27

Специальным приспособлением (бетоноукладчик, конвейерного типа) начинается подача бетона внутрь вращающейся оснастки.

Происходит подача необходимого количества бетона, под действием центробежной силы бетон уплотняется и равномерно распределяется по форме.

При достижении необходимого уплотнения бетонной смеси, процесс останавливается, металлоформа (сформованная труба) перемещается в пропарочную камеру для набора прочности бетона.

Плюсы метода центрифугирования:

- Возможность производства труб длиной 5,00 м
- Возможность производства труб разного диаметра в одну смену

Минусы при центрифугировании:

- Высокое потребление энергии для обеспечения процесса производства труб, необходимость тепловой обработки труб в пропарочной камере
- Много ручного труда, требуется большое количество сотрудников.
- Нет возможности производства труб с футеровкой

В настоящее время на заводе изготавливают железобетонные трубы на поточно-конвейерной линии с помощью центрифугирования. Не смотря на свои недостатки, в виде малой автоматизации производства, эта технология на данный момент является наиболее эффективной.

5. Структура производственного процесса

Технологическая линия для производства труб центрифугированием состоит из:

- установки для арматуры;
- каркасно-сварочной машины для изготовления арматурных каркасов;
- поста сборки арматурных каркасов;
- поста чистки и смазки форм;
- поста формования изделий;
- Поста маркировки;
- стенда для испытания труб на внешнюю нагрузку;
- ямной камеры;
- поста распалубки и доводки изделий.

Процесс изготовления труб начинается со сбора форм, при этом насаживается обечайка для образования фасонной части раструба и гладкого

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		28

конца. Собранная форма поступает на пост армирования, после чего ее устанавливают на центрифугу. Формы загружают смесью ленточным питателем. После распределения первого слоя питатель отводят за ее пределы и увеличивают скорость центрифуги; аналогично укладывают и уплотняют следующие слои бетона. При повышении скорости до 380 об/мин бетон уплотняется и химически связанная вода удаляется через фильтрующее полотно, которым выкладывается форма изнутри.

При вращении центрифуги внутрь формы с помощью ленточного питателя или ложечного бетоноукладчика подают бетонную смесь, которая ложится ровным слоем по всей поверхности формы. После укладки бетона формы с изделием с помощью крана устанавливают раструбом вниз в вертикальном положении на пост пропаривания.

Далее изделие перевозится мостовым краном, который транспортирует готовые изделия при необходимости на пост отделки, где производится шпаклевка, шлифовка поверхности, кромок от наплывов бетона, устранение дефектов, ремонт сколов. Затем на промежуточный склад, где изделия проходят контроль и маркировку.

Изделия после снятия с формовочных линий до вывоза на склад выдерживают в помещении формовочного цеха не менее 12 часов. Склад готовой продукции представляет собой открытую забетонированную площадку с мостовым краном. Через склад проходят автомобильные и железнодорожные пути для вывоза изделий. Вывоз изделий на открытый склад готовой продукции осуществляется самоходной тележкой.

6. Режим работы предприятия

В соответствии с требованиями ОНТП 07-85 [50] принимается номинальное количество рабочих суток в году – 260, количество рабочих смен в сутки для тепловой обработки – 3, продолжительность рабочей смены, 8– ч

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		29

Фактическое число рабочих суток в году определяется как номинальное количество рабочих суток в году за вычетом длительности плановых остановок на ремонт.

Таблица 3.1 – Фактическое число рабочих суток в году

Технологические линии и основное оборудование	Длительность плановых остановок, сут	Число рабочих суток в году
Линии по производству безнапорных и малонапорных труб методом вертикального и горизонтального формования	10	250

Примечание: продолжительность плановых остановок включает переналадку и замену форм, осуществляемую в течение смены на специализированных постах.

При проектировании формовочных цехов используют следующие требования ОНТП–07–85 [50]:

- Запас в формовочном цехе арматурных сеток и каркасов, в т.ч. пространственных, столярных изделий, утеплителя, отделочных материалов на линиях формования создается на 4-х часовую потребность.
- Усредненная масса арматурных изделий, размещаемых горизонтально на 1 м² площади при хранении в формовочном цехе (с учетом проходов) из стали диаметром до 12 мм – 0,01т.
- Высота штабеля для хранения резервных форм в цехе не более 2,5м.
- Количество резервных форм на ремонт – индивидуальных 5%.
- Площадь для складирования форм и оснастки: на каждые 100 т форм, находящихся в эксплуатации – 20 м².
- Площадь для текущего ремонта форм на 100 т форм, находящихся в эксплуатации – 30 м².
- Отходы и потери бетонной смеси при ее транспортировании и формовании изделий – 1,5%, в том числе утилизируемые – 1,0%, безвозвратные – 0,5%.
- Расход смазки на 1 м² развернутой поверхности форм – 0,2кг.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		30

- Количество изделий, подвергаемых устранению дефектов от общего количества выпуска – 5%.
- Объём некондиционных железобетонных и бетонных изделий, подвергаемых утилизации – 0,7%.
- Максимальная длительность выдержки бетонных смесей от момента ее выгрузки из смесителя до укладки в форму: тяжелых и легких конструкционных 45 минут.

7. Технологические расчеты при поточно-агрегатном способе производства железобетонных изделий

Поточно-агрегатный способ производства применяется для мелко-серийного производства железобетонных изделий длиной до 12 м, шириной до 3 м, высотой до 1 м. Изделия формируют на виброплощадках, или с помощью специальных агрегатов, технологические операции осуществляются на специализированных постах в переносных формах, которые последовательно передаются с поста на пост с помощью транспортного или грузоподъемного оборудования.

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

$$P = 60 K_{исп} * V_p * h * V / t, \quad (1)$$

где $K_{исп}$ – коэффициент использования оборудования, $K_{исп} = 0,94$; V_p – число рабочих суток в году; h – число рабочих часов в сутки; V – объём бетона в твердом теле изделия, m^3 ; t – продолжительность цикла формования i -того изделия, мин.

$$P = 60 * 0,94 * 250 * 23 * 2,8 / 20 = 45402 m^3 / год$$

Максимальная продолжительность цикла работы поточно-агрегатных линий по ОНТП-07-85 [50] приведена для изделий до 6 м и объемом бетона в одной формовке 1,5...3,5 m^3 – 20 минут.

Необходимое число ямных камер периодического действия M_k на

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		31

технологическую линию при 3-х сменном режиме формования определяется:

$$M_k = 60 \cdot h \cdot T_k / 24 \cdot t_i \cdot m, \quad (2)$$

где m – число размещаемых форм с изделиями в одной камере; T_k – средняя продолжительность одного оборота камеры, час. T_k определяется по циклу загрузки камеры (t_k) и продолжительности тепловой обработки.

Цикл загрузки определяется:

при загрузке с одного формовочного поста: $t_k = t_i \cdot m = 20 \cdot 8 = 160$, (3)

$$M_k = 60 \cdot 23 \cdot 12,8 / 24 \cdot 20 \cdot 8 = 5$$

Общее число форм для одной технологической линии (шт), оснащенной ямными пропарочными камерами, определяется:

$$N = j (M_k \cdot m + a + b + 1), \quad (4)$$

где j – коэффициент, учитывающий резервное число форм на ремонт, $j = 1,05$ для индивидуальных форм; a, b – число форм, находящихся на посту формования и на постах распалубки, чистки, смазки, армирования и отделки, m – число размещаемых форм с изделиями в одной камере.

$$N = 1,05 \cdot (5 \cdot 8 + 6 + 6 + 1) = 56 \text{ шт.}$$

Среднее время одного оборота формы T_f в часах при агрегатно-поточном производстве определяется:

$$T_f = \sum t_n / 60, \quad (5)$$

где $\sum t_n$ – продолжительность пребывания формы на всех технологических постах, мин.

Для синхронизированного производства: $\sum t_n = t_i \cdot h$, (6)

где t_i – продолжительность цикла формования, мин; h – количество постов на технологической линии.

$$\sum t_n = 20 \cdot 8 = 160$$

$$T_f = 160 / 60 = 2,7 \text{ часа.}$$

Пропускная способность камеры тепловой обработки ямного типа определяется:

$$П = \sum C_1 \cdot V_2 \cdot K_1 \cdot V_p, \quad (7)$$

где C_1 – число оборотов камеры в сутки, $C_1 = 24 / T_k = 24 / 12,8 = 1,88$;

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		32

V_2 – объём одной камеры тепловой обработки, m^3 ; K_1 – коэффициент загрузки камеры твердения, $K_1 = m_{q_i} / V_2 = 8 \cdot 2,8 / 54 = 0,4$; q_i – объём одного изделия, m^3 .

$$\Pi = 1,88 \cdot 54 \cdot 0,4 \cdot 250 = 10152.$$

Съём продукции в m^3 с $1m^3$ объёма камеры в 1 сутки:

$$C_1 = 24 \cdot K_1 / T_k = 24 \cdot 0,4 / 11,8 = 0,8, \quad (8)$$

а съём продукции с $1m^3$ объёма камеры в год:

$$C_2 = C_1 \cdot V_p = 0,8 \cdot 250 = 203, \quad (9)$$

C_2 является величиной нормируемой и должна быть не менее $60 \dots 130 m^3/m^3$.

При определении габаритов и объёма камеры ямного типа исходят из следующих предпосылок: глубина камеры, как правило, не более $2,8m$ во избежание значительных перепадов температуры, зазоры между формами с изделиями $4 \dots 6cm$, между формами и полом или потолком камеры $8 \dots 10cm$, зазоры между стенками камеры и формами $10 \dots 15cm$.

8. Расчет состава бетонной смеси

а. Средний уровень прочности

В зависимости от $V_{\Pi} = 8\%$ средний уровень прочности определяется формуле:

$$R_y = R_T \cdot K_{мп} = B_H \cdot K_T \cdot K_{мп}$$

Где R_T – потребности в силе, Мпа;

B_H – нормируемая по классам прочность, (38 Мпа);

K_T – коэффициент требуемой прочности, $K_T = 1,09$;

$K_{мп}$ – коэффициент, зависящий от среднего за анализируемый период коэффициента вариации V_{Π} ($K_{мп} = 1,07$).

$$R_y = 38 \cdot 1,09 \cdot 1,07 = 44,3 \text{ МПа}$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		33

б. Цементно-водное отношение(Ц/В)
(Ц/В)₁, обеспечивающее средний уровень прочности бетона в возрасте суток нормального твердения:

$$\frac{Ц}{В_1} = \frac{(R_y - 0,06R_{ц} + 10)}{(0,24R_{ц} + 10)}$$

Где R_ц- предел прочности цемента при сжатии в возрасте 28 суток, МПа.
По ГОСТ 10178-85 для ПЦ 500 Д-0 принимаем В_ц= 49.0 МПа.

$$\frac{Ц}{В_1} = \frac{(44,3 - 0,06 \cdot 49 + 10)}{(0,24 \cdot 49 + 10)} = \frac{51,36}{21,76} = 2,3$$

где R_{цп} — предел прочности при сжатии после пропаривания, МПа.
Согласно ГОСТ 10178-85 для ПЦ I группы R_{цп} = 32 МПа.

$$\frac{Ц}{В_2} = \frac{(44,3 \cdot 0,7 + 0,37 \cdot 32 + 3,22)}{(0,43 \cdot 32 + 5,6)}$$

Из двух значений Ц / В выбираем большее (Ц / В₂ = 2.4) и принимаем его для выбора исходного состава бетона.

Необходимо также учесть водопоглощение крупного заполнителя, так как оно более 0,5% по массе (7%). При всасывании воздуха 4% принятое значение Ц /В увеличивается на 0.02.

$$\frac{Ц}{В} = 2,4 + 0,02 = 2,42$$

Для исходного состава бетона количество необходимой воды для затворения берется исходя из заданной технологичности бетонной смеси, типа и наибольшего размера заполняющего материала.

При прогнозируемой подвижности бетонной смеси, соответствующей осадке конуса 1-4 см и крупности щебня 10 мм, расход воды составляет 200 литров на 1 м³. Поскольку Д /В не меньше 1.25 и не больше 2.5, расход воды не меняется. В качестве мелкого наполнителя используется песок Мк = 2.0 - расход воды не меняется.

В=200л на 1м³ бетонной смеси.

3.5.4. Расход цемента

$$Ц_p = В \cdot ЦВ,$$

$$Ц_p = 200 \cdot 2,42 = 484 \text{ кг}$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лит		34

Расчетный расход цемента ЦР сравнивается с минимально допустимым по ГОСТ 26633-91 Ц_{мин}. Расход цемента Ц_{мин} = 220 кг и с элементарными нормативами расхода ЦЭ, приведенными в СНиП 82-02-95. В этом случае должно выполняться условие:

$$Ц_{мин} \leq ЦР \leq ЦЭ$$

$$ЦЭ = Цб * K$$

Где Цб - базовые нормы расхода цемента, кг;

К— корректирующий коэффициент.

Цб=580 кг для бетона класса В40 и отпускной прочностью 70 %

На каждый 1 кубометр бетонной смеси кг рассчитайте расход цемента в исходном составе бетона:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_i,$$

где $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_i$ – коэффициенты зависящие от свойств материала.
 $K_1 = 0,92$ для бетонов классов В30 и более и отпускной прочности 70–80 %;

$K_2 = 1,05$ для цементов с плотностью 27–30 %;

$K_3 = 1$ для цементов II группы эффективности при пропаривании; $K_4 = 1$ для бетона на щебне;

$K_5 = 1,07$ при наибольшей крупности заполнителя 10 мм;

$K_6 = 1$ для щебня с содержанием зерен лещадной и угловатой формы 25–35 %;

$K_7 = 1$ для бетона с использованием песка $M_k = 2,5$;

$K_8 = 1$ при использовании в качестве мелкого заполнителя природных песков;

$K_9 = 1$ для бетонных смесей с ОК 1-4 см;

$K_{10} = 1$ при использовании бетонной смеси температурой до 25°C;

$K_{11} = 1,08$ при изготовлении железобетонных конструкций

$$K = 0,92 * 1,05 * 1,07 * 1,08 = 1,12$$

$$ЦЭ = 580 * 1,12 = 649,6$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лит		35

$$220 \leq 484 \leq 649,6$$

3.5.5 Расход добавок

Расчетное количество цемента находится в допустимом диапазоне, но для обеспечения коррозионной стойкости рекомендуется добавлять в бетонную смесь микрокремнезем. Количество необходимого цемента может быть уменьшено на 20% без потери прочностных характеристик, а количество воды, необходимой для перемешивания, может быть увеличено до 25%. С этой добавкой водостойкость продукта снижается на 50% и повышается сульфатостойкость. Кроме того, изделие обладает определенной степенью износостойкости.

Чтобы снизить водопотребность и сохранить подвижность бетонной смеси, необходимо вместе с микрокремнеземом добавить пластификатор.

Когда эти две добавки используются в сочетании друг с другом, пластификатор будет препятствовать затвердеванию, и порошок кремния будет ускоряться.

Добавьте в бетонную смесь следующие добавки:

- Пластификатор GleniumSky 505 с дозировкой 1,2% от массы цемента;
- Доля 10% от массы цемента, микрокремнезем МК-65.

После этого добавленная масса составляет:

$$D = 484 * 0,112 = 54,2 \text{ кг}$$

Масса цемента

$$C = 484 * 0,8 = 387,2 \text{ кг}$$

В нашем случае используется цемент, содержащий 10% микрокремнезема, тогда:

$$C = 387,2 + 0,1 * 387,2 = 387,2 + 38,72 = 425,92 \text{ кг}$$

Количество воды уменьшается за счет добавления пластификатора, что значительно снижает расход воды для затворения.

$$B = 200 * 0,8 = 160 \text{ кг}$$

Цементно-водное отношение = 2,6

									Лис
									36
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам	08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ				

Поскольку использовалась воздухововлекающая добавка, обеспечивающая 40 л (4%) равномерно распределенных пузырьков воздуха в бетонной смеси, объем бетонной смеси будет $1000 \text{ л} - 40 \text{ л} = 960 \text{ л}$

Тогда абсолютный объем заполнителя будет

$$V_3 = 960 - \frac{C}{\rho_c} - \frac{B}{\rho_b} - \frac{D}{\rho_d}$$

$$V_3 = 960 - \frac{425,4}{3,1} - \frac{160}{1} - \frac{54,2}{1,006} = 608,9 \text{ м}^3$$

3.5.6 Расчет количества крупного и мелкого заполнителя

Поскольку щебень НС составляет 10 мм, расход цемента 425,4 кг для песка рассчитывается методом интерполяции на основе значений γ для щебня НС. $\gamma = 0,38$. При M_k песка 2,5 его доля увеличивается $\gamma = 0,38 + 0,03 = 0,383$

Количество мелкого заполнителя (песка)

$$608,9 * 0,383 * 2,65 = 618 \text{ кг}$$

Количество крупного заполнителя (щебня):

$$608,9 * 0,617 * 2,7 = 1014,4 \text{ кг}$$

3.5.8 Расход материалов по массе на 1 м³ уложенной и уплотненной бетонной смеси.

- Цемент 425,4 кг
- Песок 618 кг
- Щебень 1014,4 кг
- Вода 160 кг
- Добавка 54,2 кг

3. Механическое оборудование формовочного цеха

9. Расчет производительности

центрифуги $L=5000 \text{ мм}$,

$d=1200 \text{ мм}$,

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лат		37

$b=110$ мм,

$l_p=110$ мм,

Низд=7,0 т,

$V_{бет}=2,8$ м³,

где L — длина изделия, мм; d — внутренний диаметр трубы, мм; b — толщина стенки трубы, мм; l_p — длина раструбной части трубы, мм; Низд — масса изделия, т.

Время формования — 40 — 45 минут на одно изделие.

Производительность определяется по формуле:

$$P = Q \cdot V_{бет},$$

где P — производительность, м³/ч; Q — количество изделий в час, шт/ч;

Количество изделий в час:

$$Q = 1,5 \text{ шт/ч.}$$

Подставляем данные в формулу производительности:

$$P = 1,5 \cdot 2,8 = 4,2 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Критическая угловая скорость определяется согласно выражению:

$$n_{кр} = 4,4 \sqrt{d} \text{ рад/с}, \quad (1)$$

где d — внутренний диаметр трубы или изделия круглой формы, изготавливаемого методом центрифугирования, м.

Подставляем данные в формулу (1):

$$n_{кр} = 4,4 \sqrt{1200 \cdot 10^{-3}} = 4,017 \text{ рад/с.}$$

Угловая скорость вращения формы, необходимой для распределения бетонной смеси определяется по формуле:

$$n_p = k_1 \cdot n_{кр} \text{ рад/с}, \quad (2)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий повышение скорости вращения центрифуги для обеспечения равномерного распределения бетонной смеси по поверхности формы без ее расслаивания, $k_1 = 1,4 \dots 1,9$.

Подставляем данные в формулу (2):

$$n_p = 1,65 \cdot 4,017 = 6,627 \text{ рад/с.}$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лам		38

Угловая скорость центрифуги определяется по формуле:

$$m\omega = 1,73 \cdot \sqrt{q \cdot Rq \cdot (R^3 - r^3)}, \text{ рад/с}, \quad (3)$$

где q – давление от действия центробежных сил, которые приходятся на единицу наружной поверхности трубы, Па,

$$q = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

R – внутренний радиус формы или наружный радиус трубы:

$$R = d/2 + b, \text{ м}, \quad (4) \quad r = d/2, \text{ м}, \quad (5)$$

b – толщина стенок трубы, м; q – плотность бетонной смеси, $q = 2400 \text{ кг/м}^3$.

Подставляем данные в формулы (3) – (5):

$$R = (1200/2 + 110) \cdot 10^{-3} = 0,71 \text{ м},$$

$$r = 1200/2 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ м},$$

$$m\omega = 1,73 \cdot \sqrt{1,0 \cdot 10^5 \cdot 0,71 \cdot 2400 \cdot (0,71^3 - 0,6^3)} = 24,978 \text{ рад/с}.$$

Так как значение $m\omega$ больше значения $m\omega_{кр}$, тогда в формулы расчета мощности двигателя центрифуги и окружной скорости вращения центра тяжести ребер необходимо подставить значение $m\omega_{кр}$, т.к. угловая скорость центрифуги не должна превышать критическую:

$$m\omega = m\omega_{кр} = 4,017 \text{ рад/с}.$$

Мощность двигателя центрифуги определяется по формуле:

$$N = M \cdot \omega \cdot 1000 \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (6)$$

где η – КПД привода центрифуги, $\eta = 0,9$; M – суммарный момент сопротивления вращению формы, приведенный к валу двигателя, Н·м

$$M = M_1 + M_2, \text{ Н·м}, \quad (7)$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		39

$M1$ – момент трения опорных роликов по бандажу, Н·м

$$M1 = Rб \cdot W0, \text{Н} \cdot \text{м}, \quad (8)$$

$Rб$ – радиус бандажной формы, м; $W0$ – сила сопротивления опорных роликов, Н

$$W0 = G \cos(\beta^2) \cdot (2 \cdot f_2 Dp + \mu \cdot dц Dp), \text{Н}, \quad (9)$$

G – вес формы с бетоном, Н; β – центральный угол между линиями, соединяющими оси вращения бандажной формы и роликов, $\beta = 120^\circ$; f_2 – коэффициент трения качения роликов по бандажу, $f_2 = 0,0008$; Dp – диаметр опорных роликов, м; μ – коэффициент трения в цапфах роликов, $\mu = 0,005$; $dц$ – диаметр цапфы роликов, м; $M2$ – момент трения формы о воздух, Н·м

$$M2 = k \cdot F \cdot Rp \cdot \rhoв \cdot v^2, \text{Н} \cdot \text{м} \quad (10)$$

k – коэффициент обтекания для воздуха, $k = 0,07 \dots 0,1$; F – суммарная площадь продольных ребер формы и ребер фланцев, м², $F = 3 \dots 5$ м²; Rp – радиус центра тяжести поверхности ребер, м, $Rp \approx 0,9 \cdot Rб$; $\rhoв$ – плотность воздуха, $\rhoв = 1$ кг/м³; v – окружная скорость вращения центра тяжести ребер, м/с

$$v = \omega \cdot R, \text{м/с}. \quad (11)$$

Производим расчёты для определения мощности электродвигателя центрифуги:

$$Rб = 0,8 \text{ м},$$

$$G = 9000 \cdot 9,81 = 88290 \text{ Н},$$

$$Dp = 0,1 \text{ м}, \quad dц = 0,05 \text{ м},$$

$$Rp = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72 \text{ м},$$

$$F = 5 \text{ м}^2,$$

$$W0 = 88290 \cos(120^\circ)^2 \cdot (2 \cdot 0,0008 \cdot 0,1 + 0,005 \cdot 0,05 \cdot 0,1) = 3266,73 \text{ Н},$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лам		40

$$M1=0,8 \cdot 3266,73=2613,384 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$v=4,017 \cdot 0,71=2,852 \text{ мс},$$

$$M2=0,1 \cdot 5 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 2,8522=2,928 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M=2613,384+2,928=2616,312 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$N=2616,312 \cdot 4,0171000 \cdot 0,9=11,676 \text{ кВт}.$$

Общий вид свободнороликовой центрифуги для формования безнапорных труб большого диаметра длиной до 5 м представлен на рис. 1.

В таких центрифугах форма 1 свободно устанавливается своими бандажами на ведущие 2 и ведомые 9 ролики, подшипники которых крепятся на опорной раме. Прижимные ролики 7, смонтированные на поворотной стойке 8, предотвращают возможность соскакивания бандажей формы с роликов 2 и 9 при вращении формы. Подъем и опускание формы производятся гидроподъемником 6, когда прижимные ролики 7 поворотной стойкой 8 отведены в сторону от формы. Привод центрифуги осуществляется от электродвигателя постоянного тока 3 через цепную передачу 14. Вал с установленными на нем ведущими роликами 2 снабжен колодочными тормозами 10 с гидравлическим приводом и дифференциальным механизмом 11. Последний исключает проскальзывание ведущих роликов по бандажам, если их диаметр различен. Одна пара ведущих 2 и ведомых 9 роликов снабжена ребордами, фиксирующими форму в осевом направлении.

Гидропривод колодочных тормозов 10 осуществляется от ручного насоса 12. Скорость вращения формы контролируется тахогенератором 4, соединенным с валом электродвигателя зубчатой передачей 13. для изменения диаметра формируемых труб предусмотрена возможность перемещения ведомых 9 и прижимных 7 роликов по направляющим с последующей их фиксацией в новом положении. Передача момента от

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						41
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лит		

ведущих роликов 2 набандажи формы осуществляется за счет сил трения. Во время ее вращения щитки 5 исключают разбрызгивание шлама.

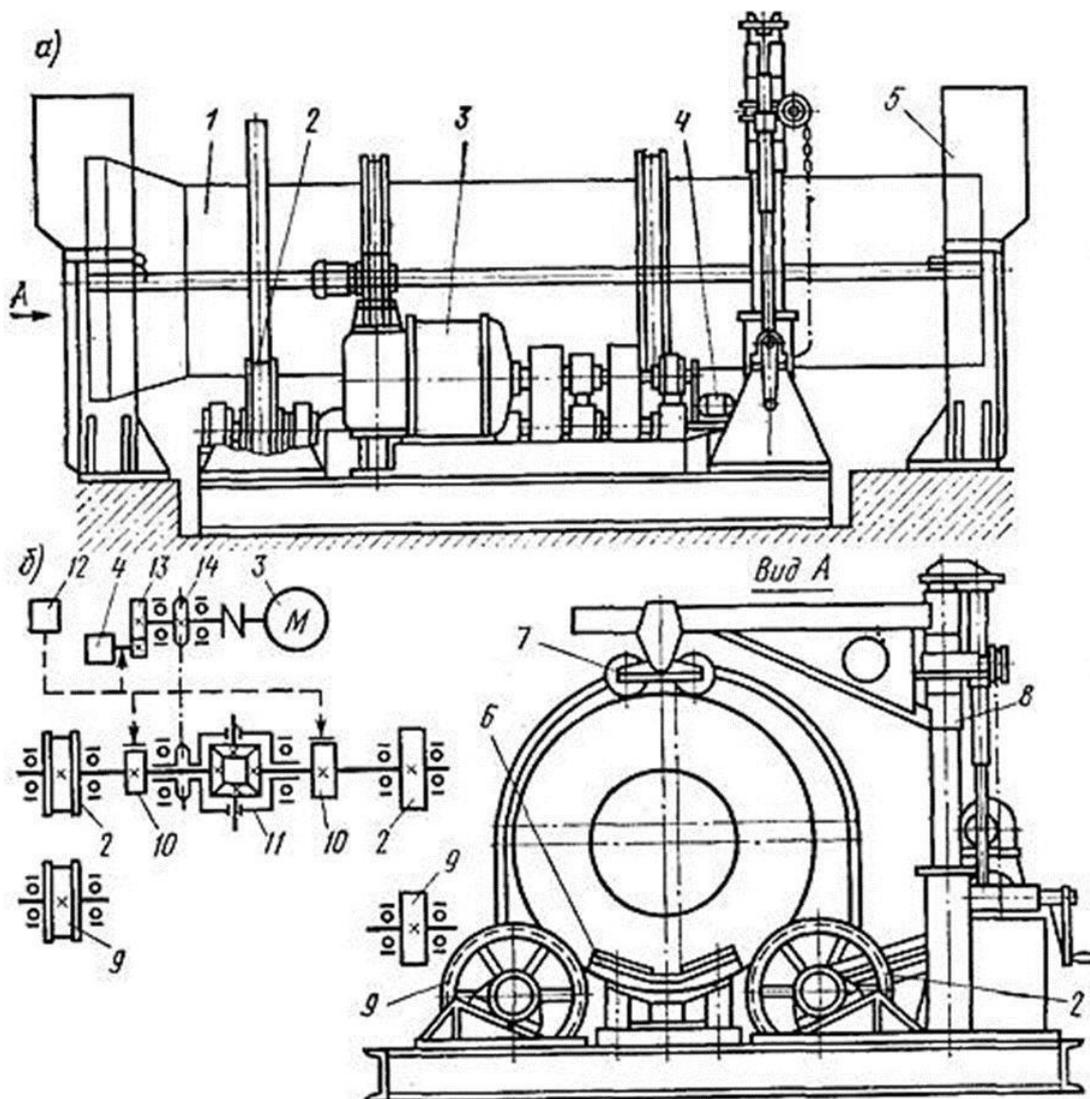


Рис. 1 – Свободнороликовая центрифуга

Работа центрифуги осуществляется следующим образом. Посредством грузоподъемного устройства (обычно крана) форма устанавливается своими бандажами на опоры гидродъемника 6, который опускает ее на ролики 2 и 9. Путем поворота стойки 8 на 90° прижимные ролики 7 подводятся к бандажам и при своем опускании вниз (обычно ручным приводом) прижимают форму к роликам 2 и 9. После этого форму заполняют бетонной смесью. Заполнение формы производится ленточным или ложковым питателем. Заполнение формы ленточным питателем осуществляется так

же, как и в установках центробежного проката. При заполнении формы привод ее вращения включается на режим распределения бетонной смеси. Далее закрывают щитки 5 и переключают привод вращения формы на режим уплотнения. После окончания формования отводят стойку 8 и щитки 5.

Гидроподъемником 6 наклоняют форму для слива шлама и после этого снимают форму с изделием посредством крана. Следующий цикл формования производится в такой же последовательности.

10. Оборудование, применяемое на технологической линии

Состав комплекта оборудования технологической линии по производству безнапорных железобетонных труб Т1200, приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сводная ведомость оборудования формовочного цеха

Наименование оборудования	Тип, марка	Масса, т	Производительность, м ³ /час и др.	Количество, штук	Общая потребляемая мощность, кВт
Каркасно-сварочная машина	СМЖ 104	17	3..6 каркасов/ч	2	50
Формы металлические	-	18	-	56	-
Центрифуга		9,7	10 м ³ /ч	1	5
Бетоноукладчик	СМЖ-425	8,5	10 м ³ /ч	1	5
Бадья	ДЖ-200	0,075	объем 6,3 м ³	1	5,5
Мостовой кран	КМ	17,5	80 м/мин	3	30
Траверса грузоподъемная	-	0,67	20 т	3	2
Ямная камера	-	10	10152 м ³ год	5	30
Самоходная тележка	СМЖ 151а	3,7	80 м/мин	5	10
Пневматический скребок	-	0,351	19 л/мин	1	11,5
Распылитель смазки	Ferrox Plus 3585 P	0,351	19 л/мин	1	11,5
Установка для испытания	-	-	-	1	10
Установка для гидроиспытания	-	-	-	1	10

Самоходная тележка СМЖ 151а

Самоходные тележки используются для перевозки крупногабаритных грузов массой до 20 тонн. Транспортировка осуществляется по специальным внутренним железнодорожным путям стандартной ширины.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		43

Транспортировка осуществляется по территории цеха, а также на открытых пространствах и улицах.

Конструкция состоит из плоского каркаса на перекладинах. Два колеса с пневматическими колесами дополнены специальными зубчатыми ободами. К каркасу крепятся балки и на них ложится нагрузка. Управление происходит с помощью пульта управления, оператор регулирует скорость движения. В задней части находится привод, включающий: механизм двигателя; механическая коробка передач; тормозное устройство; тормозная муфта.

- максимальный объем груза до 20 тонн;
- база тележки – 4000 мм;
- длина тележки – 6655 мм;
- скорость передвижения – 40 метров в минуту;
- вес – 3450 кг;
- ширина тележки – 2400 мм.



Рис. 4.2 – Самоходная тележка СМЖ 151А

Мостовой кран

Основное технологическое оборудование размещено в цехе, в котором используются два мостовых крана грузоподъемностью 5 тонн.

Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дат

08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ

Лист

44

Способ управления краном. Чаще управление ведется с помощью подвесного пульта. Управление краном с грузоподъемностью свыше 5 тонн, совершается из кабины машиниста. При этом кран должен иметь сигнализацию для подачи сигналов рабочим.

Технические характеристики крана:

- грузоподъемность 5 тонн;
- длина пролета до 28 метров;
- высота подъема до 36 метров;
- тип привода – электрический, напряжение 380В;
- тип сечения балки – двутавровое;
- тип управления краном – радиоуправление, кнопочный пульт;
- скорость перемещения крана до – 80 м/мин;
- скорость подъема - 8 м/мин;
- мощность двигателя - 17,5 кВт;
- масса - 10,4 т.



Рис. 4.3 – Мостовой кран

Распылитель смазки Ferrox Plus 3585 P

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лат		45

Форма смазывается разделительной консистентной смазкой, в состав которой входят: концентрированный раствор ВЛВ-15, вода и карбонат кальция. После высыхания консистентной смазки на поверхность формы наносится замедлитель твердения бетона.

Технические характеристики распылителя смазки:

- рабочее давление – 6 бар;
- объем бака – 13 л;
- пустой вес – 5,5 кг;
- контейнер – сталь с покрытием из полиэстера.



Рис.4.4 – Распылитель смазки Ferrox Plus 3585 P

Пневматический скребок S-1000

Производство начинается с того, что бетонщики с помощью щеток, скребков и затирочной машины очищает форму от остатков и наплывов бетона.

Технические характеристики:

- длина шабера – 1470 мм;
- рабочее давление – 0,59 МПа;
- частота ударов – 2500 в минуту;
- рабочее давление – 6 бар;
- масса – 6 кг;

Траверса грузоподъемная

Принятые изделия, при помощи кран-балки с траверсой (двухконцевым стропом), перемещаются на пост окончательной отделки, где производится

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лит		46

ремонт незначительных дефектов, заглаживание поверхности и покраска изделий. Затем изделия при помощи кран-балки с траверсой грузятся на самоходную тележку и транспортируются на склад готовой продукции.

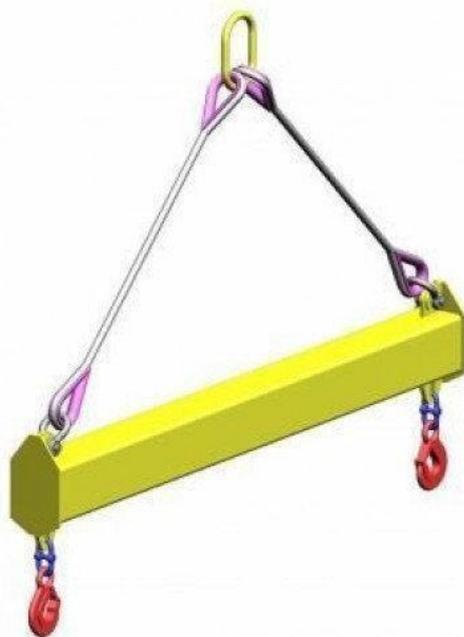


Рис.4.5 – Траверса грузоподъемная

5. Теплотехнические расчеты камеры тепловой обработки

5.1 Общие сведения

Одной из основных составных частей технологии строительной индустрии является тепловая обработка, на которую затрачивается около 20% стоимости производства строительных материалов и изделий. Кроме того, тепловая обработка потребляет около 80% от расходуемых на весь производственный цикл топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, создание экономичных тепловых процессов, позволяющих получать изделия отличного качества с минимальными затратами топлива и энергии, дает возможность существенно уменьшить капиталовложения в сферу строительства.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лист		47

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

Расчетные режимы тепловой обработки изделий из тяжелого бетона с изотермической выдержкой при температуре 80 - 85° приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчетные режимы тепловой обработки

Проектные классы бетона	Режимы тепловой обработки в ч при толщине бетона в изделиях, мм
	до 160
В 40	8 (3 + 3 + 2)

Скорость остывания среды в камерах в период снижения температуры изделий из тяжелого бетона после изотермического прогрева, как правило, должна быть не более 30°С/ч, а при повышенных требованиях по морозостойкости и водонепроницаемости, а также при тепловой обработке изделий из мелкозернистого и напрягающего бетонов, многослойных и с отделочными слоями - не более 20°С/ч. При выгрузке изделий из камер температурный перепад между поверхностью изделий и температурой окружающей среды не должен превышать 40°С.

5.3 Описание ямной пропарочной камеры

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		48

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

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						49
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		

подсоса паровоздушной смеси из нижней зоны камеры через перфорированные трубы.

5.4 Исходные данные

Структура режима тепловой обработки характеризуется длительностью предварительного выдерживания, температурой и скоростью разогрева, продолжительностью и способом (изотермическим) выдерживания разогретых изделий и выражается как сумма времени отдельных ее периодов в часах.

Длительность предварительного выдерживания следует назначать исходя из условий производства, но, как правило, не менее времени, приведенного в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчетные режимы тепловой обработки

Вид бетона	Способ тепловой обработки	Предварительное выдерживание, ч, не менее	Начальная прочность бетона, МПа (кгс/кв.см)	Скорость подъема температуры, °С/ч, не более
Тяжелый и легкий конструкционный	Пропаривание в камерах	1	До 0,1 (1)	15
			0,1-0,2 (1-2)	25
			0,2-0,4 (2-4)	35
			0,4-05 (4-5)	45
			Св. 0,5 (5)	60

5.5 Теплотехнический расчет тепловой установки

1) Расход тепла на нагрев сухой части изделий:

$$Q_{c1} = (Ц + П + Щ) \cdot c_c \cdot (t_{61} - t_{60}) / 1000, \text{ МДж/м}^3$$

где Ц, П, Щ – содержание цемента, песка, щебня в бетоне, кг/м³; c_c – теплоемкость сухой части бетона, кДж / кг °С; t₆₁ – средняя к концу периода температура бетона в изделии, °С; t₆₀ - начальная температура бетонной массы, °С.

$$Q_{c1} = (340 + 535 + 1384) \cdot 0,84 \cdot (80 - 20) / 1000 = 113,85 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{c2} = (340 + 535 + 1384) \cdot 0,84 \cdot 5 / 1000 = 10,48 \text{ МДж/м}^3$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		50

2) Расход тепла на испарение части

$$Q_{исп} = W \cdot (2493 + 1,97 \cdot t_{ср1}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3$$

где W – для тяжелого бетона около 1% массы 1 м³ бетона;

$t_{ср1}$ – средняя за период температура среды в камере, °С.

$$t_{ср1} = (t_0 + t_n) / 2 = (20 + 80) / 2 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

где t_0 - температура среды в камере до начала тепловой обработки, °С;

t_n – температура изотермической выдержки, °С.

$$Q_{исп} = 24 \cdot (2493 + 1,97 \cdot 50) / 1000 = 62,2 \text{ МДж/м}^3$$

3) Расход тепла на нагрев воды, оставшейся в изделиях к концу

периода

$$Q_{в1} = (B - W) \cdot C_v \cdot (t_{в1} - t_{в0}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3$$

где B – содержание воды в бетонной массе, кг/м³; C_v - теплоемкость воды, кДж/кг·°С.

$$Q_{в1} = (136 - 24) \cdot 4,19 \cdot (80 - 20) / 1000 = 28,16 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{в2} = (136 - 24) \cdot 4,19 \cdot 5 / 1000 = 2,35 \text{ МДж/м}^3$$

4) Расход тепла на нагрев арматуры и закладных деталей:

$$Q_{а1} = A \cdot C_a \cdot (t_{а1} - t_{в0}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3$$

где A – содержание арматуры и закладных деталей в изделиях, кг/м³;

C_a и $t_{а1}$ – теплоемкость, кДж/кг·°С, и температура арматуры к концу

периода, °С (можно принять $t_{а1} = t_n$).

$$Q_{а1} = 113,9 \cdot 0,48 \cdot (80 - 20) / 1000 = 3,28 \text{ МДж/м}^3$$

5) Расход тепла на нагрев форм:

$$Q_{ф1} = \Phi \cdot C_f \cdot (t_{ф1} - t_{ф0}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3$$

где $\Phi = G_f / V_u$ – удельная металлоемкость форм, кг/м³ (G_f – масса формы, кг); C_f – теплоемкость форм, кДж/кг·°С; $t_{ф0}$, $t_{ф1}$ – температура форм в начале и конце периода, °С ($t_{ф1} = t_n$).

$$\Phi = 3200 / 1,98 = 1616 \text{ кг/м}^3$$

$$Q_{ф1} = 1616 \cdot 0,48 \cdot (80 - 20) / 1000 = 46,54 \text{ МДж/м}^3$$

6) Расход тепла на нагрев ограждающих конструкций:

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лам		51

$$Q_{\text{оп1}} = \frac{7,2}{1000 * n_{\text{ю}} * V_u} \sum_i \lambda_i * F_i (t_{\text{ni1}} - t_{\text{ni0}}) \sqrt[3]{\frac{\tau}{3,14 * a_i}}$$

где λ_i и a_i – теплопроводность, Вт/м·°С и температуропроводность, м²/ч, материалов ограждений; F_i – площадь ограждающих конструкций по внутреннему обмеру, м²; t_{ni0} и t_{ni1} – средняя температура внутренних поверхностей ограждений в начале и конце периода, °С; τ_i – длительность периода подогрева.

Для многослойных ограждающих конструкций необходимо предварительно вычислить эквивалентные значения их теплофизических характеристик при фактических температурах материалов. Эквивалентный коэффициент теплопроводности плоской многослойной конструкции, состоящей из тяжелого бетона, керамзитбетона и минеральной ваты

$$\lambda_{\text{э}} = \Sigma S_i / \Sigma (S_i / \lambda_i) = (0,05 + 0,15 + 0,1) / (0,05/1,45 + 0,15/0,063 + 0,1/0,41) = 0,11 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$$

Эквивалентный коэффициент теплоемкости

$$C_{\text{э}} = \Sigma (\rho_i \cdot S_i \cdot C_i) / \Sigma (\rho_i \cdot S_i) = (2400 \cdot 0,05 \cdot 0,84 + 300 \cdot 0,15 \cdot 0,75 + 1700 \cdot 0,1 \cdot 0,56) / (2400 \cdot 0,05 + 300 \cdot 0,15 + 1700 \cdot 0,1) = 0,68 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°С}$$

Эквивалентная объемная масса или плотность

$$\rho_{\text{э}} = \Sigma (\rho_i \cdot S_i) / \Sigma S_i = (2400 \cdot 0,05 + 300 \cdot 0,15 + 1700 \cdot 0,1) / (0,05 + 0,15 + 0,1) = 1586 \text{ кг/м}^3$$

Эквивалентная температуропроводность

$$a_{\text{э}} = (3,6 \cdot \lambda_{\text{э}}) / (C_{\text{э}} \cdot \rho_{\text{э}}) = (3,6 \cdot 0,11) / (0,68 \cdot 1586) = 0,00036 \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$F_1 = 2 \cdot L_{\text{к}} \cdot H_{\text{к}} + 2 \cdot H_{\text{к}} \cdot B_{\text{к}} = 2 \cdot 8,4 \cdot 3,35 + 2 \cdot 3,35 \cdot 3,95 = 82,75 \text{ м}^2$$

Для многослойной крышки, состоящей из металлических листов и минеральной ваты

$$\lambda_{\text{э}} = (0,15 + 0,01) / (0,15/0,63 + 0,01/56) = 0,07 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$$

$$C_{\text{э}} = (300 \cdot 0,15 \cdot 0,75 + 7800 \cdot 0,01 \cdot 0,46) / (300 \cdot 0,15 + 7800 \cdot 0,01) = 0,56 \text{ кДж/кг}\cdot\text{°С}$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лист		52

$$\rho_3 = (300 \cdot 0,15 + 7800 \cdot 0,01) / (0,15 + 0,01) = 768,75 \text{ кг/м}^3$$

$$a_3 = (3,6 \cdot 0,07) / (0,56 \cdot 768,75) = 0,00059 \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$F_2 = L_K \cdot B_K = 8,4 \cdot 3,95 = 33,18 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{оп1}} = \frac{7,2}{1000 \cdot 14 \cdot 1,63} * (0,11 \cdot 82,75 * (80 - 20) \frac{3}{3,14 * 0,00036} + 0,07 * 33,18 * (80 - 20) \frac{3}{3,14 * 0,00059}) = 12,3 \text{ МДж} / \text{м}^3$$

$$Q_{\text{оп2}} = \frac{7,2}{1000 \cdot 14 \cdot 1,63} * (0,11 \cdot 82,75 * 5 \frac{3}{3,14 * 0,00036} + 0,07 * 33,18 * 5 \frac{3}{3,14 * 0,00059}) = 1,03 \text{ МДж} / \text{м}^3$$

7) Потери тепла в окружающую среду ограждениями камеры складываются из потерь тепла через отдельные элементы ограждений

$$Q_{\text{ocl}} = \frac{3,6 * (t_{\text{cp1}} - t_{\text{oc}}) * \sum F_i * K_i}{1000 * n * V_{\text{to u}}}$$

где t_{oc} – температура окружающего воздуха, °С; F_i – площадь по наружному обмеру отдельных элементов ограждения, м²; K_i – коэффициент теплопередачи через соответствующие элементы ограждений, Вт/м·°С.

$$F_{\text{наз1}} = 2 \cdot (L_K + 0,62) \cdot H_{\text{наз}} + 2 \cdot H_{\text{наз}} \cdot (B_K + 0,62) = 2 \cdot 9,02 \cdot 2,35 + 2 \cdot 2,35 \cdot 4,57 = 63,9 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{наз1}} = (L_K + 0,62) \cdot (B_K + 0,62) = 9,02 \cdot 4,57 = 41,22 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{под}} = 2 \cdot (L_K + 0,62) \cdot H_{\text{под}} + 2 \cdot H_{\text{под}} \cdot (B_K + 0,62) + (B_K + 0,62) \cdot (L_K + 0,62) = 2 \cdot 9,02 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \cdot 4,57 + 4,57 \cdot 9,02 = 68,76 \text{ м}^2$$

$$K = \frac{1}{\alpha_{\text{наз}}} + \frac{1}{\sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \alpha}$$

Коэффициент теплопередачи через наземные части ограждений камеры а через подземные

$$K_{\text{под}} = \frac{0,5}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{S_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи, соответственно, от греющей среды к внутренним поверхностям ограждений и от наружных поверхностей ограждения в окружающую среду, Вт/м²·°C.

$$\alpha_2 = (9,28 + 0,07 \cdot t_{н1}) \cdot (1 + 0,2 \cdot V) = (9,28 + 0,07 \cdot 40) \cdot (1 + 0,2 \cdot 0) = 12,08 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}.$$

где $t_{н1}$ – температура наружной поверхности ограждений, °C; V – скорость движения воздуха, м/с.

$$K_{\text{под}} = \frac{0,5}{\frac{1}{64} + \frac{0,05}{1,45} + \frac{0,15}{0,063} + \frac{0,1}{0,41} + \frac{1}{12,08}} = 0,181 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$K_{\text{наз1}} = \frac{1}{\frac{1}{64} + \frac{0,05}{1,45} + \frac{0,15}{0,063} + \frac{0,1}{0,41} + \frac{1}{12,08}} = 0,36 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_{\text{ос1}} = \frac{3,6 \cdot (50 - 20) \cdot 3}{1000 \cdot 14 \cdot 1,63} (63,9 \cdot 0,36 + 41,22 \cdot 0,4 + 68,8 \cdot 0,181) = 0,78 \text{ МДж/м}^3$$

$$K_{\text{наз2}} = \frac{1}{\frac{1}{64} + \frac{0,15}{0,063} + \frac{0,01}{56} + \frac{1}{12,08}} = 0,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

$$Q_{\text{ос2}} = 3,12 \text{ МДж/м}^3$$

Приходные статьи теплового баланса включают тепловыделение бетона

$$Q_{\text{э1}} = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot q_{\text{эке}} \cdot (B/C)^{0,44} \cdot C \cdot t_{\text{бср1}} \cdot \eta = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot (136/340)^{0,44} \cdot 340 \cdot 50 \cdot 3 = 3,92 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\text{э2}} = 12,54 \text{ МДж/м}^3$$

5.6 Количество камер

Необходимое для выполнения программы количество камер определяют, исходя из средней продолжительности их оборота T_k в час.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		54

При пятидневной рабочей неделе и двухсменном режиме работы формовочного цеха T_k определяют по графикам.

$$T_k = 23$$

Количество камер для выполнения заданной программы при двухсменном режиме формования определяется по формуле:

$$M_k = (\tau_{\text{сум}} \cdot T_k) / (24 \cdot \tau_{\text{ф}} \cdot n_{\text{мо}}) = (16 \cdot 23) / (24 \cdot 0,2 \cdot 14) = 6 \text{ шт}$$

5.7 Материальный баланс камеры

Расчет заключается в определении основных размеров камер и количества их, а также длительности цикла работы камер.

Длину камеры определяют по формуле:

$$L_k = l_{\text{ф}} \cdot n + (n + 1) \cdot l_1, \text{ м}$$

где $l_{\text{ф}}$ – длина формы с изделием, м; n – количество форм по длине камеры; l_1 – расстояние между формой и стенкой камеры и между штабелями форм, м.

$$l_{\text{ф}} = l_{\text{изд}} + 2 \cdot (0,2 \div 0,4) = 3,5 + 2 \cdot 0,2 = 3,9 \text{ м}$$

$$L_k = 3,9 \cdot 2 + 3 \cdot 0,2 = 8,4 \text{ м}$$

Ширина камеры:

$$B_k = b_{\text{ф}} \cdot n_1 + (n_1 + 1) \cdot l_1, \text{ м}$$

где $b_{\text{ф}}$ – ширина формы с изделием, м; n_1 – количество форм по ширине камеры.

$$b_{\text{ф}} = b_{\text{изд}} + 2 \cdot (0,2 \div 0,4) = 2,75 + 2 \cdot 0,3 = 3,35 \text{ м}$$

$$B_k = 3,35 \cdot 1 + 2 \cdot 0,3 = 3,95 \text{ м}$$

Высота камеры:

$$H_k = n_2 \cdot h_{\text{ф}} + (n_2 - 1) \cdot h_1 + h_2 + h_3, \text{ м}$$

где n_2 – количество форм по высоте камеры; h_1, h_2, h_3 – соответственно, расстояние между формами с изделиями по высоте камеры, между нижней формой и полом камеры и между верхним изделием и потолком камеры.

$$h_{\text{ф}} = h_{\text{изд}} + 0,2 = 0,17 + 0,23 = 0,4 \text{ м}$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		55

$$H_k = 7 \cdot 0,4 + (7 - 1) \cdot 0,05 + 0,1 + 0,15 = 3,35 \text{ м}$$

Объем камеры:

$$V_k = L_k \cdot B_k \cdot H_k = 8,4 \cdot 3,95 \cdot 3,35 = 111,2 \text{ м}^3$$

Коэффициент заполнения объема камеры:

$$q = n_{то} \cdot V_u / V_k,$$

где V_u – объем бетона в одном изделии, м^3 ; $n_{то}$ – количество изделий в камере.

$$q = 14 \cdot 1,63 / 111,2 = 0,2$$

Длительность цикла работы камеры:

$$\tau_u = \tau_z + \tau_p + \tau_b + \tau_{то}, \text{ ч}$$

где τ_z , τ_p – длительность загрузки и выгрузки камеры, ч; τ_b – то же, предварительного выдерживания изделий в камере перед тепловой обработкой, ч; $\tau_{то}$ – режим тепловой обработки изделий, ч.

$$\tau_z = (\tau_{\phi} \cdot n_{то}) / (m_{\phi} \cdot n_{\phi}), \text{ ч}$$

где τ_{ϕ} – длительность цикла формования изделий, ч; m_{ϕ} – число формовочных установок; n_{ϕ} – количество изделий, формируемых на одной установке за один цикл.

$$m_{\phi} = (G_r \cdot \tau_{\phi}) / (\tau_c \cdot c \cdot V_u),$$

где G_r – годовая производительность линии, $\text{м}^3/\text{год}$; τ_c – число рабочих часов в сутки, c – число рабочих дней в году.

$$m_{\phi} = (26000 \cdot 0,2) / (16 \cdot 253 \cdot 1,63) = 0,79$$

$$\tau_z = (0,2 \cdot 14) / (1 \cdot 1) = 2,8 \text{ ч}$$

$$\tau_u = 2,8 + 2,8 + 2 + 11 = 18,6 \text{ ч}$$

Коэффициент оборачиваемости камер в сутки:

$$K = 24 / \tau_u = 24 / 18,6 = 1,29$$

5.8 Тепловой баланс ямной пропарочной камеры

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						56
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		

Тепло, поступающее в камеру с теплоносителем, определяется из теплового баланса как сумма полезного расхода тепла $Q_{п1}$ на разогрев изделий и металла форм и непроизводительного расхода тепла $Q_{пот1}$

$$Q_{mол} = Q_{n1} + Q_{nom1}$$

$$\text{где } Q_{n1} = Q_{c1} + Q_{ucn1} + Q_{s1} + Q_{a1} + Q_{ф1} - Q_{э1},$$

$$Q_{nom1} = Q_{оcр1} + Q_{oc1}$$

$$Q_{n1} = 113,85 + 62,2 + 28,16 + 3,28 + 46,57 - 3,92 = 250,14 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{nom1} = 12,3 + 0,78 = 13,08 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{mол} = 250,14 + 13,08 = 263,22 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{n2} = 10,48 + 2,35 - 12,54 = 0,29 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{nom2} = Q_{оcр2} + Q_{oc2} = 1,03 + 3,12 = 4,15 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{mол2} = 0,29 + 4,15 = 4,44 \text{ МДж/м}^3$$

В завершение теплотехнического расчета необходимо определить удельный расход пара

$$g_{n1} = 1000 \cdot Q_{mол} / (i_n - i_k), \quad \text{кг/м}^3$$

где i_n – энтальпия насыщенного пара, кДж/кг; i_k – энтальпия конденсата, кДж/кг

$$i_k = c_v \cdot t_{к1} = 4,19 \cdot 80 = 335,2 \text{ кДж/кг}$$

где $t_{к1}$ – температура конденсата, °С;

$$g_{n1} = 1000 \cdot 263,22 / (2642 - 335,2) = 114,2 \text{ кг/м}^3$$

$$g_{n2} = 1000 \cdot 4,44 / (2642 - 335,2) = 2,35 \text{ кг/м}^3$$

$$G_{n1} = n_{mo} \cdot V_u \cdot g_{n1} / \tau_1 = 14 \cdot 1,63 \cdot 114,2 / 3 = 876,3 \text{ кг/ч}$$

$$G_{n2} = n_{mo} \cdot V_u \cdot g_{n2} / \tau_2 = 14 \cdot 1,63 \cdot 2,35 / 6 = 9,1 \text{ кг/ч}$$

Коэффициент полезного действия тепла

$$\eta = (Q_{n1} + Q_{n2}) / (Q_{mол1} + Q_{mол2}) = (250,14 + 0,29) / (263,22 + 4,44) = 0,9$$

Суммарный удельный расход пара

$$g_n = g_{n1} + g_{n2} = 114,2 + 2,35 = 116,5 \text{ кг/м}^3$$

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лам		57

6. Автоматизация процесса

6.1 Используемые датчики и регуляторы

В данном разделе дипломного проекта представлена автоматизация процесса тепловой обработки бетонных изделий в ямной камере.

Автоматизация данного теплового процесса позволяет получить следующее: обеспечение требуемого режима термообработки, вследствие чего получают изделия высокого качества, экономия энергетических ресурсов, сокращение обслуживающего персонала, снижение себестоимости продукции и улучшение условий труда.

Тепловая обработка свежееотформованных изделий в пропарочной камере осуществляется паром. Сама камера оснащена шторами, регистрами и линиями подачи пара.

Изделие загружается в камеру, вход закрывается шторами на липучке и подается пар с давлением на входе $p = 3 \text{ кН/см}^2 = 3 \text{ атм.}$ В камере образуется паровоздушная смесь. Тепловая обработка осуществляется подачей пара и обеспечением изменения температуры паровоздушной смеси, в камере вследствие требуемого режима термообработки.

Режим термообработки включает в себя участки подъема температуры с заданной скоростью, изотермической выдержки в течение заданного времени и охлаждения с требуемой скоростью. Следовательно, количества пара, поступающего в камеру, должно обеспечивать изменение температуры в соответствии с программой термообработки изделий.

Для того, чтобы реализовать процесс тепловой обработки изделий, необходимо использовать программную систему регулировки. Анализ экспериментальных динамических характеристик напольных камер как объект регулирования показал, что они имеют однотипные временные характеристики как постоянной времени T , т.е. τ/T лежащей в пределах до

									Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист	08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ				58

фаза А – SA1(ручной) – SB2 – точка 2' - SQ2 2N.

С – O1

Обе обмотки получают питание и двигателем идет на закрывание клапана подачи пара. В результате чего паровоздушной смеси уменьшается, достигая заданной.

Рассмотрим управление клапанами подачи пара к эжекторам затворов камеры. По окончании времени, отведенного на подъем температуры и изотермической выдержки изделий, надо перейти к режиму охлаждения изделий. Для этого нажимаем на кнопку SB3, в результате чего образуется цепь:

O3

фаза А – SA1(ручной) – SB3 – контакт K2 – C1 точка 5 – 2N.

С – O4

Обе обмотки получают питание, и двигателем идет на открывание клапана подачи пара. Контакт K2 в этот момент будет замкнут, т.к. клапан этот может быть открыт и контакт концевого выключателя, установленного в цепи питания обмотки реле K2 был замкнут, реле K2 сработало и его контакт K2 замкнулся. По окончании времени, отведенного на охлаждение изделий, нажимаем на кнопку SB4, в результате чего образуется цепь:

O4

фаза А – SA1 (ручной) – SB4 – K3 K5 – N.

С – O3

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на закрытие клапана подачи пара. Контакт K3 в этот момент будет замкнут, т.к. клапан был открыт и контакт концевого выключателя установленный в цепи питания обмотки реле K3 был замкнут. Реле срабатывает, и контакт K3 замыкается.

Рассмотрим управление в автоматическом режиме. Переключатель SA1 устанавливаем в положении “А” и получаем питание регулятора температуры. Если температура ниже замкнутой, сопротивление термометра уменьшается. Мостовая измерительная схема регулятора выходит из

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		60

состояния равновесия, т.е. появляется выходное напряжение одной полярности, которое усиливается, формируется в соответствии с заданным законом регулирования, в виде управляющего сигнала напряжение подается на клемму 7 или 8

O1

точки 7 N

C – O2

Обе обмотки получают питание и двигатель идет на открытие клапана подачи пара. В результате чего возрастает температура паровоздушной смеси в камере до заданного значения. Если температура выше заданной, то сопротивление термометра увеличивается; мостовая измерительная схема выходит из состояния равновесия, т.е. появится выходное напряжение другой полярности, которое усиливается, формируется в соответствии с заданным законом регулирования, в виде управляющего сигнала напряжения подается на клемму 8. Образуется цепь:

O2

точка 2¹ – SQ2 кл.2 – N.

C – O1

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на закрытие клапана подачи пара. В результате чего температура паровоздушной смеси уменьшается, достигая заданной. Управление питанием подачи пара и эжекторами затворов камеры по окончании времени, отведенного на подъем температуры и изотермической выдержки изделий на клемме регулятора 10 появится сигнал, срабатывает реле 1РПУ. Замыкая контакт в цепи питания обмотки реле времени КТ, и замкнет свой контакт RT. Контакт К2 будет в этот момент замкнут, т.к. клапан в этот момент был закрыт и концевого выключателя, усиливаемая в цепи питания обмотки реле К2, был замкнут. Реле 1РО сработало и его контакт К2 замкнулся.

O3

По цепи идет питание КТ – К2 – К1 кл.5 – N.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		61

С – О1

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на открытие клапана подачи пара. По окончании времени, отведенного на охлаждение изделий, клемма 10 обесточивается, реле 1R19 обесточится, питание К2 в этот момент размыкается и контакт К1 замкнет контакт К3 будет замкнут, т.к. клапаны в этот момент были открыты и питание концевого выключателя останавливается в цепи питания обмотки реле К3 сработало и его контакт К3 замкнулся.

О4

По цепи идет питание КР1 – точка К5 – К21

К15 – N.

С – О3

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на закрытие клапана подачи пара, срабатывает контакт К3, зажигается сигнальная лампа HL3.

6.2 Описание функциональной схемы ямной камеры

Программное регулирование температурой паровоздушной смеси в напольной камере осуществляется приборами позиции 1. Изменение температуры вызывает изменение сопротивления температуры позиции 1-1. Следовательно, выйдет из равновесия мостовая измерительная регулятора позиции 1-2. На выходе измерительной схемы появится напряжение, которая после изменения по напряжению формируется в соответствии с заданным законом регулирования и усиленное по мощности поступает на исполнительный механизм позиции 1-6. Он перемещает регулирующий орган, изменяет расход пара, вследствие чего температура паровоздушной среды также изменяется. Как только температура станет равной заданной, мостовая измерительная схема регулятора приходит в равновесие. Клапан подачи пара будет закрыт до тех пор, пока температура больше заданной, а если меньше-то клапан откроется. Так работает регулятор в режиме подъема температуры и изотермической выдержки. По окончании периода

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		62

изотермической выдержки программный регулятор позиции 1-2 перестает действовать на исполнительный механизм позиции 1-6 и начинает посылать импульсы на исполнительный механизм позиции 1-7 для подачи пара и эжекторам затворов. Затворы эжекторов открываются. Внутреннее пространство камер сообщается с атмосферой, начинает работать вентилятор, за счет чего температура изделий понижается. Изменение и регистрация давления пара в паровой магистрали осуществляется приборами позиции 4, 5, и 6.

При изменении давления пара в магистрали перемещается жесткий центр мембраны регулятора позиции 5, что приводит к перемещению клапана подачи пара 5-2. Следовательно, изменяется проходное сечение клапана, и давление в паровой магистрали восстанавливается. (Изменение температуры вызывает изменение сопротивления термометра, и, следовательно, тока через эту рамку. Система рамок вместе со стрелкой поворачивается относительно шкалы температуры).

Управление вентилятором осуществляется приборами позиции 3-1, 3-2. После окончания изотермической выдержки поступает сигнал от вентилятора позиции 1-2. Через ключ выбора режима управления позиции 3-3, который коммутирует цепи питания двигателя вентилятора М1 и включает в работу. По истечении времени необходимого для охлаждения, двигатель отключается.

Контроль температуры паровоздушной смеси в напольных камерах осуществляется комплектом приборов позиции 2. Датчики температуры позиции 2-1 устанавливаются в соответствующих камерах и через переключатель позиции 2-2 коммутируются с измерительной схемой логометра позиции 2-3. Рамки логометра с укрепленной на их оси стрелкой перемещаются относительно шкалы, по которой можно снять показания.

Контроль давления пара в паровой магистрали осуществляется приборами позиции 4 и 6. Контроль и регистрация расхода пара осуществляется комплектом приборов позиции 7. Сужающее устройство позиции 7-1

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		63

преобразует расход в период давлений измеряемый, регулируемый и интегрируемый приборами позиции 7-2 и 7-3.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.им.	Подпись	Лат		64

7. Организация производства

7.1 Технологическая схема

Для составления технологической схемы необходимо выявить все технологические операции, выполняемые при производстве данного вида железобетонного изделия.

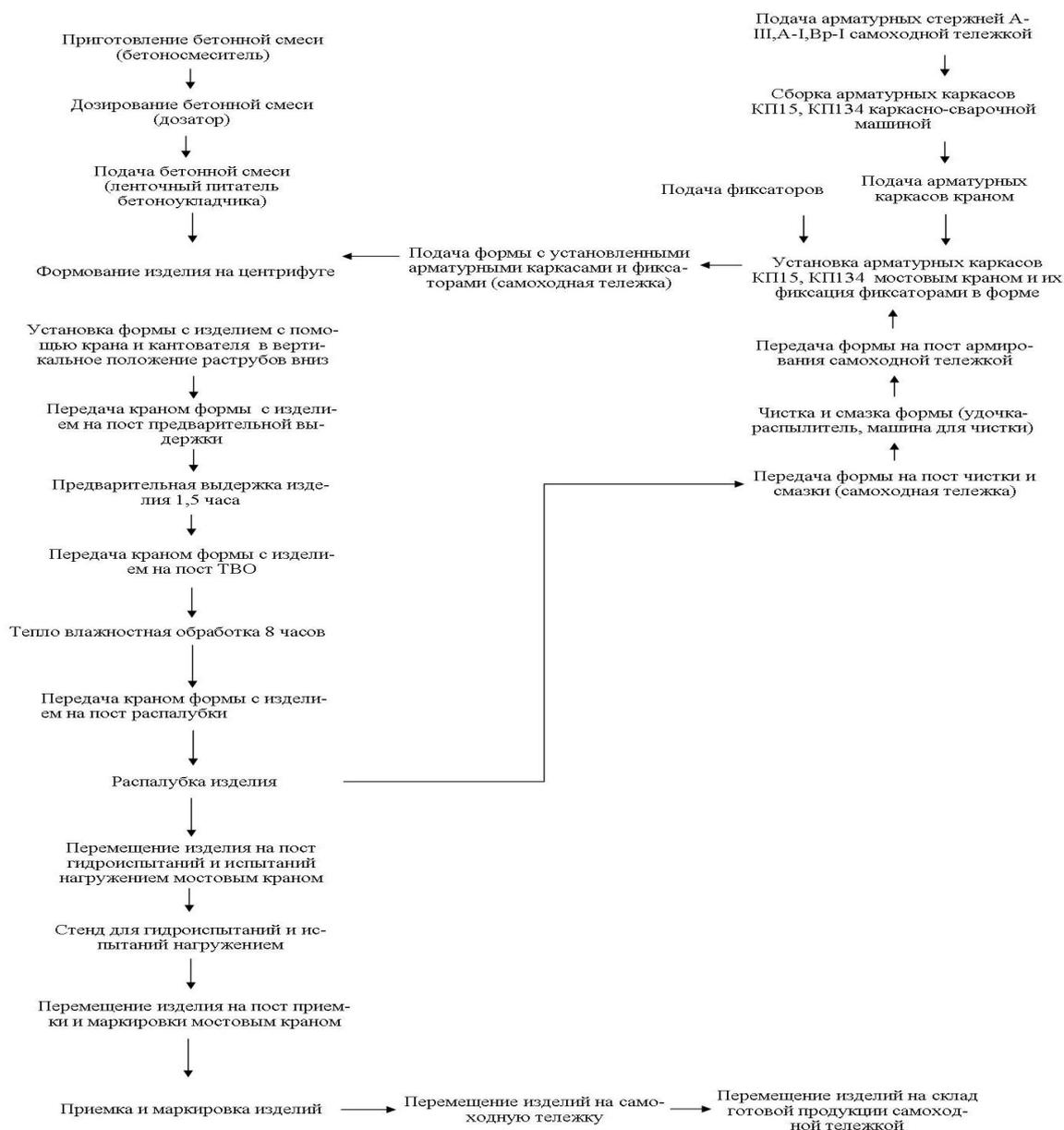


Рисунок 7.1 – Организационно-технологическая схема производства

7.2 Описание технологического процесса

Процесс формования труб включает следующие технологические операции: подготовка форм и оснастки, в т.ч. чистка и смазка, установка и фиксация арматурного каркаса, укладка и уплотнение бетона, немедленная распалубка бортооснастки, тепловая обработка, кантование, вывоз на склад готовой продукции.

Для формования труб следует применять стальные разборные формы. Для повышения технологичности и обеспечения геометрической точности труб следует предусматривать распалубочные уклоны в формах. Перед формованием бортооснастка должна быть внутри и снаружи очищена и смазана. Для очистки и сборки форм следует применять специальный ручной пневматический или электрический инструмент с учетом максимальной механизации операции.

Для смазки форм необходимо применять смазочные составы, обладающие адгезией к металлу, не вызывающие разрушения бетона и появления пятен на поверхности бетона.

Арматурные каркасы необходимо устанавливать в форму в последовательности, указанной в технологических картах. Для предупреждения смещений и обеспечения требуемой толщины защитного слоя бетона арматуру следует фиксировать пластмассовыми фиксаторами.

Процесс центрифугирования железобетонных изделий делится на следующие операции:

- распределение бетонной смеси по стенкам формы равномерным слоем при пониженном числе оборотов;
- увеличение скорости вращения формы до заданного значения, при котором обеспечивается необходимая степень уплотнения;
- уплотнение бетонной смеси определённое время при вращении формы с заданной скоростью;

										Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист	08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ					66

– плавное снижение скорости вращения формы до полной остановки, слив шлама – отжатой цементно-водной суспензии;

– заглаживание внутренней поверхности труб при медленном вращении.

На первом этапе скорость вращения горизонтально расположенной формы медленно возрастает, центробежные силы малы и они не оказывают существенного влияния на пластические деформации бетонной смеси, которая поворачивается на некоторый угол, а затем сползает вниз. С увеличением скорости вращения центробежные силы растут и сползание уменьшается.

При определённой скорости вращения сползание прекращается и начинает формироваться внутренняя полость, дальнейшее увеличение скорости вращения приводит к равномерному распределению смеси, для этого не должно быть падения бетонной смеси из верхней точки формы.

При назначении технологических режимов формования должны быть взаимосвязаны формовочные свойства обрабатываемых бетонных смесей (подвижность, жесткость) и технологические параметры используемого оборудования.

7.3 Продолжительность процессов

В соответствии с особенностями разрабатываемого технологического процесса, составлена и детализирована технологическая схема изготовления изделия. Разделены технологические процессы на составляющие и определены рабочие. С целью обеспечения эффективности производства необходимо провести оптимизацию распределения трудовых ресурсов. Оптимизация технологического процесса Оптимизированный пооперационный график технологического процесса по принципу, когда задан ритм выпуска изделий. Для оптимизации при заданном ритме необходимо построить пооперационный график, найти на нем

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Лист		

последовательную непрерывную цепочку операций, суммарная длительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций.

Продолжительность элементарных процессов приведена в таблице 7.1.

Наименование элементарных процессов	Наименование операций, переходов	Трудоемкость ручн оп-ии, чел*мин	Кол-во раб на данной оп-ции, чел.	Продолжит выполнения оп-ии, мин	Продолжительность каждого элементарного проц, мин
Подготовка формы	Расстроповка формы	0,5	1	0,5	9
	Чистка формы	4	1	4	
	Смазка формы	4	1	4	
	Строповка и перемещение формы на пост армирования	0,5	1	0,5	
Пост армирования	Расстроповка формы	0,5	1	0,5	10
	Сборка арматурных каркасов	18	3	6	
	Установка арматурных каркасов в форме в проектное положение	9	3	3	
	Строповка и перемещение формы на пост формования	0,5	1	0,5	
Пост формования	Расстроповка формы с установленной арматурой	0,5	1	0,5	31
	Распределение бетонной смеси	-	1	15	
	Увеличение скорости вращения формы	-	1	15	
	Уплотнение бетонной смеси	-	1		
	Плавное снижение скорости вращения формы, слив шлама	-	1		
	Заглаживание внутренней поверхности	-	1		
	Перевод формы с изделием в вертикальное положение растробом вниз	-	1		
	Строповка и перемещение формы с изделием к посту ТВО	0,5	1	0,5	
ТВО	Расстроповка формы	0,5	1	0,5	1
	Строповка и перемещение формы с изделием на пост распалубки	0,5	1	0,5	
Пост распалубки и доводки	Расстроповка формы с изделием	0,5	1	0,5	11
	Распалубка	5	1	5	
	Доводка изделия	5	1	5	
	Строповка и перемещение изделия на пост приемки и маркировки	0,5	1	0,5	
Пост приемки и маркировки	Расстроповка изделия	0,5	1	0,5	12
	Приемка и маркировка изделий	3	1	3	
	Укладка изделий в самоходную тележку	1,5	1	1,5	
	Перемещение готовых изделий на склад готовой продукции	-	1	7	

Таблица 7.1 – Продолжительность элементных процессов

Наименование элементных процессов	Наименование операций, переходов	Трудоемкость ручной операции, чел*мин	Количество рабочих на данной операции, чел.	Продолжительность выполнения операции, мин																																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
Подготовка формы	Расстроповка формы	0,5	1	0,5	1																																
	Чистка формы	4	1	4		1	1	1	1																												
	Смазка формы	4	1	4						1	1	1	1																								
	Строповка и перемещение формы на пост армирования	0,5	1	0,5																																	
Пост армирования	Расстроповка формы	0,5	1	0,5																																	
	Сборка арматурных каркасов	18	3	6		3	3	3	3	3																											
	Установка арматурных каркасов в форме в проектное положение	9	3	3							3	3	3																								
	Строповка и перемещение формы на пост формования	0,5	1	0,5																																	
Пост формования	Расстроповка формы с установленной арматурой	0,5	1	0,5																																	
	Распределение бетонной смеси	-	1	15		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	
	Увеличение скорости вращения формы	-	1	15																																	
	Уплотнение бетонной смеси	-	1																																		
	Плавное снижение скорости вращения формы, слив шлама	-	1																																		
	Заглаживание внутренней поверхности	-	1																																		
	Перевод формы с издеием в вертикальное положение растробом вниз	-	1																																		
	Строповка и перемещение формы с издеием к посту ТВО	0,5	1		0,5																																
ТВО	Расстроповка формы	0,5	1		0,5																																
	Строповка и перемещение формы с издеием на пост распалубки	0,5	1	0,5		1																															
Пост распалубки и доводки	Расстроповка формы с издеием	0,5	1	0,5		1																															
	Распалубка	5	1	5		1	1	1	1	1																											
	Доводка изделия	5	1	5																																	
	Строповка и перемещение изделия на пост приемки и маркировки	0,5	1	0,5																																	
Пост приемки и маркировки	Расстроповка изделия	0,5	1	0,5																																	
	Приемка и маркировка изделий	3	1	3		1	1	1																													
	Укладка изделий в самоходную тележку	1,5	1	1,5																																	
	Перемещение готовых изделий на склад готовой продукции	-	1	7																																	

Таблица 7.2 – Пооперационный график

7.4 Посты и крановые операции

Для определения времени использования мостовых и других кранов подсчитывается их загруженность с учетом норм расчета крановых операций по ОНТП-07-85 [50].

Таблица 7.2 – Подсчет загрузки кранов

Номер крана	Наименование крановой операции	Время на одну операцию, мин	Количество операций в смену	Продолжительность операций в смену, мин
1	Строповка каркасов	0,5	48	24
1	Перемещение каркасов на пост армирования	1	48	48
1	Установка каркасов в форму	6,5	48	312
1	Расстроповка каркасов	0,5	48	24
2	Стропка формы	0,5	24	12
2	Переворот формы из горизонтального положения в вертикальное	3	24	72
2	Перемещение формы на пост предварительной выдержки	1	24	24
2	Расстроповка формы	0,5	24	12
2	Строповка формы с изделием	0,5	24	12
2	Перемещение формы с изделием на пост ТВО	1	24	24
2	Растроповка формы	0,5	24	12
2	Строповка формы с изделием	0,5	24	12
2	Перемещение формы на пост распалубки	1	24	24
2	Растроповка формы	0,5	24	12
2	Строповка изделия	0,5	24	12
2	Перемещение на пост приемки и маркировки	1	24	24
2	Расстроповка изделия	0,5	24	12
2	Строповка изделия	0,5	24	12
2	Укладка изделия на самоходную тележку	1	24	24
2	Расстроповка изделия	0,5	24	12

Коэффициент использования крана во времени:

$$K_B = \sum \tau_i / t_{см}, (10)$$

где τ_i – время выполнения краном i -той операции, мин.

$$K_{B1} = 408/480 = 0,85$$

$$K_{B2} = 288/480 = 0,6$$

Грузоподъемность (в тоннах) кранов определяется:

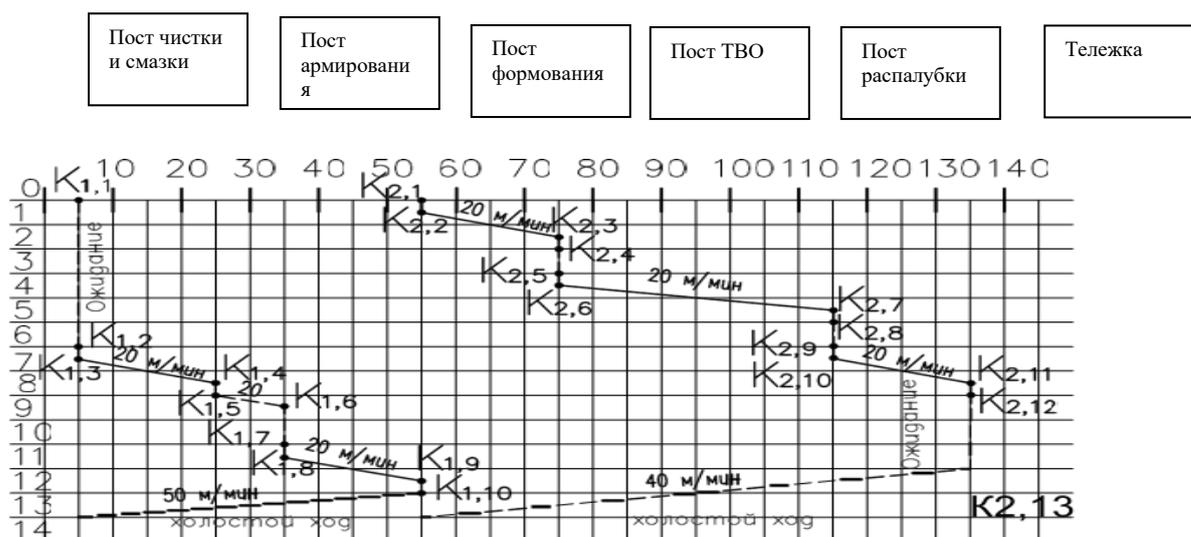
$$Q_k = N_1 + N_2 + N_3, (11)$$

где N_1 – масса груза или изделия, т; N_2 – масса формы, т, принимаем

Автоматическая траверса	-	0,67	20 т	3	2
Ямная камера	-	10	10152 м ³ год	5	30
Подкатная тележка с подъемной платформой	-	3,7	80 м/мин	5	10
Машина для чистки формы	-	0,35 1	19 л/мин	1	11,5
Машина для смазки формы	-	0,35 1	19 л/мин	1	11,5
Установка для испытания нагрузением	-	-	-	1	10
Установка для гидроиспытания	-	-	-	1	10

7.5 Циклограмма работ машин технологической линии

Циклограмма дает наглядное представление о согласованности времени выполнения отдельных операций. Циклограмма отражает взаимное согласование работы машин формовочного цеха и обслуживающих машин. Циклограмма строится на длительность только одного цикла. На циклограмме проекция любой линии на ось t есть продолжительность выполнения операции, проекция любой линии на ось S – перемещение машины при выполнении операции. Угол наклона линии оси абсцисс – скорость перемещения машины. При работе двух формовочных параллельно размещенных постов во избежание столкновения отдельных машин, особенно кранов, следует применять некоторый сдвиг во времени начала операции на одном посту.



Описание хода крана

К1,1-К1,2-ожидание
 К1,2-К1,3-строповка формы на посту чистки и смазки
 К1,3-К1,4-перемещение формы на пост армирования
 К1,4-К1,5- расстроповка формы на посту армирования
 К1,5-К1,6-холостой ход
 К1,6-К1,7-ожидание
 К1,7-К1,8-строповка формы на посту формования
 К 1,8-К1,9- перемещение на пост ТВО
 К1,9-К1,10-расстроповка на посту ТВО
 К2,1-К2,2-строповка
 К2,2-К2,3-перемещение на пост распалубки
 К2,3-К2,4- расстроповка на посту распалубки
 К2,4-К2,5-ожидание
 К2,5-К2,6-строповка изделия
 К2,6-К2,7- перемещение изделия на пост распалубки и доводки
 К2,7-К2,8- расстроповка изделия на посту распалубки и доводки
 К2,8-К2,9- ожидание
 К2,9-К2,10-строповка изделия на посту распалубки и доводки
 К2,10-К2,11-погрузка изделия на тележку
 К2,11-К2,12-расстроповка
 К2,12-К2,13-ожидание

7.5 Организация труда рабочих на технологической линии

В состав производственной бригады технологической линии входят рабочие, непосредственно выполняющие технологические операции, а также машинисты и операторы всех видов технологического оборудования, включая мостовые краны и передаточные тележки. Состав производственной бригады действующей линии устанавливается в соответствии с конкретной расстановкой рабочих по постам и отдельным операциям в зависимости от их

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						73
<i>Изм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Лит</i>		

трудоемкости (см. табл.15) с тем, чтобы обеспечить заданный режим выпуска изделий.

Таблица 7.4 – Состав производственной бригады в сутки

Технологический пост, операция	Наименование профессии	Количество, чел.	Разряд
Пост подготовки формы			
Чистка формы	Бетонщик	2	3
смазка формы			
смачивание формы водой и посыпка песком			
Пост подготовки арматуры			
сборка арматурных каркасов	Оператор каркасно-сварочной машины	3	4
Пост армирования			
установка арматурных каркасов	Арматурщик	3	3
фиксация арматурных каркасов в форме в проектном положении			
Два поста формования			
Распределение бетонной смеси	Бетонщик	3	4
Увеличение скорости вращения формы			
Уплотнение бетонной смеси			
Плавное снижение скорости вращения формы, слив шлама			
Заглаживание внутренней поверхности			
Пост распалубки			
освобождение изделия от обечайки формы	Такелажник	1	3
Пост выдержки			
выдерживание изделия	Пропарщик	1	3
Пост ТВО			
Тепло влажностная обработка	Пропарщик	1	3
Пост приемки и маркировки			
приемка и маркировка изделий	Инженер ОТК	1	3
Пост проведения испытаний			
Испытание нагружением	Инженер ОТК	1	3
Гидроиспытание	Инженер ОТК	1	3
Перемещение изделий и каркасов			
Установка каркасов, перемещение изделий и каркасов	Крановщик	3	4
Строповка и расстроповка изделий, каркасов	Строповщик	5	3

Выработка в год на одного рабочего (м³/чел):

$$B = P/\delta, (14)$$

где P – годовая производительность линии, м³; δ – суточное число рабочих в бригаде.

$$B = 45402 / 25 = 1816,1 \text{ м}^3/\text{чел}$$

Затраты труда (трудоемкость) на единицу изготавливаемой продукции

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						74
Изм.	Лис.	№ док.	Подпись	Лит		

в чел.*час/м³ устанавливаются исходя из состава производственной бригады:

$$r = R * c * h / P * n_c, (16)$$

где R – явочное число рабочих в бригаде в сутки, чел; c – число рабочих суток в году; h – число рабочих часов в сутки; P – годовая производительность, м³; n_c – число смен в сутки.

$$r = (25 * 250 * 23) / (45402 * 3) = 1 \text{ чел.} * \text{час} / \text{м}^3$$

7.6 Определение уровня механизации и автоматизации

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

$$Y = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{\sum n_i} * 100\% = \frac{25}{3 * 17} * 100\% = 49\%$$

Где z – характеристика вида механизации операции;

k – коэффициент степени механизации операций;

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:

$$Y_a = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{1.5 \sum n_i} * 100\% = \frac{10}{1.5 * 17} * 100\% = 39\%$$

Где z – характеристика вида механизации операции;

k – коэффициент степени механизации операций;

n_i – количество операций;

Т.к., согласно ОНТП-07-35 уровень механизации в формовочных цехах должен быть не менее 50%, следует, что рассчитанный уровень механизации не удовлетворяет требованиям.

Согласно ОНТП-07-85, уровень автоматизации должен составлять не менее 30%, значит можно заключить, что расчетный уровень автоматизации удовлетворяет требованиям.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		75

Подсчет коэффициентов уровней механизации и автоматизации
представлен
в таблице 7.6.

Табл. 7.6 Подсчет коэффициентов уровней механизации и автоматизации

№	Наименование операций	Механизация				Автоматизация			
		z	k	n	zkn	z'	k'	n'	z'k'n'
1	Сборка формы	2	0,5	1	1	0	0,5	1	0
2	Чистка и смазка	2	0,5	1	1	0	0,5	1	0
3	Перемещение формы на пост армирования	3	0,5	1	1,5	1	1	1	1
4	Сборка каркаса	2	0,5	1	1	0	0,5	1	0
5	Установка в форму	0	0,5	1	0	0	0,5	1	0
6	Перемещение формы на центрифугу	3	1	1	3	1	1	1	1
7	Подготовка бетоноукладчика	3	1	1	3	1	1	1	1
8	Укладка и уплотнение бетонной смеси	3	0,5	1	1,5	1	0,5	1	0,5
9	Заглаживание поверхности	0	0,5	1	0	0	0	1	0
10	Термообработка	3	1	1	3	1	1	1	1
11	Перемещение на пост ТВО	3	0,5	1	1,5	1	1	1	1
12	Подача на пост распалубки	3	0,5	1	1,5	1	1	1	1
13	Распалубка изделий	2	0,5	1	1	0	0	1	0
14	Перемещение на пост доводки	3	0,5	1	1,5	1	1	1	1
15	Перемещение формы на пост чистки и смазки	3	1	1	3	1	1	1	1,5
16	Доводка изделия	0	0,5	1	0	0	0	1	0
17	Погрузка изделия на тележку	3	0,5	1	1,5	1	1	1	1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был разработан проект по производству безнапорных труб Т 1200. Формование изделия осуществляется с помощью центробежно-прокатной машины и бетоноукладчика с последующей немедленной распалубкой. Принят режим работы технологической линии соответственно 250 суток. Годовая производительность завода – 45402 м³, годовая выработка на одного рабочего – 1816,1 м³/чел. Тепловая обработка производится в ямных камерах в течение 8 часов, общее количество ямных камер – 5 штук.

По данным расчета определена потребность производства в бетонной смеси и материала, который определен в соответствии с программой выпуска железобетонных изделий по установленной производительности.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						77
<i>Изм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Лат</i>		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трофимов, Б. Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебное пособие / Б. Я Трофимов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2002. – 68с.
2. ГОСТ 6482–2011. Трубы железобетонные безнапорные. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 73 с.
3. ГОСТ 23009–78. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения (марки). – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 50 с.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 61 с.
5. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 49 с.
6. ГОСТ 22733–2016. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 61 с.
7. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 43 с.
8. ГОСТ 8829–94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 48 с.
9. ГОСТ 26633–2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 33 с.
10. ГОСТ 10178–85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 48 с.
11. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 45 с.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		78

12. ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 33 с.
13. ГОСТ 23732–2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 56 с.
14. ГОСТ 18105–2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 46 с.
15. ГОСТ 10922–12. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 55 с.
16. ГОСТ 14098–14. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 34 с.
17. ГОСТ 5781–82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 56 с.
18. ГОСТ 6727–80. Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 60 с.
19. ГОСТ 31384–17. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2018. – 44 с.
20. ГОСТ 16338–84. Полиэтилен низкого давления. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 32 с.
21. ГОСТ 26996–84. Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 32 с.
22. ГОСТ 21780–83. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 35 с.
23. ГОСТ 13015–2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки,

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						79
<i>Изм.</i>	<i>Лис.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Лат</i>		

маркировки, транспортирования и хранения. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 39 с.

24. ГОСТ 12.1.007–76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 41 с.

25. СП 1.1.1058–01. Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 53 с.

26. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 58 с.

27. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 46 с.

28. ГОСТ 12.4.021–75. Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 53 с.

29. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 60 с.

30. ГОСТ 12.2.003–91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 64 с.

31. ГОСТ 12.3.002–2014. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 53 с.

32. ГОСТ Р 12.1.019–2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 57 с.

									Лис
									80
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист					

08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ

33. ГОСТ 12.1.030–81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 55 с.

34. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 59 с.

35. СанПиН 2.6.1.2523–2009. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 52 с.

36. ГОСТ 17.2.3.02–2014 . Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 51 с.

37. ГОСТ 25706–83. Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 67 с.

38. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 45 с.

39. ГОСТ 17624–2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 46 с.

40. ГОСТ 22690–2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 25 с.

41. ГОСТ 12730.0–78. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 28 с.

42. ГОСТ 12730.5–2018. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. – М.: Изд-во стандартов, 2018. – 24 с.

43. ГОСТ 12730.3–78. Бетоны. Метод определения водопоглощения. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 30 с.

44. ГОСТ 10060–2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 51 с.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						81
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		

45. ГОСТ 30108–94. Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 58 с.

46. ГОСТ 17625–83. Конструкция и изделия железобетонные. Радиационный метод определения толщины защитного слоя бетона, размеров и расположения арматуры. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 56 с.

47. ГОСТ 22904–93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 57 с.

48. ГОСТ 26433.0–85. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 32 с.

49. ГОСТ 26433.1–89. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 53 с.

50. ОНТП 07–85 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. – Москва: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986 - 55 с.

51. СНиП 3.09.01–85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 33 с.

52. СП 130.13330.2018. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. СНиП 3.09.01–85. – М.: Изд-во стандартов, 2019. – 49 с.

53. Пособие к СНиП 3.09.01–85. Пособие по технологии формирования железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1988. – 50 с.

54. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85) / ВНИИЖелезобетон.– М.:Стройиздат,1980. – 49 с.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лам		82

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

56. Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий. – М.: Стройиздат, 1988. – 128 с.

57. Рекомендации по технико-экономической оценке способов изготовления железобетонных конструкций и изделий. – М.: НИИЖБ, 1988. – 197 с.

58. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. – М.: Стройиздат, 1988. – 151 с.

59. Производство сборных железобетонных изделий. Справочник под ред. К.В. Михайлова, К.М. Королёва. – М.: Стройиздат, 1989. – 447 с.

60. Рекомендации по определению расчетной стоимости и трудоёмкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. – М.: Стройиздат, 1987. – 144 с.

61. ГОСТ 10181–2014. Смеси бетонные. Методы испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 23 с.

62. ГОСТ 7473–2010. Смеси бетонные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 30 с.

63. ГОСТ 22685–89. Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 18 с.

64. ГОСТ 12.3.009–76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1977. – 44 с.

65. ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 41 с.

66. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 29 с.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
						83
Изм.	Лис	№ докум.	Подпись	Лист		

67. ГОСТ 12.1.012–2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 32 с.

68. СП 52.13330.2016 . Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 25 с.

					08.03.01.2021.246.00.00.ПЗ	Лис
Изм.	Лис	№ док.	Подпись	Лист		84