

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

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

/В.Н.Никитин/

«      »

2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/Т.Н.Черных/

«      »

2017 г.

**Пояснительная записка к дипломному проекту**

**270100.62.2016.051.051.00.00.П3**

**Производство железобетонных плит покрытия трамвайных путей**

Консультанты:

Технологический раздел

/Б.Я.Трофимов/

«      »

2017 г.

Механическое оборудование

/М.Д.Бутакова/

«      »

2017 г.

Теплотехника

/Т.Н.Черных/

«      »

2017 г.

Автоматика

/В.А.Абъязов/

«      »

2017 г.

Организация

/С.Н.Погорелов/

«      »

2017 г.

Экономика

/Б.Я.Трофимов/

«      »

2017 г.

БЖД

/Б.Я.Трофимов/

«      »

2017 г.

Руководитель проекта

/ Б.Я.Трофимов /

«      »

2017 г.

Автор проекта

студент(ка) группы АС –

/Д.Н.Нуриманов/

«      »

2017 г.

Нормоконтролёр

/Т.Н.Черных/

«      »

2017 г.

Челябинск

2017

## АННОТАЦИЯ

Нуриманов Д.Н. Производство плит покрытия трамвайных путей – Челябинск: ЮУрГУ, стр.мат. и изд., 2017, 84с., 7 ил., 12 таб.

Библиографический список – 20 наименований.

В дипломном проекте рассмотрена технология производства плит покрытия трамвайных путей, предложены решения по внедрению нового технологического оборудования, проведен расчет состава бетонной смеси, теплотехнический расчет и расчет технико-экономических показателей производства. Получен экономический эффект за счет внедрения нового оборудования и изменения способа производства.

Изм	Дата	№ докум.	Подп.	Дата	08.03.01.2017.051.00.00.ПЗ		
Разраб.	Нуриманов Д.Н.						
Проверил	Трофимов Б.Я.						
Н.контр.	Черных Т.Н						
Утв.	Черных Т.Н						
					Производство железобетонных плит покрытия трамвайных путей	Литера	Лист
						ДП	4
							79
						ЮУрГУ	
						Кафедра	
						«Строительные материалы и изделия»	

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	7
РАЗДЕЛ 1 ОПИСАНИЕ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ .....	9
1.1 Описание выпускаемой продукции и ее применение.....	9
РАЗДЕЛ 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
2.1 Типы, основные параметры и размеры.....	11
2.2 Технические требования.....	12
2.3 Бетон.....	13
2.4 Армирование .....	15
2.5 Поставка плит.....	16
2.6 Точность изготовления плит.....	16
2.7 Препечатка плит.....	17
2.8 Испытание плит по прочности и трещиностойкости.....	18
2.9 Маркировка хранение и транспортирование.....	20
2.10 Предложения по усовершенствованию технологии производства.	20
2.11. Разработка структуры производственного процесса .....	23
РАЗДЕЛ 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	25
3.1. Выбор режима ТВО .....	25
3.2 Описание ямией пропарочной камеры.....	26
3.3. Технологический расчет ямией камеры .....	27
3.4. Теплотехнический расчет ямией камеры .....	30
РАЗДЕЛ 4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	36
4.1 Используемое оборудование и его описание.....	37
4.2 Расчет виброплощадки.....	40
РАЗДЕЛ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	42
5.1 Анализ технологического процесса и его аппаратное оформление с точки зрения задач автоматизации.....	42
5.2 Описание функциональной схемы.....	43
5.3 Описание принципиальной электрической схемы.....	44
РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА .....	49

6.1 Выбор способа производства.....	49
6.2 Описание технологического процесса.....	50
6.3. Постройка циклограмм .....	53
РАЗДЕЛ 7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ .....	57
РАЗДЕЛ 8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНEDЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	62
8.1.Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	62
8.2 Безопасность производственных процессов и оборудования .....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	77

## **ВВЕДЕНИЕ**

В наше время сборный железобетон является осиовыим стронтельным материалом при возведенинн зданий и сооружений.

Железобетонные изделия в условиях жизни современного города мы наблюдаем абсолютно повсюду, начиная от бордюрных камней заканчивая футуристичными небоскребами.

Целью проекта является разработка технологий производства железобетонных плит покрытий трамвайных путей.

Исторически в странах СССР трамвай был самым распространенным и доступным видом общественного транспорта. Много говорят о значимости трамвая фраза всенародного старосты «всесоюзным старостой» М. И. Калниным: «Если в городе работает трамвай - значит, в городе действует Советская власть.» Бум создания трамвайных систем началось еще с начала 20-го века и продолжался до мировых войн. В то время трамвай был осиовыим видом транспорта, автобусный транспорт еще развивался, а автомобили были роскошью. В 1990 число городов с трамваями равнялось в СССР 70, было перевезено 6 млрд. пассажиров, а общая протяженность трамвайных путей составляла 3 тысячи километров.

Сейчас в России трамвай уже потерял свою значимость. Однако и в наше время можно найти города с развивающимся трамвайным транспортом, как Волгоград с его метротрамом или Магнитогорск в котором до сих пор строят новые линии. Кроме Магнитогорска, в этом списке Ульяновск, Коломна, Казань, Набережные Челны, Екатеринбург и некоторых других городах. В 2010 году городов с трамваями насчитывалось 61, а общая протяженность трамвайных путей 2,5 тысячи километров, эта статистика говорит о том, что трамвайный транспорт будет актуален еще долгое время, следовательно, будет актуально производство плит покрытия трамвайных путей.

Трамвайные плиты постоянно подвергаются высокой динамической нагрузки, а в зимнее время воздействию солей и перепадов температуры, чтобы выдерживать такие нагрузки плитам необходимы такие качества как высокое качество и

долговечность. Однако по данным завода ЖБИ № 15 НПО «Моспромстройматерпалы», на котором в течение ряда лет из тяжелого бетона М400 изготавливались железобетонные плиты для покрытий трамвайных путей по поточко-агрегатной технологии, несмотря на ряд мероприятий по обеспечению качества, проведенных заводом, плиты в большинстве случаев не соответствовали требованиям по долговечности. Изделия, срок службы которых определен в 20 лет, выходили из строя после 2-3 лет эксплуатации: разрушался верхний слой бетона, обнажалась и корrodировала арматура.

Исходя из этих данных можно сделать вывод о том, что существующая технология изготовления трамвайных плит не обеспечивает долговечности и нуждается в доработке.

К основным задачам, которые необходимо решить при выполнении проекта, можно отнести: анализ выпускаемой продукции и сырьевых материалов; технико-экономическое обоснование технологии и способа производства, выбор оборудования и проектирование технологической линии по производству изделия; разработку мер по контролю качества и охране труда.

## **РАЗДЕЛ 1 ОПИСАНИЕ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ**

### **1.1 Описание выпускаемой продукции и ее применение.**

Плиты трамвайные железобетонные - это высокопрочные конструкции, которые применяются в дорожном строительстве в качестве покрытий трамвайных путей. Трамвайные плиты обеспечивают безопасность передвижения по трамвайным путям, предотвращая их смещение и проседание. Железобетонные плиты используются на прямых и кривых участках трамвайных путей, в колее, на обочинах их межпутях различной ширины. От качества плиты во многом зависит безопасность передвижения по ним пассажирских вагонов и автомобильного транспорта. Поэтому к железобетонным плитам трамвайных путей применяются не менее строгие требования, чем к любым другим дорожным покрытиям, нормы и стандарты их производства закреплены в ГОСТ 19231.0(1)-83. Железобетонная плита отвечает особым требованиям прочности, так как эксплуатируется под воздействием динамической нагрузки трамваев и автомобилей, проходящих по ее покрытию.

Высокие эксплуатационные качества и простота конструкции позволяют применять трамвайные плиты также при устройстве автостоянок, бензозаправочных станций, остановок общественного транспорта, в местах заезда транспортных средств на строительных площадках, промышленных полигонах и т.д.

Железобетонные трамвайные плиты применяются для покрытия трамвайных путей шинной колеи (расстояние между внутренними гранями головок рельсов) 1520 мм. Данная ширина колеи стандартизована для всех железнодорожных путей России. Ранее ширина колеи на российских дорогах составляла 1524 мм. С 1970 года железные дороги СССР начали изменение ширины колеи с 1524 мм на 1520 мм, однако по правилам Технической Эксплуатации допускается использование существующей колеи 1524 мм до ее капитального ремонта или реконструкции, так как разница в 4 мм не требует переоборудования подвижного состава.

Трамвайные плиты предполагаются для укладки на прямых и кривых участках пути, а также в колее, на обочинах и в междупутьях.

Применение железобетона в качестве материала для изготовления трамвайных плит обусловлено высокой прочностью бетона и его способностью выдерживать значительные нагрузки, которые возникают как от климатических условий в районе эксплуатации, так и от проезжающего по путям транспорта. Низкий коэффициент изнашиваемости изделий из железобетона позволяет значительно увеличить эксплуатационный срок трамвайных путей. При этом железобетон, по сравнению с другими строительными материалами, значительно дешев в производстве, требует меньше энергетических затрат. Выдающиеся физические характеристики и экономическая выгода привели к тому, что железобетон стал самым популярным материалом в большинстве сфер строительства.

Конструктивно железобетонные трамвайные плиты представляют собой прямоугольную фигуру сплошного сечения и большой толщины (высоты). На нижних частях боковых граней предусмотрены технологические скосы, предназначенные для улучшения фиксации и предотвращения смещения плит в грунте.

## РАЗДЕЛ 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

### 2.1 Типы, основные параметры и размеры.

В проекте рассматривается изготовление плит 2П 14.19.12

Плиты делятся на типы в зависимости от вида шпал для укладки, на которые они предназначены:

- 2П укладываются с железобетонными шпалами;

Основные размеры и форма указаны на рис.1 и в табл.1.

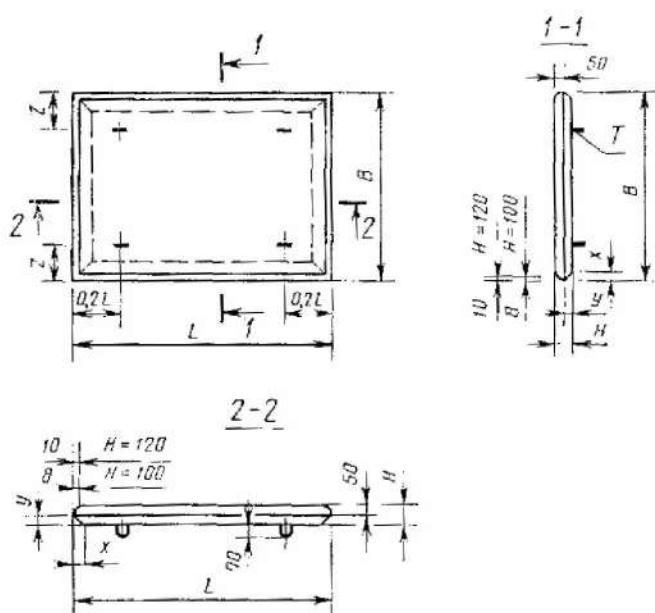


Рис.1 Схема плиты 2П

Таблица 1 – Форма и основные размеры плиты.

Марка	Размеры, мм						Привязочный размер $Z$ , мм	Масса плиты, т		
	Ширина $B$	Длина $L$	Толщина $H$	Скос						
				X	Y					
2П14.19.12	1400	1860	120	140	70	300		0,7		

Автомобильная нагрузка, на которую рассчитана плита зависит от ее толщины, при 120 мм – до 30т., при 100 мм – до 10 т.

Армирование плит осуществляется сетками из стержневой арматуры класса А400 или Ат400 и проволочной арматуры класса Вр-1.

Плиты рекомендуется производить без подъемных технологических петель. Возможно наличие технологических петель, расположение которых должно соответствовать указанному на рис.1.

Конструкция арматурных сеток фиксаторов и петель приведены в ГОСТ 19231.1-83.

Заштитный слой бетона в изделии равен 25 мм.

Плиты обозначают марками в соответствии с ГОСТ 23009-78.

Марка плиты состоит из букв и цифр указывающих на тип плиты и ее размеры: длину и ширину в дециметрах (округляются до целого числа) и толщину в сантиметрах.

Марка 1П шириной 1400 мм, длиной 2070 мм, толщиной 120 мм, пред назначенной для укладки в колее и междупутье на прямых участках пути:

– 1П14.21.12

## 2.2 Технические требования.

Плиты производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 19231.0-83 и его технологической документации, утвержденной в установленном порядке, в том числе по чертежам.

Стальные формы должны обеспечивать соблюдение требований, установленных ГОСТ 19231.0-83 к качеству и точности изготовления плит.

Плита должна выдерживать контрольные нагрузки, указанные в табл.2.

Таблица 2 – контрольные нагрузки

Марка	Контрольная нагрузка (без учета собственного веса), кН (кгс), при проверке плит	
	на прочность ( $P_{разгр}$ )	на трещиностойкость ( $P_{конт}$ )
2П14.19.12	133,31 (13594)	80,79 (8238)

### 2.3 Бетон.

При производстве плит используется тяжелый бетон классом прочности на сжатие В30

Для плит высшей категории качества коэффициент вариации бетона должен быть не более 8%

Морозостойкость и водонепроницаемость бетона при ниже минус 15°C - F200, W4.

Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости указывается в заказе на изготовление плит.

Водопоглощение должно быть не более 5 % по массе.

#### 2.3.1 Вода.

Согласно ГОСТ 23732–2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия» для затворения бетонной смеси при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой используется вода со следующими характеристиками:

- содержание растворимых солей, не более –5000 мг/л;
- содержание ионов  $\text{SO}_4^{2-}$ , не более – 2700 мг/л;
- содержание ионов  $\text{Cl}^-$ , не более – 1200 мг/л;
- содержание взвешенных частиц, не более – 200 мг/л;

- общее содержание в воде ионов  $Na^+$  и  $K^+$  в составе растворимых солей, не более – 1500 мг/л;

Вода, признается пригодной, если по сравнению с результатами испытаний, проведенных на питьевой воде, сроки схватывания цемента изменяются не более чем на 25 %, прочность бетона через 7 и 28 суток нормального твердения, а также морозостойкость и водонепроницаемость бетона не снижается, а арматурная сталь в бетоне находится в устойчивом пассивном состоянии.

Водородный показатель воды рН – 4...12,5.

### 2.3.2 Песок

В качестве мелкого заполнителя может быть применен природный песок по ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия», а также смешанный песок из мелкого или очень мелкого природного песка и дробленого песка из отсевов дробления изверженных горных пород. Не допускается применять в качестве мелкого заполнителя песок из отсевов дробления без смешения его с природным песком. Песок должен иметь среднюю плотность от 2000 до 2800 кг/м<sup>3</sup>.

Зерновой состав мелкого заполнителя должен соответствовать графику, приведенному на рисунке 1. Учитывают только зерна, проходящие через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Согласно ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия»[], мелкий заполнитель для вновь строящихся жилых и общественных зданий должен иметь удельную эффективную активность естественных радионуклидов  $A_{\text{эфф}}$  до 370 Бк/кг.

### 2.3.3 Щебень

В качестве крупного заполнителя должен применяться фракционированный щебень из естественного камня или гравия по ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий

из плотных горных пород для строительных работ». Согласно ГОСТ 19231-83 наибольшая крупность щебня принимается 20 мм.

Паспортные характеристики щебня фракции 5...20 мм приведены в таблице. Заполнители поставляются на завод автомобильным транспортом. Подача заполнителей в бетоносмесительный цех осуществляется ленточным транспортером.

### **2.3.4 Добавки**

По СНиП 3.06.04-91[] введение в бетонную смесь комплексных добавок для обеспечения морозостойкости обязательно для бетонов с проектной маркой F 200 и выше. Для регулирования и улучшения свойств бетонной смеси и бетона, снижения расхода цемента и энергетических затрат следует применять химические добавки, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов».

### **2.4 Армирование**

Форма и размеры арматурных сеток, фиксаторов и технологических петель указаны в ГОСТ 19231.1-83.

Армирование плит необходимо производить как указано на рис.3.

Рисунок 3 – схема армирования.

Таблица 5. Технические показатели плиты

Марка плиты	Нормативная подвижная автомобильная нагрузка	Класс бетона по прочности на сжатие	Расход материалов на плиту	
			Бетон, м <sup>3</sup>	Сталь, кг
2П14.19.12	H-30	B30	0,28	19,46

Подъемные технологические петли следует изготавливать из арматуры класса А-II марки 10ГТ. Допускается применение для петель гладкой арматуры класса АI марок ВСт3сп2 и ВСт3пс2.

## 2.5 Поставка плит

Поставка плит покупателю производится только после достижения бетоном отпускной прочности.

Отпускная прочность в зависимости от температуры

- 100 - для плит, предназначенных к укладке в путь при температуре наружного воздуха минус 5°C и ниже;
- 70 - то же, выше минус 5°C.

Если завод гарантирует достижение прочности соответствующей классу в возрасте 28 суток поставка может быть осуществлена с отпускной прочностью ниже класса бетона по прочности.

## 2.6 Точность изготовления плит

Отклонения фактических размеров плит и толщины защитного слоя бетона до арматуры от номинальных не должны превышать, мм:

по длине ..... ±5

по ширине ..... ±3

по толщине ..... ±5

по толщине защитного слоя бетона .... ±3

Для плит высшей категории качества предельные отклонения по толщине плит и толщине защитного слоя бетона не должны превышать +3 мм.

Размеры раковин, местных наплывов и впадин на поверхностях плит и околов ребер бетона не должны превышать указанных в табл.5.

Трещины на поверхностях плит не допускаются. Местные поверхностные усадочные и технологические трещины шириной не более 0,1 мм и длиной не более 50 мм не являются основанием для их браковки. При этом количество трещин не должно быть более пяти на 1,5 м<sup>2</sup> поверхности плиты.

Таблица 5 – предельные размеры.

Поверхность	Предельные размеры, мм				
	раковин		местных наплывов (высота) и впадин (глубина)	околов бетона	
	Диаметр	Глубина		Глубина	Длина на 1 м ребра
Рабочая	6	3	3	5	50
Нерабочая	15	5	5	10	100

## 2.7 Приемка плит.

Приемку плит по показателям прочности бетона (классу бетона по прочности на сжатие, отпускной прочности), соответствия арматурных изделий требованиям ГОСТ 19231.1-83, прочности сварных соединений, толщины защитного слоя бетона до арматуры, точности геометрических параметров, качества поверхностей следует проводить по результатам приемо-сдаточных испытаний и контроля.

Приемку плит по показателям их прочности и трещиностойкости, а также по морозостойкости, водонепроницаемости, водопоглощению бетона следует проводить по результатам периодических испытаний.

## 2.8 Испытание плит по прочности и трещиностойкости

Испытание по прочности и трещиностойкости проводится нагружением.

По достижению бетоном плит прочности соответствующей классу проводят испытание.

Схемы испытания указаны на рис.4 и табл.6, а значения контрольных нагрузок - по табл.7.

Таблица 6 – точки приложения нагрузки

Длина плиты мм.	Расстояние ( $2a$ ) между точками приложения нагрузки для плит типов ММ.
	2П
1860	690(730)

1 - испытуемая плита; 2 - деревянные брусья сечением 10x10 см; 3 - нагрузка на всю ширину плиты, L-длина плиты (см. табл.1)

Рисунок 4 –схема испытания плит

Таблица 7 – контрольные значения.

Марка плиты	Контрольная нагрузка (без учета собственного веса), кН (кгс), при проверке плит	
	на прочность ( $P_{разгр}$ )	На трещиностойкость ( $P_{конт}$ )
2П14.19.12	133,31 (13594)	80,79 (8238)

Примечания:

- В результате испытаний ширина трещин должна быть не более 0,2 мм
- Контрольная нагрузка указана без учета коэффициента надежности

Прочность бетона на сжатие следует определять по ГОСТ 10180-78 на серии образцов, изготовленных из бетонной смеси рабочего состава и хранившихся в условиях по ГОСТ 18105.1-80.

Допускается определять фактическую прочность бетона плит ультразвуковым методом по ГОСТ 17624-2012 или приборами механического действия по ГОСТ 22690-88, а также другими методами, предусмотренными действующими стандартами на методы испытаний бетона.

Морозостойкость определяется на образцах из бетонной смеси, предназначеннной для производства, производится путем циклического оттаивания – замораживания в 5%-ном растворе NaCl

Методы контроля и испытаний сварных арматурных изделий следует принимать по ГОСТ 10922-75.

Ширину раскрытия трещин следует измерять при помощи отсчетного микроскопа типа МПБ-2 с ценой деления шкалы 0,05 мм и набора щупов по ТУ 2-034-225-87.

## *2.9 Маркировка хранение и транспортирование.*

Маркировка наносится на боковую грань плиты.

Она должна указывать марку бетона, морозостойкость и дату производства.

Маркировочные надписи и знаки следует наносить на боковой грани каждой плиты.

Хранение и транспортирование плит должно производиться в рабочем (горизонтальном) положении.

Плиты следует хранить на складах грузоотправителей и грузополучателей в штабелях рассортированными по маркам и партиям.

Высота штабеля должна быть не более 1,5 м.

Не допускается:

- разгрузка плит сбрасыванием;
- захват плит за подъемные технологические петли при погрузке, разгрузке и монтаже.

Плиты транспортируются автомобильным или железнодорожным транспортом рабочей поверхностью вверх с надежным крепежом.

## *2.10 Предложения по усовершенствованию технологии производства.*

### *2.10.1 Использование высоко морозостойких бетонов на ШПЦ*

Для увеличения долговечности изделия предлагается использование тяжелого бетона на шлакопортландцементах.

Скорость разрушения бетона при циклическом замораживании связана со структурой гидратных фаз цементного камня.

Шлакопортландцементы при повышенных температуре и влажности образуют более устойчивых продуктов коллоидной степени дисперсности чем портландцементы.

Пропаренный бетон на ШПЦ способен релаксировать возникающие напряжения, это обеспечивается стабильностью гелеобразных фаз и способствует повышению морозостойкости бетона, следовательно его долговечности.

Состав морозостойкого бетона на шлакопортландцементах разработан кафедрой Строительных материалов ЮУрГУ

Состав бетона:

Количество, кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси:

- Цемента 483
- Песка 487
- Щебня 1253
- Воды 181
- Добавок 3,4776

В/Ц = 0,375

Добавки, % от массы цемента:

- Суперпластификатор С4 0,7
- Смола нейтраллизованная воздуховолекающая (СНВ) 0,02

Характеристики используемого цемента ШПЦ 400

Процентное содержание шлака - 45%

Удельная поверхность см<sup>2</sup>/г – 3280

Нормальная густота % - 25,4

Марочная прочность, МПа

- Прн изгибе - 5,56
- Прн сжатии - 39,4

Цемент удовлетворяет техническим требованиям изделия.

При пропаривании необходим мягкий режим ТВО со скоростью подъема температуры не более 10°C

#### 2.10.2 Использование групповых форм с магнитной бортоснасткой.

При типовой технологии используются одиночные стальные формы, что приводит к низкой производительности, для ее повышения следует использовать групповые стальные формы, так как габариты изделия это позволяют.

Для увеличения производительности предлагается использовать групповые формы с магнитной бортоснасткой, позволяющей изготавливать изделия любой формы и сложности, это обеспечит производство широкой номенклатуры производства на одной форме, состоящей из поддона и магнитных разделителей.

#### 2.10.3. Ведение элементов конвеера.

Применение групповых форм с магнитной борт оснасткой позволит оснастить линию движущими опорами. Это позволит уменьшить количество крановых операций, оптимизировать потребление трудовых ресурсов, и высоко автоматизировать технологическую линию с помощью разнообразного оборудования.

#### 2.10.4. Отказ от применения технологических петель из-за их малой функциональности и переход на арматурную сталь А500.

Наличие технологических петель малой функциональности.

В соответствии с ГОСТ 19231.0-83 плиты следует изготавливать без технологических петель, однако типовая технология подразумевает их наличие для распалубки мостовым краном, для погрузки, загрузки и монтажа петли использовать нельзя.

Следовательно, необходимо убрать технологические петли, это позволит снизить металлоемкость и упростить изделие. А распалубку и погрузку тележку осуществлять прижимными грузозахватными устройствами.

Замена арматурной стали несет как качественный, так и экономический эффект.

## 2.11. Разработка структуры производственного процесса

Технологические процессы производства плит: распалубка, чистка и смазка поддонов и опалубки, разметка и установка магнитной опалубки, армирование, формование, тепловая обработка, приемка и комплектация, складирование, отпуск потребителям.

Процесс распалубки состоит из следующих операций: Установка поддона на пост распалубки, снятие магнитной опалубки с помощью крана и зажимов и перенос ее на рольганг, перемещение изделия на пост выдержки, погрузка выдержанного изделия на тележку, перемещение поддона на чистку и смазку.

На посту чистки и смазки поддон проходит через машину чистки и смазки очищается поверхностью рейкой и вглубь щетками, равномерно смазывается вращающимся соплом, опалубка по рольгангу проходит через машину чистки и смазки где очищается щетками и равномерно смазывается соплом, поддон отправляется на разметку и установку магнитной опалубки.

Для приготовления эмульсии предусматриваем автоматизированное отделение по приготовлению жидких химических добавок бетона и раствора.

Поддон приезжая на пост разметки и установки останавливается. Разметка и установка магнитной опалубки производится плоттером и роботом, плоттер наносит разметку водной эмульсией под давлением и отходит на край подкранового каркаса что бы дать место роботу, устанавливающему по разметке магнитную опалубку пневматической головкой. После установки опалубки поддон едет на пост армирования.

На посту армирования вручную укладываются фиксаторы и арматурные сетки, после армирования поддон отправляется на пост формования. Для поднятия

Над постамн формования расположен бетоноукладчик порталного типа, перемещающийся по путям портала. Бетонная смесь поставляется в бункер бетоноукладчика из бетоносмесительного цеха с помощью автоматического бункера, перемещающегося по подвесным рельсам в пространстве цеха. После заполнения формы бетонной смесью производится ее уплотнение виброплощадкой. Заглаживание поверхности происходит с помощью вибонасадки бетоноукладчика.

Перемещение на пост ТВО производится с помощью мостового крана.

На посту ТВО такелажник заводит изделие в ямную камеру, после чего начинается автоматическая тепло-влажностная обработка изделия в заданном режиме.

## РАЗДЕЛ 3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

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.

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.

### 3.1. Выбор режима ТВО

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

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

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

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

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

Тепловая обработка должна проводиться по следующему режиму:

- подъём температуры до 80° 6 часа
- изотермический прогрев при температуре 80° 8 часов
- охлаждение 2 часа

### 3.2 Описание ямной пропарочной камеры

Изготавливаемая из железобетона пропарочная ямная камера имеет прямоугольную форму. Стены камеры делают комбинированными; по боковым стенам камеры устанавливаются стойки с кронштейнами. В одной из боковых стен делается отверстие для забора воздуха из атмосферы при охлаждении, снабженное водяным затвором. Сопряжение крышки со стенами камер снабжено также водяным затвором. Для отбора паровоздушной смеси устроен канал сообщающийся через водяной затвор с системой вентиляции. В днище предусмотрена система отбора конденсата, пропускающая его и не пропускающая пар. Для нагрева изделий через паропровод в камеру подается пар. Камеры размещаются в технологических линиях и соединяются в блоки. Габариты камеры в плане соответствуют габаритам обрабатываемых изделий. Для удобства обслуживания часть камеры заглубляется в землю.

Принцип работы камеры заключается в следующем. С камеры снимается крышка, изделие в форме опускается краном в камеру и устанавливается на иж-

ние 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 окончанию выдержки подача пара прекращается, и паровоздушная смесь удаляется из камеры. После охлаждения изделия камера раскрывается, а изделие, набравшее 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 Лаваля позволяет значительно интенсифицировать теплообмен между паровоздушной средой и поверхностями форм с уложенным бетоном благодаря созданию направленного движения теплоносителя. Эффективность системы парораспределения с использованием сопел Лаваля может быть повышена за счет применения внешнего эжектора. Теплообмен в камере в этом случае улучшается за счет подсоса паровоздушной смеси из нижней зоны камеры через перфорированные трубы.

### 3.3. Технологический расчет ямной камеры

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

Длину камеры определяют по формуле:

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

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

$$l_\phi = 3 \cdot (l_{изд} + 2 \cdot 0,1) = 3 \cdot (1,86 + 2 \cdot 0,1) = 6,2 \text{ м} \quad (2)$$

$$L_k = 6,2 \cdot 1 + 3 \cdot 0,2 = 6,8 \text{ м}$$

Ширина камеры:

$$B_k = b_\phi \cdot n_1 + (n_1 + 1) \cdot l_1, \text{ м} \quad (3)$$

где  $b_\phi$  – ширина формы с изделием, м;  $n_1$  – количество форм по ширине камеры.

$$B_\phi = b_{изд} + 2 \cdot (0,01 + 0,1) = b_{изд} + 2 \cdot 0,11 = 1,62 \text{ м} \quad (4)$$

$$B_k = 1,62 \cdot 1 + 2 \cdot 0,3 = 2,22 \text{ м}$$

Высота камеры:

$$H_k = n_2 \cdot h_\phi + (n_2 - 1) \cdot h_1 + h_2 + h_3, \text{ м} \quad (5)$$

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.

$$H_\phi = h_{изд} + 0,23 = 0,12 + 0,23 = 0,35 \text{ м} \quad (6)$$

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

Объем камеры:

$$V_k = L_k \cdot B_k \cdot H_k \quad (7)$$

$$V_k = 6,8 \cdot 2,22 \cdot 3 = 45,3 \text{ м}^3$$

Коэффициент заполнения объема камеры:

$$q = n_{то} \cdot V_{и} / V_k \quad (8)$$

где  $V_i$  – объем бетона в одном изделии, м<sup>3</sup>;  $n_{то}$  – количество изделий в камере.

$$q = 7 \cdot 3 \cdot 0,28 / 45,3 = 0,129$$

Длительность цикла работы камеры:

$$\tau_{ц} = \tau_3 + \tau_p + \tau_b + \tau_{то}, \text{ ч} \quad (9)$$

где  $\tau_3$ ,  $\tau_p$  – длительность загрузки и выгрузки камеры, ч;  $\tau_{\text{в}}$  – то же, предварительного выдерживания изделий в камере перед тепловой обработкой, ч;  $\tau_{\text{то}}$  – режим тепловой обработки изделий, ч.

$$T_3 = (\tau_{\phi} \cdot n_{\text{то}}) / (m_{\phi} \cdot n_{\phi}), \text{ ч} \quad (10)$$

где  $\tau_{\phi}$  – длительность цикла формования изделий, ч;  $m_{\phi}$  – число формовочных установок;  $n_{\phi}$  – количество изделий, формуемых на одной установке за один цикл.

$$M_{\phi} = (G_r \cdot \tau_{\phi}) / (\tau_c \cdot c \cdot V_u), \quad (11)$$

где  $G_r$  – годовая производительность линии, м<sup>3</sup>/год;  $\tau_c$  – число рабочих часов в сутки, с – число рабочих дней в году.

$$M_{\phi} = (22400 \cdot 0,25) / (24 \cdot 253 \cdot 1,63) = 1,75$$

$$\tau_3 = (0,25 \cdot 21) / (1 \cdot 3) = 1,75 \text{ ч}$$

$$\tau_{\text{ц}} = 1,75 + 2,8 + 2 + 11 = 17,6 \text{ ч}$$

Коэффициент оборачиваемости камер в сутки:

$$K = 24 / \tau_{\text{ц}} = 24 / 17,6 = 1,36 \quad (12)$$

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

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

$$T_k = 23$$

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

$$M_k = (\tau_{\text{сут}} \cdot T_k) / (24 \cdot \tau_{\phi} \cdot n_{\text{то}}) \quad (13)$$

$$M_k = (24 \cdot 20) / (24 \cdot 0,2 \cdot 21) = 7 \text{ шт}$$

### 3.4. Теплотехнический расчет ямной камеры

1) Расход тепла на нагрев сухой части изделий:

$$Q_{c1} = (\Pi + \Gamma + \Delta) \cdot c_c \cdot (t_{61} - t_{60}) / 1000, \text{ МДж/м}^3 \quad (13)$$

где  $\Pi$ ,  $\Gamma$ ,  $\Delta$  – содержание цемента, песка, щебня в бетоне, кг/м<sup>3</sup>;  $c_c$  – теплоемкость сухой части бетона, кДж / кг °C;  $t_{61}$  – средняя к концу периода температура бетона в изделии, °C;  $t_{60}$  – начальная температура бетонной массы, °C.

$$Q_{c1} = (483 + 487 + 1253) \cdot 0,84 \cdot (80 - 20) / 1000 = 113,85 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{c2} = (483 + 487 + 1253) \cdot 0,84 \cdot 5 / 1000 = 10,48 \text{ МДж/м}^3$$

2) Расход тепла на испарение части

$$Q_{исп} = W \cdot (2493 + 1,97 \cdot t_{cp1}) / 1000, \text{ МДж/м}^3 \quad (14)$$

где  $W$  – для тяжелого бетона около 1% массы 1 м<sup>3</sup> бетона;

$t_{cp1}$  – средняя за период температура среды в камере, °C.

$$T_{cp1} = (t_0 + t_h) / 2 = (20 + 80) / 2 = 50 \text{ °C}$$

где  $t_0$  – температура среды в камере до начала тепловой обработки, °C;

$t_h$  – температура изотермической выдержки, °C.

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

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

$$Q_{B1} = (B - W) \cdot C_B \cdot (t_{61} - t_{60}) / 1000, \text{ МДж/м}^3 \quad (15)$$

где  $B$  – содержание воды в бетонной массе, кг/м<sup>3</sup>;  $C_B$  – теплоемкость воды, кДж/кг·°C.

$$Q_{B1} = (136 - 24) \cdot 4,19 \cdot (80 - 20) / 1000 = 28,16 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{B2} = (136 - 24) \cdot 4,19 \cdot 5 / 1000 = 2,35 \text{ МДж/м}^3$$

4) Расход тепла на нагрев арматуры и закладных деталей:

$$Q_{al} = A \cdot C_a \cdot (t_{al} - t_{60}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3 \quad (16)$$

где  $A$  – содержание арматуры и закладных деталей в изделиях,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$C_a$  и  $t_{al}$  – теплоемкость,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot{}^\circ\text{C}$ , и температура арматуры к концу периода,  ${}^\circ\text{C}$  (можно принять  $t_{al} = t_i$ ).

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

5) Расход тепла на нагрев форм:

$$Q_{\phi l} = \Phi \cdot C_{\phi} \cdot (t_{\phi l} - t_{\phi 0}) / 1000, \quad \text{МДж/м}^3 \quad (17)$$

где  $\Phi = G_{\phi}/V_i$  – удельная металлоемкость форм,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $G_{\phi}$  – масса формы,  $\text{кг}$ );  $C_{\phi}$  – теплоемкость форм,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot{}^\circ\text{C}$ ;  $t_{\phi 0}$ ,  $t_{\phi l}$  – температура форм в начале и конце периода,  ${}^\circ\text{C}$  ( $t_{\phi l} = t_h$ ).

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

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

6) Расход тепла на нагрев ограждающих конструкций:

$$Q_{огр} = \frac{T_2}{\lambda_{огр} \cdot a_{огр} \cdot V_i} \cdot A_i = F_i (\bar{t}_{ni0} + \bar{t}_{ni1}) \cdot \frac{\tau_i}{\lambda_i \cdot a_i} \quad (18)$$

где  $\lambda_i$  и  $a_i$  – теплопроводность,  $\text{Вт}/\text{м}\cdot{}^\circ\text{C}$  и температуропроводность,  $\text{м}^2/\text{ч}$ , материалов ограждений;  $F_i$  – площадь ограждающих конструкций по внутреннему обмеру,  $\text{м}^2$ ;  $t_{ni0}$  и  $t_{ni1}$  – средняя температура внутренних поверхностей ограждений в начале и конце периода,  ${}^\circ\text{C}$ ;  $\tau_i$  – 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, керамзитобетона и минеральной ваты

$$\lambda_e = \sum S_i / \sum (S_i / \lambda_i) \quad (18)$$

$$\lambda_e = (0,05 + 0,15 + 0,1) / (0,05/1,45 + 0,15/0,063 + 0,1/0,41) = 0,11 \text{ Bt/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

Эквивалентный коэффициент теплоемкости

$$C_e = \sum (\rho_i \cdot S_i \cdot C_i) / \sum (\rho_i \cdot S_i) \quad (19)$$

$$C_e = (2400 \cdot 0,05 \cdot 0,84 + 300 \cdot 0,15 \cdot 0,75 + 1700 \cdot 0,1 \cdot 0,56) /$$

$$(2400 \cdot 0,05 + 300 \cdot 0,15 + 1700 \cdot 0,1) = 0,68 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$$

Эквивалентная объемная масса или плотность

$$\rho_e = \sum (\rho_i \cdot S_i) / \sum S_i \quad (20)$$

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

Эквивалентная температуропроводность

$$a_e = (3,6 \cdot \lambda_e) / (C_e \cdot \rho_e) \quad (21)$$

$$a_e = (3,6 \cdot 0,11) / (0,68 \cdot 1586) = 0,00036 \text{ м}^2/\text{ч}$$

$$F_1 = 2 \cdot L_k \cdot H_k + 2 \cdot H_k \cdot B_k$$

$$F_1 = 2 \cdot 8,4 \cdot 3,35 + 2 \cdot 3,35 \cdot 3,95 = 82,75 \text{ м}^2 \quad (22)$$

Для многослойной крышки, состоящей из металлических листов и минеральной ваты

$$\lambda_e = (0,15 + 0,01) / (0,15/0,63 + 0,01/56) = 0,07 \text{ Bt/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$C_e = (300 \cdot 0,15 \cdot 0,75 + 7800 \cdot 0,01 \cdot 0,46) / (300 \cdot 0,15 + 7800 \cdot 0,01) = 0,56 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$$

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

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

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

где  $t_{oc}$  – температура окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $F_i$  – площадь по наружному обмеру отдельных элементов ограждения,  $\text{m}^2$ ;  $K_i$  – коэффициент теплопередачи через соответствующие элементы ограждений,  $\text{Вт}/\text{м}\cdot{}^{\circ}\text{C}$ .

$$F_{наз1} = 2 \cdot (L_k + 0,62) \cdot H_{наз} + 2 \cdot H_{наз} \cdot (B_k + 0,62) \quad (23)$$

$$F_{наз1} = 2 \cdot 9,02 \cdot 2,35 + 2 \cdot 2,35 \cdot 4,57 = 63,9 \text{ м}^2$$

$$F_{наз2} = (L_k + 0,62) \cdot (B_k + 0,62) \quad (24)$$

$$F_{наз2} = 9,02 \cdot 4,57 = 41,22 \text{ м}^2$$

$$F_{под} = 2 \cdot (L_k + 0,62) \cdot H_{под} + 2 \cdot H_{под} \cdot (B_k + 0,62) + (B_k + 0,62) \cdot (L_k + 0,62) \quad (25)$$

$$F_{под} = 2 \cdot 9,02 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \cdot 4,57 + 4,57 \cdot 9,02 = 68,76 \text{ м}^2$$

Коэффициент теплопередачи через наземные части ограждений камеры

а через подземные

$$\frac{K_{под}}{K_{наз}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (26)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи, соответственно, от греющей среды к внутренним поверхностям ограждений и от наружных поверхностей ограждения в окружающую среду,  $\text{Вт}/\text{м}\cdot{}^{\circ}\text{C}$ .

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

где  $t_{hl}$  – температура наружной поверхности ограждений,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $V$  – скорость движения воздуха,  $\text{м}/\text{с}$ .

$$Q_{oc2} = 3,12 \text{ МДж}/\text{м}^3$$

Приходные статьи теплового баланса включают тепловыделение бетона

$$Q_{\vartheta 1} = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot q_{\text{экв}} \cdot (B/\Pi)^{0,44} \cdot \Pi \cdot t_{\text{бсп1}} \cdot \tau_I = 2,3 \cdot 10^{-7} \cdot 500 \cdot (136/340)^{0,44} \cdot 340 \cdot 50 \cdot 3 = 3,92 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\vartheta 2} = 12,54 \text{ МДж/м}^3$$

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

$$Q_{\text{тот1}} = Q_{\text{пл}} + Q_{\text{пот1}} \quad (27)$$

$$\text{где } Q_{\text{пл}} = Q_{\text{ел}} + Q_{\text{нспл}} + Q_{\text{вл}} + Q_{\text{ал}} + Q_{\phi 1} - Q_{\vartheta 1} \quad (27)$$

$$Q_{\text{пот1}} = Q_{\text{орп1}} + Q_{\text{оч1}} \quad (27)$$

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

$$Q_{\text{пот1}} = 12,3 + 0,78 = 13,08 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\text{тот1}} = 250,14 + 13,08 = 263,22 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\text{пл2}} = 10,48 + 2,35 - 12,54 = 0,29 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\text{пот2}} = Q_{\text{орп2}} + Q_{\text{оч2}} = 1,03 + 3,12 = 4,15 \text{ МДж/м}^3$$

$$Q_{\text{тот2}} = 0,29 + 4,15 = 4,44 \text{ МДж/м}^3$$

В завершение теплотехнического расчета необходимо определить удельный расход пара

$$g_{\text{пл}} = 1000 \cdot Q_{\text{тот1}} / (i_{\text{пл}} - i_{\text{k}}), \text{ кг/м}^3 \quad (27)$$

где  $i_{\text{пл}}$  – энталпия насыщенного пара, кДж/кг;  $i_{\text{k}}$  – энталпия конденсата, кДж/кг

$$i_{\text{k}} = c_{\text{в}} \cdot t_{\text{k1}} = 4,19 \cdot 80 = 335,2 \text{ кДж/кг}$$

где  $t_{\text{k1}}$  – температура конденсата, °C;

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

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

$$G_{n1} = n_{to} \cdot V_i \cdot g_{n1} / \tau_1 \quad (28)$$

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

$$G_{n2} = n_{to} \cdot V_i \cdot g_{n2} / \tau_2 \quad (29)$$

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

Коэффициент полезного действия тепла

$$\eta = (Q_{n1} + Q_{n2}) / (Q_{to1} + Q_{to2}) \quad (29)$$

$$\eta = (250,14 + 0,29) / (263,22 + 4,44) = 0,9$$

Суммарный удельный расход пара

$$g_n = g_{n1} + g_{n2} \quad (30)$$

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

Вывод: Суммарный удельный расход пара не превышает 170 кг/м<sup>3</sup>, следовательно, конструктивное решение ограждения тепловой установки и режим тепловой обработки верны.

## РАЗДЕЛ 4 МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

Задача технологического комплекса операций формования железобетонных изделий — это получение плотных изделий заданной формы и размеров. Высокая плотность бетона достигается уплотнением бетонной смеси при формировании, а получение изделий проектных размеров и конфигурации обеспечивается применением соответствующих форм. Таким образом, комплекс технологических операций процесса формования может быть условно разделен на две группы: первая включает операции по изготовлению и подготовке форм, вторая - уплотнение бетонной смеси, т. е. непосредственно формование.

Уплотнение бетонной смеси - достижение наиболее компактного расположения твердых частиц бетонной смеси и отжатие из неё пузырьков воздуха, задерживающихся между твердыми частицами ("воздушные карманы") и воды, скапливающейся в крупных пустотах или на границе между крупным заполнителем и цементно-песчаным раствором, между бетонной смесью и арматурой и т.д.

Трудоемкость формования сборных железобетонных конструкций составляет около 40 % общих трудовых затрат. Производительность цикла формования определяет производительность технологической линии, а принятый способ формования во многом предопределяет эффективность работы предприятия в целом.

В заводском производстве сборных бетонных и железобетонных изделий применяются разные по показателям подвижности и жесткости бетонные смеси: от литьих ( $OK > 16$  см) до сверхжестких ( $J > 200$  с). В связи с этим разнообразны методы формования изделий и используемые средства и режимы уплотнения бетонных смесей.

Объемное уплотнение на виброплощадках и других устройствах наиболее универсально, так как позволяет формовать на одной и той же машине однослойные и многослойные плоские изделия, панели с пустотами и другие конструкции, изготавливаемые в формах.

В данном проекте используется ударно-внбрационная площадка на основе СМЖ-538А. Виброплощадка состоит из шести вибростолов, двух приводов, двух опорных рам, карданных соединительных валов и электрошкафа (лист 9).

Каждый вибростол представляет собой балку, на концах которой снизу приварены два механических вибровозбудителя и направляющие пружины. Валы вибровозбудителей (дебалансов) вибростола вращаются в противоположных направлениях и за счет их самосинхронизации создаются направленные колебания (удары) в вертикальной плоскости.

Каждый привод расположен на раме и состоит из двигателя, промежуточной опоры и соединительной муфты. Форма к виброплощадке не крепится.

#### 4.1 Используемое оборудование и его описание.

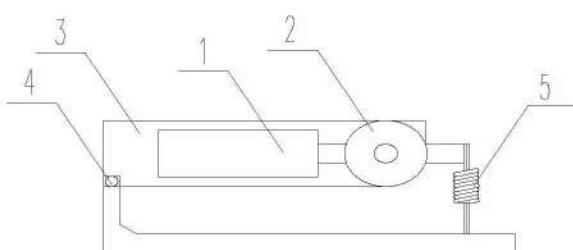
Таблица 14 – используемое оборудование.

Наименование оборудования	Тип, марка	Масса, т	Производительность	Кол-во, шт	Стоимость, руб
Мостовой электрический кран	КМ	17,5	80 м/мин	1	800000
Бетоноукладчик	СМЖ-69Б	15,0	6,2 м <sup>3</sup>	1	600000
Виброплощадка грузоподъем-ю 10 т.	СМЖ-538А	6,5	10 т	1	350000
Тележка самоходная	СМЖ-151А	3,7	20 т	1	2410
Робот манипулятор	Olmet	5.2	1 т	1	500000
Машина для очистки и смазки бортоснастки	Olmet	0.8	-	1	100000

Продолжение таблицы 14

Наименование обо-рудования	Тип,марка	Масса, т.	Произ-води-тель-ность	Кол-во, шт.	Стоимость, р.
Машина для очистки и смазки поддонов	Olmet	0.3	-	1	50000
Плоттер для разметки	Olmet	0.5	-	1	180000
Двигательные опоры поддонов	Olmet	0.08	-	30	360000
Подъемный стол	Atlantis	0.5	60 кН	1	100000
Крановый зажим для бортоснастки	Olmet	0.005	-	1	5000

Двигательная опора поддонов представляют собой маленький электродвигатель, стоящий на амортизированной опоре поддона, соединенный с колесом. Опоры соединены в единую сеть и работают автоматизировано. Управляются как дистанционно.



1 – электродвигатель, 2-колесо, 3-опора поддона, 4-болтовое соединение, 5-амортизатор

Рисунок 8 – схема двигательной опоры.

Для снятия магнитной бортоснастки используется крановый зажим подсоединеняемый к грузозахватному устройству крана.

Плоттер установлен на легкую подкрановую эстакаду, перемещаясь по ней с помощью высокоточных двигателей Bruschles с быстрым шестерёнчатым редуктором выпрямленного профиля и спиральным моментом Глисона. Плоттер необходим для считывания CAD-информации и нанесения разметки, используя раствор на водной основе.

Робот установлен на ту же подкрановую эстакаду и перемещается по ней используя такие же высокоточные двигатели что и плоттер. Робот оснащен механической головкой с пневмозахватом с ортогональным движением X-Y-W-Z. Он необходим для точной установки магнитов по разметке плоттера.

Машина для очистки и смазки бортоснастки опирается на рольганг с узкими бортами, на который подаются элементы магнитной бортоснастки после распаковки. Магнитные разделители проходя между двумя щетками очищаются, а затем подвергаются смазке из распылителей.

Машина для очистки и смазки поддонов установлена на легкую эстакаду прямо по пути движения поддонов. Поддон сначала поверхностью очищается рейкой, затем вглубь щетками. Смазка происходит с помощью вращающихся регулируемых сопел, распределяющих масло на листе заливки и бортах.

Подъемный стол находится ниже уровня пола, представляет собой гидравлическую ножницевидную подъемную платформу. Модульная концепция подъемного стола гарантирует широкий диапазон размеров и грузоподъемностей, что позволяет использовать платформу в любой ситуации. Имеет несложное управление при помощи пульта ручного управления с двумя кнопками и ключ-выключателем. Используется для поднятия поддона на уровень виброплощадки.

#### 4.2 Расчет виброплощадки.

Исходные данные грузоподъемность – 15 т, размер изделия 6,18 x 1,62 м,

1. Определяем вибрационную массу рабочего органа

$$m_e = m_\phi + m_{\text{б.см.}} \quad (32)$$

$$m_e = 840 + 2400 = 32400$$

2. Определяем жесткость постоянных упругих связей

$$c_1 = \frac{x \cdot m_e \cdot \omega^2 (1+\nu)^2}{4 \cdot \nu^2 (1+x)} = \frac{1,5 \cdot 3240 \cdot 150^2 (1+0,7)^2}{4 \cdot 0,7^2 \cdot (1+1,5)} = 65679 \cdot 10^3 \text{ H/m} \quad (33)$$

3. Находим жесткость упругих ограничителей

$$c_2 = c_1 * (v^2 - 1) \quad (34)$$

$$c_2 = 65679 * 10^3 * (0,7^2 - 1) = 3152 * 10^6 \text{ H/m}$$

4. Определяем деформацию упругих ограничителей

$$X = x_{2\max} * m_e / (c_1 + c_2) \quad (35)$$

$$X = 147 * 3900 / (65679 * 10^3 + 3152 * 10^6) = 0,67 * 10^{-3} \text{ м}$$

5. Находим статический момент массы дебаланса

$$S_{d0} = m_0 \cdot l = \frac{0,2 \cdot x_{3\max} \cdot h \cdot m_e}{\omega^2 \sqrt{(c_1 + c_2) / [x \cdot m_e (1+x)]}} \quad (36)$$

h – коэффициент затухания

$$h = 0,8 * \omega = 0,8 * 150 = 120$$

$$S_{d0} = 9,73 \text{ кг*м}$$

6. Определяем мощность необходимую для поддержки колебаний в системе

$$N_{\text{об}} = \frac{N_{\text{cp}} + N_{\text{mp}}}{\eta} = \frac{m_e^2 \cdot h \cdot \omega \cdot x_{2\max}^2}{(c_1 + c_2) \sqrt{(c_1 + c_2) \cdot (1+x) / (x \cdot m_e)}} + \frac{m_0 \cdot l \cdot \omega^3 \cdot \mu \cdot d}{2 \cdot \eta} \quad (37)$$

$$N_{de} = 36685 + 7275 = 43960 \text{ кВт}$$

Подбираем два электродвигателя А180S2 мощностью 22 кВт

7. Определяем суммарную жесткость опорных упругих элементов

$$C = \omega_0^2 * m_e \quad (38)$$

где  $\omega_0 = \omega/10 = 150/10 = 15 \text{ с}^{-1}$ ;

$$m_e = m_k + m_\phi + m_{\delta,cm} + \kappa_2 * m_n \quad (39)$$

$$m_k = \kappa * (m_\phi + m_{\delta,cm}), \quad \kappa = 0,3; \quad (40)$$

$$m_k = 0,3 * (5500 + 9400) = 4470 \text{ кг}$$

$$m_e = 4470 + 5500 + 9400 + 0 = 19370 \text{ кг}$$

$$c = 15^2 * 19370 = 4358250 \text{ Н/м}$$

8. Находим массу фундамента, при котором выдерживаются санитарные нормы вибрации

$$m_{dyn} = c * X_a / (\omega^2 * X_{can}) = 4358250 * 0,7 * 10^3 / (150^2 * 9 * 10^6) = 1525,4 \text{ кг}$$

## **РАЗДЕЛ 5.АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.**

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

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

### **5.1 Анализ технического процесса и его аппаратурное оформление с точки зрения задач автоматизации.**

Тепловая обработка свежеотформованных 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  $p = 3 \text{ кН}/\text{см}^2 = 3 \text{ атм}$ . В камере образуется паро-воздушная 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.  $\tau/T$  лежащей в пределах до 0,2 ( $\tau/T < 0,2$ ). Следовательно, для ре-

гулправления температуры в камерах можно использовать программные позиционные результаты.

### Формулпровка задач автоматизации:

При автоматизации тепловлажностной обработки в напольных камерах необходимо решать следующие задачи: программное регулирование температуры паровоздушной смеси путем соответствующего изменения расхода пара во времени при подъеме температуры и изотермической выдержки; управление вентилятором в период охлаждения; изменение и регулирование давления пара в паровой магистрале; предусмотреть контроль температуры; предусмотреть управление системой, как вручную, так и в автоматическом режиме.

### 5.2 Описание функциональной схемы.

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, которое после изменения по напряжению формируется в соответствии с заданным законом регулирования и усиление 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 открывается. Так работает регулятор в режиме подъема температуры и изотермической выдержки. По окончании периода изотермической выдержки программируемый регулятор позиции 1-2 перестает действовать на исполнительный механизм позиции 1-6 и начинает посыпать импульсы на исполнительный механизм позиции 1-7 для подачи пара и эжекторам затворов. Затворы эжекторов открываются. Внутреннее пространство камер сообщается с атмосферой,

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

### 5.3 Описание принципиальной электрической схемы программы регулирования температуры паровоздушной смеси в камере.

Схема может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме управления.

Ручной режим управления осуществляется клапанами подачи пара в камеру эжекторам затвора камеры.

Переключатель управления SA1 устанавливается в положение “Р”. Если текущие значения температуры заданы, то необходимо привести подачу пара. Для этого нажимаем кнопку SB1, в результате чего образуется цепь:

O1

фаза А - SA1 (ручной) – SB1 – точка 2 – SQ1 2N.

C – O2

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на открывание клапана подачи пара. В результате чего возрастает температура паровоздушной среды в камере. Если текущее значение температуры выше заданной, то надо убавить температуру подачи пара. Для этого необходимо нажать кнопку SB2, в результате чего образуется цепь:

O2

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

C – 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 окончанию 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.

C – 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 цепь питания обмотки реле K2 был замкнут, реле K2 сработало и его контакт K2 замкнулся. По окончанию времени, отведенного на охлаждение изделия, нажимаем на кнопку SB4, в результате чего образуется цепь:

O4

фаза А – SA1 (ручной) – SB4 – K3

K5 – N.

C – 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 цепь 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 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

точка 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 2<sup>1</sup> – 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 замкивает свой контакт RT. Контакт K2 будет в этот момент замкнут, т.к. клапан в этот момент был закрыт и концевого выключателя, усиливаемой в цепи питания обмотки реле K2, был замкнут. Реле 1РО сработало и его контакт K2 замкнулся.

O3

По цепи идет питание КТ – K2 – K1                            кл.5 – N.

C – O1

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 K2 в этот момент размыкается и контакт K1 замкивает контакт K3 будет замкнут, т.к. клапаны в этот момент были

открыты и питание концевого выключателя останавливается в цепи питания обмотки реле K3 сработало и его контакт K3 замкнулся.

O4

По цепи идет питание KP1 – точка K5 – K21

K15 – N.

C – O3

Обе обмотки получают питание, и двигатель идет на закрытие клапана подачи пара, срабатывает контакт K3, зажигается сигнальная лампа HL3.

## РАЗДЕЛ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.

### 6.1 Выбор способа производства

Предприятия по выпуску сборного железобетона используют два способа изготовления изделий – стендовый и поточный.

Стендовый способ в основном используется при производстве массивных и крупногабаритных изделий. Линия представляет из себя длинный стенд. Итяжение прематуры производится упарами находящимися вне формы, натягивается сразу несколько изделий расположенных в одну линию.

При поточном способе производства используются последовательно перемещаемые формы, которые позволяют выполнять различные технологические операции на различных специальных постах. Поточные линии делятся:

- на поточно-агрегатные;
- на поточно конвейерные.

В качестве транспортного оборудования на поточно-агрегатной линии в основном используют мостовые краны. В качестве тепловых агрегатов, используемых для ускорения сроков твердения бетона, чаще всего используют камеры периодического способа.

Если говорить о поточно-конвейерном способе производства, все формы между постами двигаются одновременно, посредством движения рольгангов или шаговых конвейеров. Эти перемещения происходят с заданным ритмом также применяют прокатные станы, позволяющие выполнять операции на непрерывно движущейся формовочной ленте.

Железобетонные плиты покрытия трамвайных путей следует изготавливать поточно-агрегатным с элементами конвейера.

Элементами конвейера будут являться поддоны на движущих опорах, самостоятельно перемещающихся от поста распалубки до поста формования.

## 6.2 Описание технологического процесса

Полуконвейерная поточная линия состоит из 6 постов:

### 1. Пост распалубки

Распалубка начинается с установки поддона с изделием на движущие опоры поста, установку осуществляют 1 такелажник 3го разряда с помощью крана и автоматического грузозахватного устройства, далее формовщик 3го разряда снимает магнитную бортоснастку с использованием мостового крана и помещает ее на рольганг. После этого Такелажник 3р разряда перемещает распалубленное изделие на выдержку, а уже выдержанное изделие с поста загружается на самоходную тележку.

### 2. Чистка и смазка.

На посту чистки и смазки поддон с помощью движущих опор проходит через машинку очистки и смазки поддонов, которая очищает его в два этапа, первым является рейка осуществляющая поверхностную очистку, после рейки установлены жесткие щетки, глубоко очищающие поверхность, смазка осуществляется вращающимся соплами, в то же время по рольгангу в машину для чистки опалубки попадают магнитные разделители, чистящиеся щетками, смазка осуществляется вращающимся соплом, пройдя сквозь них поддон и магнитная опалубка попадают на пост разметки и установки опалубки.

### 3. Пост разметки и установки опалубки.

Этот пост автоматизирован, и требует только оператора для наблюдения за работой. Работа на посту начинается с разметки поддона плоттером с помощью водно-эмulsionной краски под давлением, после этого начинает работу робот манипулятор с пневматической головкой, он забирает очищенную магнитную бортоснастку с рольганга и устанавливает по разметке плоттера. После окончания работы оператор отправляет поддон на пост армирования.

### 4. Армирование.

Здесь 2 формовщика 4 разряда устанавливают собирают легкий арматурный каркас состоящий из 2х сеток и 3х фиксаторов, и помещают его в поддои. После этого 1 формовщик 4го разряда с помощью подъемного стола поднимает поддои до уровня виброплощадки и отправляет его на пост формования.

### 5. Пост формования

По прибытии поддона 2 бетоинщика готовят к работе бетоноукладчик, после начинается укладка и уплотнение бетонной смеси, заглаживание поверхности осуществляется заглаживающим устройством бетоноукладчика

### 6. Пост ТВО

Перемещение поддона в камеру ТВО осуществляется такелажником 3го разряда, открытие крышки камеры автоматическое.

Описание технологического процесса(ТП) начинается с разработки схем ТП, а именно с разработки пооперационного графика ТП

Для построения пооперационного графика ТП необходимо расчленить ТП на составляющие и определить участников (рабочих) их профессии ,разряды, длительность операций ,их трудоемкость, и представить все в виде графика. С целью обеспечения эффективности производства необходимо провести оптимизацию распределения трудовых ресурсов при заданием ритме производства

Для оптимизации при заданием ритме необходимо построить пооперационный график и найти на нем последовательную и непрерывную(критическую) цепочку операций, суммируя длительность которой определяет время выполнения всего комплекса операций(длительность цикла).

Другими словами необходимо найти самую длительную цепочку операций, не выходя за рамки ее длительности равномерно распределить ресурсы по всей длительности цикла.

Пооперационный график представлена на листе номер 1.

Оптимизированный график потребления трудовых ресурсов на листе 6.

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

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\Sigma P(i;j) \times T(i;j)}{T_c} \quad (42)$$

Где  $P(i;j)$  - потребление ресурсов на операции,чел.

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

$T_c$  – тakt выпуска,мин.

$$P = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 4 + 2 + 18 + 2 + 4 + 2 + 6 + 4 + 2 + 2 + 2 + 4 + 4 + 1}{15}$$

$$P = 3,85 \text{ чел-мин.}$$

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

$$\Delta H = H_f - H \quad (43)$$

Где  $H_f$  – факт. затраты труда на стад. процессе чел-мин.

$H$  – трудоемкость операции,мин.

$$H_f = P_{max} \times T_c, \text{мин.} \quad (44)$$

$P_{max}$  – наиб. Интенсивность текущего потребления рес-ов

До оптимизации

$$H_f = 7 \times 15 = 105$$

$$\Delta H = 105 - 63 = 42$$

После оптимизации

$$H_f = 4 \times 15 = 78$$

$$\Delta H = 78 - 63 = 15$$

Второй способ оптимизации это оптимизация с ограниченной величиной ресурсов.

1.Необходимо найти наиболее длинную цепочку операций и определить длительность элементного цикла в исходном графике.

## 2.Правило перемещения операций

Рассмотреть операции расположенные в период ( $O_1,2 - O_2,2$ ) и присвоить им баллы в зависимости от резервов времени, цепочкам с одинаковыми резервами присваивают баллы в порядке убывания интенсивностей потребления ресурсов. Суммировать в порядке возрастания баллов ресурсы операций пока сумма в промежутке не превысит  $P_{max}$ , после сдвигаем начало этой операции вправо к моменту определяющему правую границу участка  $t_1$ .

## 3.Таким же образом рассматриваем операции в промежутке $t_2$ .

Если перерыв операции невозможен тогда в первую очередь присваиваем баллы операциям начатым в  $t_1$  остальным – в обычной последовательности. Если перерыв возможен используем обычный порядок а операции начавшиеся в  $t_1$  их части в  $t_2$  рассматриваем как самостоятельные операции

Таким образом получаем график с минимальной длительностью при заданной величине ресурсов

В результате выполненной работы по оптимизации было принято решение принять оптимизацию при заданном ритме, что больше подходит полуконвейерному способу.

## 6.3. Постройка циклограмм

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

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

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

При работе двух параллельных формовочных постов для избежания столкновения машин необходим некоторый сдвиг во времени начала операций одного крана относительно другого.

Циклограмма по времени должна совпадать с пооперационным графиком

Циклограммы изображены на листе 6

#### 6.4. Расчет уровня механизации и автоматизации.

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

$$Y_m = \frac{\sum Z_i * K_i * N_i}{3 \sum N_i} \quad (45)$$

Где  $Z$  – характеристика вида механизации операции:

- $Z=0$  Операция не механизирована
  - $Z=1$  Операция выполняется при помощи машины ручного действия (без привода)
  - $Z=2$  Операция выполняется при помощи мех-ой машины(имеющей привод, но требующей ручного труда).
  - $Z=3$  Операция выполняется при помощи мех-ой машины(имеющий привод, не требующей ручного труда)или автоматом.
- К-коэффициент степени механизации операций
- $K=1$  операция полностью механизирована
  - $K=0.5$  Операция частично механизирована
- $N_i$ -количество операций

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

$$Y_a = \frac{\sum Z'i * K_i * N_i}{1.5 \sum N_i} \quad (46)$$

Где  $Z$  – характеристика вида механизации операции:

- $Z=0$  Операция не автоматизирована

- $Z=1$  Операция выполняется при помощи полуавтоматических устройств, когда функции рабочего сводятся к включению, выключению агрегата и наблюдению

- $Z=1.5$  Операция выполняется автоматически, без участия человека, функция рабочего - наблюдение

$K$ -коэффициент степени механизации операций

- $K=1$  Операция полностью автоматизирована
- $K=0.5$  Операция частично автоматизирована

$N_i$ -количество операций

Для расчета используется сводная таблица

Таблица 18 – сводная таблица операций

№	Операция	Механизация				Автоматизация			
		$Z_i$	$k_i$	$n_i$	$Z_i k_i n_i$	$Z_i$	$k_i$	$n_i$	$Z_i k_i n_i$
1.	Операции на форм. линии								
1.1	Чистка формы	1	-	1	0	0	1	1	1
1.2	Смазка формы	1	0.5	1	0.5	0	1	1	1
1.3	Закрытие бортов	0	-	1	0	0	1	1	1
1.4	Закрытие замков	0	-	1	0	0	1	1	1
1.5	Установка сеток	3	1	1	3	1	0.5	1	0.5
1.6	Установка петель	0	-	1	0	0	1	1	0
1.7	Укладка Б.С.	3	1	1	3	1	1	1	1
1.8	Уплотнение Б.С.	3	1	1	3	1	1	1	1
1.9	Передача ф-ы в камеру и из камеры	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
1.10	ТВО	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
1.11	Доводка изделия								
2.	Транспортировка изделия								
2.1	Строповка изделий	0	-	1	0	0	1	1	0
2.2	Расстроповка	0	-	1	0	0	1	1	0
2.3	Съем изделия с формы	3	1	1	3	1	0.5	1	0.5
2.4	Транспортировка изделия краном	3	1	1	3	1	0.5	1	0.5
2.5	Уст.изделия на самоход.тележку	3	1	1	3	1	0.5	1	0.5
2.6	Подача бетона к п. формования	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
2.7	Загрузка бетоно-укладчика	3	1	1	3	1.5	1	1	1.5
	Итого			18	30.5			18	8.5

Расчет уровней механизации и автоматизации:

$$\text{Уровень механизации } Ym = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{3 \sum n_i} = \frac{30.5}{3 \times 18} = 56.5\%$$

$$\text{Уровень автоматизации } Ya = \frac{\sum z'i * k_i * n_i}{1.5 \sum n_i} = \frac{16}{1.5 \times 18} = 62.5\%$$

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

## РАЗДЕЛ 7. Технико-экономические показатели.

Технико-экономические расчеты для оценки эффективности принятых решений выполняются в ценах 1985 года.

Поточно-агрегатный способ производства применяется для производства железобетонных изделий длиной до 12 м, шириной до 3 м. Изделия формуют с помощью специальных агрегатов (радиальное прессование), технологические операции осуществляются на специализированных постах в переносных формах, которые последовательно передаются с поста на пост с помощью транспортного или грузоподъемного оборудования. На поточно-агрегатных линиях с формовочными постами форма на виброплощадку может подаваться формоукладчиком.

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

$$P=60 \text{ Кисп} * Bp * h * \sum diVi / ti \quad (46)$$

где Кисп – коэффициент использования оборудования; Кисп=0,92…0,94;  $d_i$  – доля формовок в час  $i$ -того изделия;  $V_i$  – объем бетона в твердом теле  $i$ -того изделия,  $m^3$ ;  $t_i$  – продолжительность цикла формования  $i$ -того изделия, мин.;  $h$  – число рабочих часов в сутки,  $h=24$ ;  $Bp$  – число рабочих суток в году;

Продолжительность цикла формования  $i$ -го изделия (мин) изделий на агрегатно-поточной технологической линии выбирается из ОНТП 07-85:

$$t_i=15 \text{ мин.}$$

$$P=60*0,93*260*24*3*0,28/15=21588 \text{ м}^3.$$

При экономической оценке проектных решений определяется заводская себестоимость продукции, которая складывается из стоимости материалов и себестоимости их переработки с учетом затрат на amortизацию здания, спецснаряжения и оборудования. Себестоимость изготовления 1  $m^3$  железобетонных изделий:

$$C_{\text{н}} = C_{\text{б}} + \sum C_{\text{ст}} + \sum C_{\text{а}} + \sum C_{\text{н}} + C_{\text{д}} + C_{\text{у}} + C_{\text{на}} + C_{\text{ф}} + C_{\text{о}} + C_{\text{п}} + C_{\text{зг}} + C_{\text{э}} + C_{\text{об}} + Z + \bar{C} + O, \quad (47)$$

где  $C_{\text{б}}$  – себестоимость 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси класса В30 30 руб за м<sup>3</sup>;  $\sum C_{\text{ст}}$  – суммарная цена всех видов арматурной стали, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий =60,1 руб.;  $\sum C_{\text{а}}$  – суммарные затраты на изготовление ненапрягаемой арматуры на 1 м<sup>3</sup> изделий =60,1 руб.;  $\sum C_{\text{н}} = 0$ , напрягаемая арматура отсутствует.;  $C_{\text{д}}$  – 2,74 руб.;  $C_{\text{у}}$  – 0,25 руб.;  $C_{\text{на}} = 0$ , напрягаемая арматура отсутствует.;  $C_{\text{ф}}$  – себестоимость формования 1 м<sup>3</sup> изделий, = 17,86 руб/м<sup>3</sup>.;  $C_{\text{о}}$  – затраты на содержание и эксплуатацию форм, на 1 м<sup>3</sup> бетона конструкций= 4,7 руб.;  $C_{\text{п}}$  – себестоимость пара для ТВО 1 м<sup>3</sup> изделий, руб. =5,5 руб.;  $C_{\text{зг}}$  – себестоимость (руб) повышения заводской готовности 1 м<sup>3</sup> изделий, затраты на отделку и доводку изделий= 2,86 руб.;  $C_{\text{э}}$  – себестоимость электроэнергии, расходуемой на 1 м<sup>3</sup> изделий, руб,

$$C_{\text{э}} = (\bar{C} + \bar{C}_1 + \bar{C}_2) * \bar{C}_{\text{э}}. \quad (47)$$

Удельный расход силовой электроэнергии  $\bar{C}$  (кВт\*ч/м<sup>3</sup>) определяют исходя из суммарной мощности токоприемников, имеющихся на технологической линии, и количества часов работы линии в год

$$\bar{C} = 0,3 * F * h * Bp / P, \quad (48)$$

где  $F$  – суммарная мощность токоприемников (кВт),  $h$  – число рабочих часов в сутки;  $Bp$  – число рабочих суток в году;  $P$  – годовая производительность предприятия, м<sup>3</sup>.

$$\bar{C} = 0,3 * 250 * 24 * 260 / 7196 = 65.00 \text{ кВт*ч/м}^3 \quad (49)$$

Удельный расход электроэнергии для нагрева арматуры при электротермическом напряжении (кВт\*ч/м<sup>3</sup>)  $\bar{C}_1=0$ .

Удельный расход электроэнергии ( $\bar{C}_2$ ) на электротермообработку изделий из тяжелого бетона не превышает 80 кВт\*ч/м<sup>3</sup>.

Стоимость электроэнергии  $\bar{C}_{\text{э}} = 0,025$  руб за 1 кВт\*ч

$$СЭ = (65,00+80)*0,025 = 3,62 \text{ руб.}$$

Соб –расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

$$\text{Соб} = 3,2 * \sum \text{Аоб}/P,$$

где  $\sum \text{Аоб}$  – сумма отчислений на амортизацию технологического и транспортного оборудования. Расчет амортизационных отчислений проводится в табличной форме:

$$\text{Соб} = 3,2 * 12500 / 24598 = 12,2 \text{ руб}$$

$\Pi$  – удельные цеховые расходы на 1 м<sup>3</sup>.

$$\Pi = (\Delta \text{Дц} + 3,5 \text{ Азд} + 1,25 \sum \text{Асс})/P + 0,2Z,$$

где  $\Delta \text{Дц}$  – годовой фонд заработной платы цехового персонала, = 6000 руб.

Азд – сумма отчислений на амортизацию склада готовой продукции, = 670 руб.

Асс – сумма отчислений на амортизацию спецсооружений, = 4500 руб.

$Z$  – полная зарплата рабочих на 1 м<sup>3</sup> изделий, = 5 руб

$$\Pi = (6000 + 3,5 * 670 + 1,25 * 4500) / 7196 + 0,2 * 5 = 1,94 \text{ руб.}$$

$O$  – общезаводские расходы на 1 м<sup>3</sup> продукции:

$$O = 80 / (50 + P_1) + 0,3Z,$$

где  $P_1$  – годовая производительность в тыс.м<sup>3</sup>

$$O = 80 / (50 + 7196) + 0,3 * 5 = 1,51 \text{ руб.}$$

Тогда  $C_n = 30 + 160,7 + 60,1 + 2,74 + 0,25 + 17,86 + 4,7 + 5,5 + 3,62 + 2,4 + 5 + 1,94 + 1,51 = 296,32 \text{ руб.}$

Помимо себестоимости изготовления изделий одним из основных критериев оценки проектных решений являются приведенные затраты:

$$\Pi = C_n + 0,15 \sum K,$$

где  $\sum K$  – удельные капиталовложения, руб, включают стоимость здания, склада готовой продукции, спецоборудования, технологического и транспортного оборудования, форму, отнесенную к 1 м<sup>3</sup> изделий.

$$\sum K = 3121,66 \text{ руб}$$

$$\Pi = 296,32 + 0,15 * 121,66 = 764,569 \text{ руб/м}^3$$

Годовая прибыль предприятия:

$$Pr = (\Pi_1 - C_n) * P,$$

где  $\Pi_1$  – цена 1 м<sup>3</sup> железобетонных конструкций, руб

$$Pr = (400 - 296,32) * 21589 = 746081,28 \text{ руб}$$

Срок окупаемости:

$$T = Pr * \sum K / Pr = 21588 * 121,66 / 746081,28 = 2,47 \text{ года}$$

Так как для рентабельных предприятий срок окупаемости должен быть не более 6,5 лет и в данной работе он составляет 2,47 года. Соответственно данное предприятие можно отнести к рентабельному.

Таблица 16 Технико-экономические показатели

Наименование показателей	Ед.изм.	Диплом
Годовой выпуск продукции	м <sup>3</sup>	21588
Годовая выработка на одного рабочего	м <sup>3</sup> /чел	1800,29

Продолжение таблицы 16

Наименование показателей	Ед.изм.	Диплом
Себестоимость 1м <sup>3</sup> изделий	руб/м <sup>3</sup>	296,32
Приведенные затраты	руб/м <sup>3</sup>	31214,569
Прибыль	руб	746081,28
Срок окупаемости	лет	2,47

## РАЗДЕЛ 8. Безопасность жизнедеятельности

В условиях научно-технического прогресса, внедрения новых технологий, роста промышленности и производства значимость безопасных и безвредных условий труда приобретает особую актуальность.

На сегодня в условиях, несоответствующих требованиям норм законодательства по запыленности, загазованности, шуму, вибрации, освещению и другим производственным факторам, работают миллионы людей. Нормативно-правовые акты, принятые в нашей стране, направлены на обеспечение условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Они содержат ряд важных положений, обеспечивающих для работающих гарантии прав на работу в безопасных условиях.

Согласно Трудовому Кодексу РФ, требования охраны труда обязательны для исполнения юридическими и физическими лицами при проектировании, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов, конструировании машин, механизмов и другого оборудования, разработке технологических процессов. Устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Несоблюдение работодателями требований охраны труда способствует ухудшению условий труда, повышению уровня производственного травматизма и профессиональных заболеваний, что ухудшает демографическую и экономическую ситуацию в России. Неудовлетворительная организация производства работ работодателями и руководителями подразделений предприятий является основной причиной несчастных случаев на производстве.

### *8.1.Анализ опасных и вредных производственных факторов*

Физические опасные и вредные производственные факторы:

- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации.

Химические опасные и вредные производственные факторы представлены:

- техническая соляная кислота;
- смазка для форм «Поронет».

### 8.1.1 Движущиеся машины и механизмы

Формы, передвигающиеся по роликовому конвейеру, движущиеся бетоноукладчики, крановоочная установка, подъемник для паллет, вывозящая тележка для готовых изделий. Для защитников применяются индивидуальные (каски, спецодежда) и коллективные (защитные ограждения, блокировки, тормозные устройства и средства предупредительной сигнализации)[5].

### 8.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Основным источником шума, в соответствии с классификацией, приведенной в [6] является ударная виброплощадка.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровня звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать для широкополосного и постоянного шума – по таблице 9 [5].

Таблица 9 – Допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в составных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для защиты от шума применяются средства индивидуальной защиты (противошумные наушники, противошумные вкладыши), средства и методы коллек-

тивной защиты (средства, снижающие шум в источнике его возникновения и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта). Организационно-технические методы защиты от шума включают в себя применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства), применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц; совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин [7].

### 8.1.3 Повышенный уровень вибрации

Источником вибрации в цехе являетсявиброустановка, виброрейка, бетоноукладчик, оснащенный заглаживающим вибробруском, навесные вибраторы на бункерах бетоноукладчиков.

На оператора бетоноукладчика действует общая вибрация II категории. На оператора виброплощадки действует общая вибрация IIIА категории[8].

Значения вибрации для данных рабочих мест не должны превышать значений, указанных в таблице 10 и 11 [8].

Таблица 10 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории II – транспортно-технологической

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , Z <sub>0</sub>			
	виброускорения		внброскорости	
	м·с <sup>-2</sup>	дБ	м·с <sup>-1</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,28	109	0,56	101

Таблица 11 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории III – технологической типа «А»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Пределы допустимые значения по осям X <sub>0</sub> , Y <sub>0</sub> , Z <sub>0</sub>			
	виброускорения		виброскорости	
	м·с <sup>-2</sup>	дБ	м·с <sup>-1</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,10	100	0,20	92

Защита от вибрации обеспечивается системой технических, технологических и организационных решений и мероприятий по созданию машин и оборудования с низкой вибрацией активностью; системой проектных и технологических решений производственных процессов и элементов производственной среды, снижающих вибрационную нагрузку на работника; системой организации труда и профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное действие вибрации на человека.

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Для защиты работников применяют средства индивидуальной защиты: СИЗ рук оператора (рукавицы, перчатки, вкладыши, прокладки), СИЗ ног оператора (обувь, подметки)[9].

#### 8.1.4 Химические опасные и вредные производственные факторы

Мероприятия по обеспечению безопасности труда при контакте с вредными веществами предусматривают замену вредных веществ в производстве на менее вредными; применение прогрессивной технологии производства, исключающей контакт человека с вредными веществами; рациональную планировку промышленных площадок, зданий и помещений; применение специальных систем по

улавливанию и утилизации абгазов, рекуперацию вредных веществ и очистку от них технологических выбросов, нейтрализацию отходов производства, промывных и сточных вод; контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны; специальную подготовку и инструктаж обслуживающего персонала; проведение предварительных и перподпческих медицинских осмотров лиц, имеющих контакт с вредными веществами; разработку медицинских противопоказаний для работы с конкретнымп вредными веществами, инструкций по оказанию доврачебной и неотложной медицинской помощи пострадавшим при отравлении.

Для смазки форм применяется смазка «Поронет» представляющая собой эмульсию минеральных масел в воде.

#### 8.1.5 Воздух рабочей зоны

Воздух рабочей зоны оценивается по метеорологическим и атмосферным условиям на рабочих местах, а именно параметрами микроклимата (температуры воздуха, относительной влажности, скорости движения воздуха, теплового облучения) и составом воздуха, которые определяются спецификой производственной среды.

На данном предприятии выполняемые в ходе технологического процесса работы относятся ко II категории – физические работы средней тяжести – виды деятельности с расходом энергии в пределах 151...250 ккал/ч (175...290 Вт).

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С; перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать при категориях работ IIa и IIб – 5° С.

Предельно допустимая концентрация цемента в воздухе рабочей зоны должна составлять не более 5 мг/м<sup>3</sup> [12].

– определить мероприятия и средства по улучшению условий труда по воздуху рабочей зоны.

Для иейтрализации вредного воздействия этих веществ в цехе предусматривают системы вентиляции.

Таблица 13 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [13]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C		Температура поверхности, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
холод.	IIa (175–232)	17,0–18,9	21,1–23,0	16,0–24,0	15–75	0,1	0,3
	IIб (233–290)	15,0–16,9	19,1–22,0	14,0–23,0	15–75	0,2	0,4
	IIIa (175–232)	18,0–19,9	22,1–27,0	17,0–28,0	15–75*	0,1	0,4
	IIIб (233–290)	16,0–18,9	21,1–27,0	15,0–28,0	15–75*	0,2	0,5

### 8.1.6 Освещение

Правильное спроектированное и рациональное выполнение освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Разряд зрительной работы в цехе формования панелей относится к VI категории зрительных работ – грубая (очень малой точности), наименеещий или эквивалентный размер объекта различения 5 мм.

Естественное освещение в цехе – боковое двухстороннее. Искусственное – общее равномерное. При организации производственного освещения необходимо обеспечить равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и окружающих предметах. Для повышения равномерности освещения больших цехов осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и оборудования способствует равномерному распределению яркостей в поле зрения работающего.

## 8.2 Безопасность производственных процессов и оборудования

В данном разделе будут описаны требования по электробезопасности и пожаробезопасности, а также по охране окружающей среды и безопасности производственных процессов и оборудования.

### 8.2.1 Электробезопасность

Согласно ПЭУ помещение формовочного цеха по электроопасности относится ко 2 классу электроопасности – помещения с повышенной опасностью (возможность одновременного прикосновения к электрооборудованию и металлическим конструкциям здания, имеющим соединение с землёй).

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 15.

Таблица 15 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	$U$ , В	$I$ , мА
не более		
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам [14].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные оболочки; защитные ограждения (временные или стационарные); безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную); изоляцию рабочего места; малое напряжение; защитное отключение; предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

### 8.2.2 Пожаровзрывобезопасность

Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и имущества при пожаре (ст. 5 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ) [16].

Согласно [17] цех формовки панелей относится к категории Д (вещества и материалы, находящихся (обращающихся) в помещении – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии).

Количество и номенклатуру осnovных видов пожарной техники устанавливают в соответствующих общесоюзных и (или) ведомственных нормах (правилах), утвержденных в установленном порядке. На защищаемом объекте должны быть вывешены планы по ГОСТ 12.1.114 с указанием мест расположения пожарной техники.

### 8.3.3 Охрана окружающей среды

#### Расчет циклона

Расход очищенного воздуха:

$$\eta = \frac{G_1 \cdot G_2}{G_1} \cdot 100\% = \frac{V_1 x_1 - V_2 x_2}{V_1 x_1} \cdot 100\%$$

где  $\eta$  - степень очистки воздуха или КПД, %

$V_1, V_2$  - объемный расход исходного и очищенного газа при нормальных условиях,  $\text{м}^3/\text{г}$ ,

$x_1, x_2$  - концентрация взвешенных частиц в запыленном и очищенном газе при нормальных условиях,  $\text{м}/\text{м}^3$ ,

$G_1, G_2$  - масса взвешенных частиц в исходном и очищенном газе,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,

$$V_2 = \frac{V_1 x_1 (100 - \eta)}{100 x_2},$$

$$V_2 = \frac{35000 \cdot 6,4 (100 - 90)}{100 \cdot 0,3} = 74667 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Площадь сечения входного патрубка

$$f = b \cdot h = \frac{V}{3600 \omega R_x}, \text{ м}^2$$

где  $b$  - ширина входного патрубка,  $h$  - высота входного патрубка,  $\omega R_x$  - скорость газа во входном патрубке.

$$f = \frac{35000}{3600 \cdot 85} = 0,11 \text{ м}^2$$

Внутренний диаметр циклона

$$D = \frac{\sqrt{4V}}{3600 \pi \omega}, \text{ м}$$

где  $\omega$  - средняя скорость газа в патрубке.

$$\omega = \frac{\sqrt{2} \Delta p}{\rho} = \frac{\sqrt{2} \cdot 150}{80} = 2,7, \text{ м/с}$$

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot 35000}}{3600 \cdot 3,14 \cdot 2,7} = 0,12, \text{ м}$$

Внутренний диаметр отверстия

$$d = K^* D, \text{ м}$$

где  $K$  - коэффициент гидравлического сопротивления циклона, зависящий от скорости воздуха во входном патрубке.

Характеристикой энергетических потерь служит коэффициент местного сопротивления:

$$E = P_u/d,$$

где  $P_u$  - потери давления в циклоне, Н/м<sup>2</sup>

$$P_u = E u \cdot \frac{P \cdot \omega^2}{L} = 74,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,7^2}{2} = 325,42 \text{ Н/м}^2$$

Определение мощности циклона:

$$N = \frac{VPu}{3600 \cdot 1000}, \text{ кВт} \quad N = \frac{35000 \cdot 325,42}{3600 \cdot 1000} = 0,92 \text{ кВт}$$

По мощности циклона выбираем циклон марки ЦН-24. Проверяем циклон на минимальный диаметр улавливаемых частиц.

$$d_{\min} = \frac{\sqrt[3]{3,6 \cdot \mu \cdot R}}{(\rho_1 - \rho) \cdot \rho \cdot \omega^2}, \text{ м}$$

где  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости, Па,  $R$  - внутренний радиус корпуса циклона, м,  $\rho_1$  - плотность осаждаемых частиц, кг/м<sup>3</sup>,  $\omega$  - окружная скорость газа в циклоне, м/с,  $\rho$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

$$\mu = \mu_0 \left[ \frac{T_0 + e}{T + e} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{e}{2}} \right]^{-1}, \text{ Па}$$

где  $e$  - справочный коэффициент ( $e=124$ ),  $T$  - действительная температура, К,

$$\mu = (273 + 124 \cdot (293)^{3/2})^{-1} = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па.}$$

$$d_{\min} = \frac{\sqrt[3]{3,6 \cdot (1,5 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 0,34}}{(2240 - 1,2) \cdot 1,2 \cdot 2,7^2} = 5,46 \cdot 10^6$$

Основные параметры циклона ЦН-24:

внутренний диаметр циклона D= 1м, высота выходного патрубка H<sub>в</sub>= 1,11м, высота выходной трубы h<sub>т</sub>=2,11м, высота цилиндрической части H<sub>ц</sub>=2,11м, высота конической части H<sub>к</sub>=1,75м, внутренний диаметр выхлопной трубы d=0,59, внутренний диаметр пылевыпускного отверстия d<sub>1</sub>=0,35, ширина выходного патрубка a=0,25м, длина выходного патрубка - 0,6м, мощность циклона - 1,23 кВт.

Проведенный расчет параметров циклона, который предназначен для очистки воздуха от пыли, дает максимально оптимальную эффективность очистки атмосферы.

#### 8.2.4 Безопасность производственных процессов и оборудования

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, обученные, аттестованные и получившие соответствующие удостоверения, прошедшие медкомиссию и признанные годными к выполнению данных работ. Перед допуском к выполнению работ все работающие должны пройти инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

Грузоподъемные механизмы не прошедшие технического освидетельствования, к работе не допускаются. Стропальщики должны производить осмотр мостового крана перед началом работы и делать соответствующие отметки в вахтенном журнале. Стропальщики должны производить осмотр съемных грузозахватных приспособлений и тары перед началом работы.

На месте производства работ по подъему и перемещению грузов не должно допускаться присутствие лиц, не имеющих прямого отношения к производствен-

ным работам. Место производства работ по подъему и перемещению грузов должно быть хорошо освещено.

Строповку грузов должны производить только аттестованные стропальщики.

Для строповки, предназначенного к подъему груза, должны применяться грузозахватные приспособления, соответствующие весу поднимаемого груза. При подъеме груза, он должен быть предварительно приподнят на высоту не более 200-300 мм для проверки правильности строповки и надежности действия тормоза. При перемещении груза в горизонтальном направлении он должен быть предварительно поднят на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов.

Складирование готовой продукции должно производиться в специально отведенных для этого местах.

Такелажное оборудование мостового крана и специальные траверсы должны быть исправны и испытаны. При обнаружении неисправностей формовщик должен сообщить о них руководителю работ и до их устранения к работе не приступать.

В случае потери устойчивости опалубки или обнаружения неисправностей формовщик обязаны прекратить работу и принять меры к устраниению неисправностей собственными силами. При невозможности сделать это собственными силами формовщик обязаны сообщить бригадиру или руководителю работ.

Разгрузку бадьи адресной подачи бетона производить только в исправный проверенный бетоноукладчик с закрытым разгрузочным отверстием центральным вибратором.

Производить подачу бетонной смеси в опалубку конструкции допускается только после приёма опалубки и каркасов ОТК. При подаче бетонной смеси формовщик должен следить за исправностью бетоноукладчика и обо всех нарушениях сообщать мастеру.

При перерывах в работе свыше 30 ми., бады адресной подачи бетона и бетоноукладчики следует очищать от налипшего бетона и промывать водой.

Во время разгрузки бетонной смеси или подачи ее на укладку формовщики должны находиться за пределами зоны возможного падения бетона.

Перед началом движения и началом загрузки бетоноукладчика оператор должен подать звуковой сигнал.

Во время укладки бетонной смеси запрещается находиться на рельсах бетоноукладчика и на расстоянии менее 1,5 м от раздаточного отверстия формовочной тележки. Запрещается находиться на поддоне во время уплотнения бетонной смеси на гидравлической виброустановке. Перед началом уплотнения бетонной смеси электровибраторами или виброрейкой необходимо наружным осмотром проверить:

- а) целостность изоляции токоведущих шлангов и надежность их крепления;
- б) исправность пусковых приборов;
- в) плотность болтовых соединений;
- г) исправность заземляющего контакта вибратора.

Присоединение электровибратора или виброрейки к электросети следует производить только посредством стандартных муфт и вилок, какие-либо другие виды присоединений запрещаются. Токоведущие шланги, присоединенные к вибратору, следует подвешивать, а не прокладывать по уложенному бетону.

Во время перерывов в работе и при переходе с одного места на другое электровибратор следует выключать.

При работе с электровибраторами бетонщик должен пользоваться диэлектрическими перчатками.

При передвижении поддона с поста на пост на пути следования не должны находиться люди и мешающие передвижению предметы.

При повороте поддона кантователем запрещается находиться на поддоне и на расстоянии менее 4 м перед неподвижной стороной кантователя [21].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В соответствии с заданием разработан проект производства плит покрытия трамвайных путей.

На основе анализа технической литературы сделан выбор современных передовых технологий, которые позволяют производить изделия качественные и надежные в эксплуатации длительное время. Из числа существующих способов формования плитных изделий выбрана агрегатно-поточная и агрегатно-поточная технология с элементами конвейера на стадии распалубки и подготовки форм, что улучшает организацию труда, позволяет разгрузить мостовые краны и увеличивает производительность конвейерных линий.

С целью же повышения плотности бетона изделий и их эксплуатационных характеристик - морозостойкости и водонепроницаемости проектом предусмотрен состав бетона на шлакопортландцементах высокой морозостойкости.

Для сокращения расхода тепла в проекте приняты ямные камеры с улучшенной тепловой изоляцией стенок, крышек и интенсивной циркуляцией греющей среды. Процесс тепловлажностной обработки – автоматизирован. Кроме того тепловая обработка изделий осуществляется в камерах туннельного типа.

Изготовление арматурных изделий запроектировано по поточной схеме с использованием современного высокопроизводительного оборудования.

Бетоносмесительный узел запроектирован по вертикальной схеме с разработкой мероприятий по обеспыливанию мест загрузки расходных бункеров и бетоносмесителей, с установкой дозаторов, производящих сначала грубое дозирование, затем более точное дозирование, что несомненно отразится на качестве бетона.

Склады исходных материалов приняты по типовым проектам последних лет, механизированы и частично автоматизированы.

Принятые в проекте современные технологии позволили запроектировать завод с хорошими технико-экономическими показателями.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.
2. Гордон, А.Э. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона / А.Э. Гордон, Л.И. Никулин, А.Ф. Тихоиов. – М.: Стройиздат, 1991. – 300 с.
3. ГОСТ 19231.1(0)-83. Трубы железобетонные напорные виброгидропресованные. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 3 с.
4. Единый тарифно-квалификационный справочник работ и профессий рабочих. – М.: Стройиздат, 1988. – 151 с.
5. Лапир, Ф.А. Машины и оборудование для производства сборного железобетона / Ф.А. Лапир, Э.В. Соколова, Л.А. Волков и др. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1983. – 276 с.
6. ОНТП 07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятия сборного железобетона. – М.: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986. – 52 с.
7. Пат. 2002620 С1 Российская Федерация, 5 В 28 В 21/54. Форма для изготовления железобетонных виброгидропресованных труб со спирально-перекрестным каркасом и раструбным кольцом / В.С. Гершвальд, В.А. Хрипунов, С.Н. Шатилов, В.Д. Козии и др.– №5025295/33; заявл. 30.01.91; опубл. 15.11.93, Бюл. № 41-42. – 6 с.
8. Погорелов, С.Н. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии: учебное пособие /С.Н. Погорелов. – Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1995 – 26 с.

9. Попов, А.И. Производство железобетонных напорных виброгидропрессованных труб /А.И. Попов, А.Л. Циоиский, В.А. Хрипунов. – М.:Стройнздат, 1979. – 258 с.
10. Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий. – М.: Стройнздат, 1988. – 128 с.
11. Проектирование заводов сборного железобетона / М.М. Борщ, Б.В. Прыкии, В.П. Белогуров и др. – Киев: Будивельник, 1968. – 269 с.
12. Производство сборных железобетонных изделий: сборник / под ред. К.В. Михайлова, К.М. Королева. – М.: Стройиздат, 1989. – 447 с.
- 13.Рекомендации по определению расчетной стоимости и трудоемкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования. – М.: Стройиздат, 1987. – 144 с.
14. СИиП 3.09.01-1985. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – М.: Стройиздат, 1985. – 49 с.
15. Стефанов, Б.В. Технология бетонных и железобетонных изделий / Б.В. Стефанов, И.Г. Русанова, А.А. Волянский. – Киев: Вища школа, 1982. – 406 с.
16. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных конструкций: учебное пособие к практическим занятиям/Б.Я. Трофимов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 86 с.
17. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебное пособие к практическим занятиям /Б.Я. Трофимов.– Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 68 с.
18. Цителаури, Г.И. Проектирование предприятий сборного железобетона / Г.И. Цителаури. – М.: Высш. шк., 1986. – 312 с.

19. Чудновский, Д.М. Экономика промышленности сборного железобетона /  
Д.М. Чудновский. – М.: Стройиздат, 1977. – 348 с.
20. Шихненко, И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производ-  
ству железобетона / И.В. Шихненко. – Киев: Будивельник, 1974. – 253 с.