

АННОТАЦИЯ

Ельцова Ю.С. Производство наружных стеновых панелей с наружным декоративным слоем – Челябинск: ЮУрГУ, СМиИ, 2017, 100с., 12 ил., ф.106,10 табл.

Библиографический список – 20 наименований.

В дипломном проекте рассмотрена технология производства наружных стеновых панелей ЗНСНг по конвейерному способу. Он содержит технологическую схему производства и изменения, внесенные в производство; механическое оборудование, используемое на заводе и новое, которое будет использоваться для полной механизации производства. В нем представлено описание тепловой установки и ее теплотехнический расчет, а также оптимизация распределения трудовых ресурсов и циклограмма работы оборудования. В дипломном проекте рассмотрена безопасность жизнедеятельности на производстве и экономическая эффективность совершенствований.

08.03.01.2017.003.00.00.ПЗ

Изм	Дата	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ельцова Ю.С.			<i>Производство наружных стеновых панелей с наружным декоративным слоем</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Проверил		Бутакова М.Д.				<i>ДП</i>	<i>4</i>	<i>100</i>
Н.контр.		Черных Т.Н.				<i>ЮУрГУ</i>		
Утв.		Черных Т.Н.				<i>«Строительные материалы и изделия»</i>		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1 Характеристика района размещения предприятия.....	9
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	11
2.1 Описание существующих способов отделки наружных стеновых панелей.....	11
2.2 Описание существующей и измененной технологических схем.....	14
3 ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ.....	21
4 АВТОМАТИКА.....	37
5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	39
5.1 Описание тепловой установки.....	39
5.2 Теплотехнический расчет щелевой камеры.....	40
6 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ.....	64
7 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА.....	69
8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	85
9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	86
9.1 Анализ опасных и вредных факторов на производстве.....	86
9.2 Микроклимат.....	86
9.3 Виды вредных веществ и оздоровление окружающей среды.....	88
9.4 Производственное освещение и создание требуемых условий освещения на рабочем месте.....	89
9.5 Действие шума и вибрации на организм человека и основные методы борьбы с ними.....	90
9.6 Электроопасность.....	91
9.7 Пожароопасность.....	92
9.8 Основные требования безопасности к промышленному оборудованию.....	93
9.8.1 Меры безопасности при работе на конвейере.....	95

9.8.2 Меры безопасности при погрузочно-разгрузочных работах.....	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	99

ВВЕДЕНИЕ

Челябинский завод железобетонных изделий №1 – один из первенцев железобетонной индустрии в нашей стране.

В 1954 году началось строительство первого цеха конвейерного производства, которое было объявлено ударной комсомольской стройкой, и уже в 1958 году, в канун Дня строителя, выдана первая продукция завода: многопустотные плиты перекрытий, плиты промышленных зданий, дорожные плиты. А 1961 год знаменателен тем, что начат выпуск деталей крупнопанельных пятиэтажных домов.

В последующие годы производственные площади завода существенно расширяются, соответственно увеличивается объем и номенклатура изготавливаемых изделий. При этом уделяется большое внимание реконструкции действующих производств с учетом прогрессивных научно-технических достижений. Стремительно растет уровень автоматизации и механизации производственных процессов.

В 1974 году проведено техническое перевооружение всех цехов крупнопанельного производства на массовый выпуск деталей для девятиэтажных домов.

В 80-е годы в нашей стране были разработаны новые технологические каскетно-конвейерные линии по производству железобетонных изделий. Завод одним из первых применил данные технологии при серийном выпуске панелей перекрытия, внутренних стен. Эти прогрессивные по тем временам технические решения позволили значительно повысить культуру производства и качество выпускаемой продукции!

Следует отметить, что успешная работа коллектива завода не раз отмечалась наградами министерства строительства.

Новое время – эпоха перемен – не обошло стороной Завод ЖБИ-1. Несмотря на серьезные трудности экономического характера в строительстве и индустрии, завод продолжает жить, наращивая объемы и расширяя номенклатуру выпускаемой продукции.

Специалистами завода ведется напряженная работа по исследованию поку-

пательского спроса, по изучению и внедрению новых перспективных технологий и материалов в целях дальнейшего совершенствования и обеспечения конкурентоспособности продукции предприятия.

В 1998 году пущена в эксплуатацию автоматическая линия по изготовлению изделий из бетона методом вибропрессования. Эта технология позволяет создать мобильное гибкое современное производство мелкоштучных строительных материалов и расширяет возможности получения более разнообразных архитектурно-планировочных решений в строительстве. В перечень изделий входят различные виды блоков: угловой, колонный перегородочный, декоративный, а также тротуарные плиты, бордюрные камни, вазоны.

В 2001 году завод производит замену старого комплекта изделий жилого дома 121 серии на новую теплую комфортную серию 121-Г улучшенной планировки, с наружными стеновыми панелями увеличенной толщины, соответствующими современным требованиям СНиП по теплозащите для районов Урала, Сибири и Севера.

Параллельно коллектив приступил к производству железобетонных шпал, стоек опор ЛЭП, колонн и ригелей для многоэтажных каркасных зданий.

Результаты работы коллектива завода можно увидеть воплощенными в жилые, общественные и промышленные здания и сооружения.

1 АРХИТЕКТУРНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Характеристика района размещения предприятия

Завод ЖБИ-1 расположен в городе Челябинск по адресу ул. Героев Танкограда 1а.

Значения повторяемости и скорости ветра в городе Челябинске приведены в таблице 1. Преобладающими ветрами являются юго-западные. Основные характеристики района размещения предприятия приведены в таблице 2. Годовая роза ветров г. Челябинска по многолетним данным приведена на рисунке 1.

Таблица 1 – Значения повторяемости и скорости ветра в городе Челябинск

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

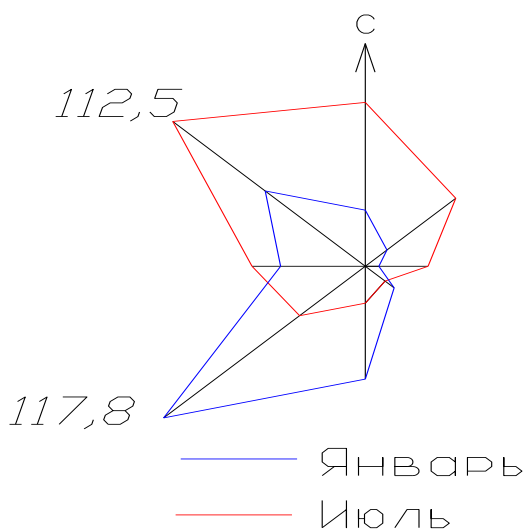


Рисунок 1 – Годовая роза ветров г. Челябинска

Таблица 2 – Основные характеристики района размещения предприятия

Показатель	Параметр
Климатический район	I B
Зона влажности	сухая (С);
Расчётная зимняя температура наружного воздуха:	
1) средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92	- 34 °С
2) средняя температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,92	- 38 °С
3) абсолютная минимальная температура воздуха	-48 °С
Нормативная снеговая нагрузка	140 кг/м ²
Уровень залегания грунтовых вод от поверхности земли	4,5 м
Нормативная нагрузка от ветра	40 кг/м ²
Нормативная глубина промерзания грунта	1,9 м
Сейсмичность	отсутствует

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Описание существующих способов отделки наружных стеновых панелей

Наружные стеновые панели – массовые изделия при строительстве зданий. Внутренний и наружный слой изготавливается из тяжелого бетона, между ними находится слой утеплителя. Класс бетона по прочности В20, с морозостойкостью F150 и водонепроницаемость W4. Толщина наружного слоя бетона 80 мм, внутреннего – 120 мм. В качестве утеплителя применяются пенополистирол, минеральную вату на основе базальтового волокна или сочетание этих материалов. Бетонные слои армируются объемными и плоскими каркасами, сетками из арматуры класса А-III (А500), закладными деталями – класса А-I (А240).

Трехслойные стеновые панели могут производиться на технологических линиях по агрегатно-поточному, стендовому и конвейерному способу.

1. Агрегатно-поточная технология удобна при выпуске изделий большой номенклатуры. Эта технология отличается гибкостью и маневренностью в использовании транспортного и технологического оборудования. Изделия могут перемещаться с произвольным интервалом времени от поста к посту, в зависимости от длительности операции.

2. При стендовой технологии производства весь процесс изготовления изделий происходит на одном месте в формах-стендах, а технологическое оборудование перемещается от формы к форме.

3. Стеновые панели, главным образом, изготавливают конвейерным способом. Он характеризуется разделением всего процесса на операции, которые находятся на отдельных постах, формы перемещаются с указанным ритмом от поста к посту. Формуемые изделия перемещаются через одни и те же посты в строгой последовательности. Формы с изделиями перемещаются на поддонах тяговой цепью по рельсовым путям.

Обычно в направлении, обратном конвейеру, осуществляется тепловлажностная обработка изделий.

Конвейерная линия хорошо подходит для массового выпуска одного изделия.

Существует много различных способов отделки и декорирования стеновых панелей снаружи.

1. Технология под названием «лицом вниз», когда декорируемая сторона изделия обращена ко дну формы, включает в себя такие способы как:

– отделка плиткой;

Керамическую плитку подбирают по рисунку и наклеивают на специальные бумажные листы, которые затем укладывают на поддон форм. Облицовка закрепляется мелкозернистым раствором толщиной 1,5-2 см.

Такой способ не достаточно технологичен, потому что после распалубки изделий приходится убирать бумагу и остатки клея, затрачен из-за дорогого и хрупкого материала.

– отделка с применением декоративного дробленого материала;

Происходит путем нанесения на закрепляющий слой для последующей укладки бетонной смеси. При этом приходится специально делать замес песчаного раствора.

– обнажение декоративного крупного заполнителя.

После тепловлажностной обработки изделия удаляют незатвердевший цементный раствор, создавая бугристую поверхность изделия. Для этого нужен отдельный пост доводки изделия, так как этот способ добавляется загрязненность линии.

2. Отделка открытых поверхностей («лицом вверх»).

Отделка изделия происходит уже после формования изделия, но перед тепловлажностной обработкой.

– отделка декоративными фактурными бетонами и растворами;

Этот способ нетрудоемкий и малозатратный. Рекомендуется при производстве массовых изделий.

– обнажение крупного декоративного заполнителя;

Декоративный заполнитель в этом случае укладывается на отделочный слой. Обнажение происходит до тепловлажностной обработки, когда раствор не имеет еще прочности или после нее, если используют вещества, которые замедляют твердение цемента. Избыточное количество воды, при удалении цементного раствора, может повлиять на прочность декоративного слоя.

– механическая обработка поверхностей;

Получают гладкие поверхности, которые удовлетворяют нормативные требования к внутренним поверхностям здания, предназначенные для окраски и оклейки обоями. Этот способ обработки сильно загрязняет рабочее место и пространство пылью от шлифовки изделия, что способствует ухудшению здоровья рабочих и скорейшей поломке оборудования.

– присыпка декоративными материалами;

Нанесение материала проходит до тепловлажностной обработки механическими укладчиками равномерным слоем. В качестве материала используют щебень из естественных пород фракции 10...20, 20...40 мм; мраморную и каменную крошку фракцией 2,5...5 мм, бой керамики и стекла. Втапливание материала на половину диаметра зерен ведется виброваликом.

На заводе железобетонных изделий АО ЧелЖБИ-1 на конвейерной линии по производству наружных стеновых панелей не предусмотрена отделка декоративным слоем. Изделия после тепловлажностной обработки на посту доводки приводят в товарный вид, делая внутреннюю поверхность панели гладкой.

Проанализировав способы декоративной отделки панелей, принято решение добавить операцию «нанесение декоративного материала и втапливание его виброраликом» на посту формования до тепловлажностной обработки. Такой способ декорирования технологичен, не трудоемок, не требует дополнительных растворов для укладки декоративного слоя, не загрязняет рабочее место, прибавит изделию защитных свойств от агрессивной окружающей среды, придаст более эстетичный вид панели.

2.2 Описание существующей и измененной технологической схемы изготовления наружных стеновых панелей.

Производство наружных стеновых панелей осуществляется по конвейерной технологии.

Технологическая схема представлена на рисунке 2.

Перед началом работы проверить:

- чистоту рабочих мест, наличие освещенность, укомплектованность противопожарного щита;
- исправность заземления;
- исправность звуковой и световой сигнализации;
- исправность конечных и контрольных выключателей и блокировок, исправность толкателей для тележек с формами;
- исправность кантователя с захватными приспособлениями;
- исправность виброплощадки;
- исправность бетоноукладчика;
- исправность грузозахватных приспособлений, мостовых кранов;
- наличие и исправность тары для отходов, для теплоизоляционных пакетов, деревянных пробок, каменной крошки.

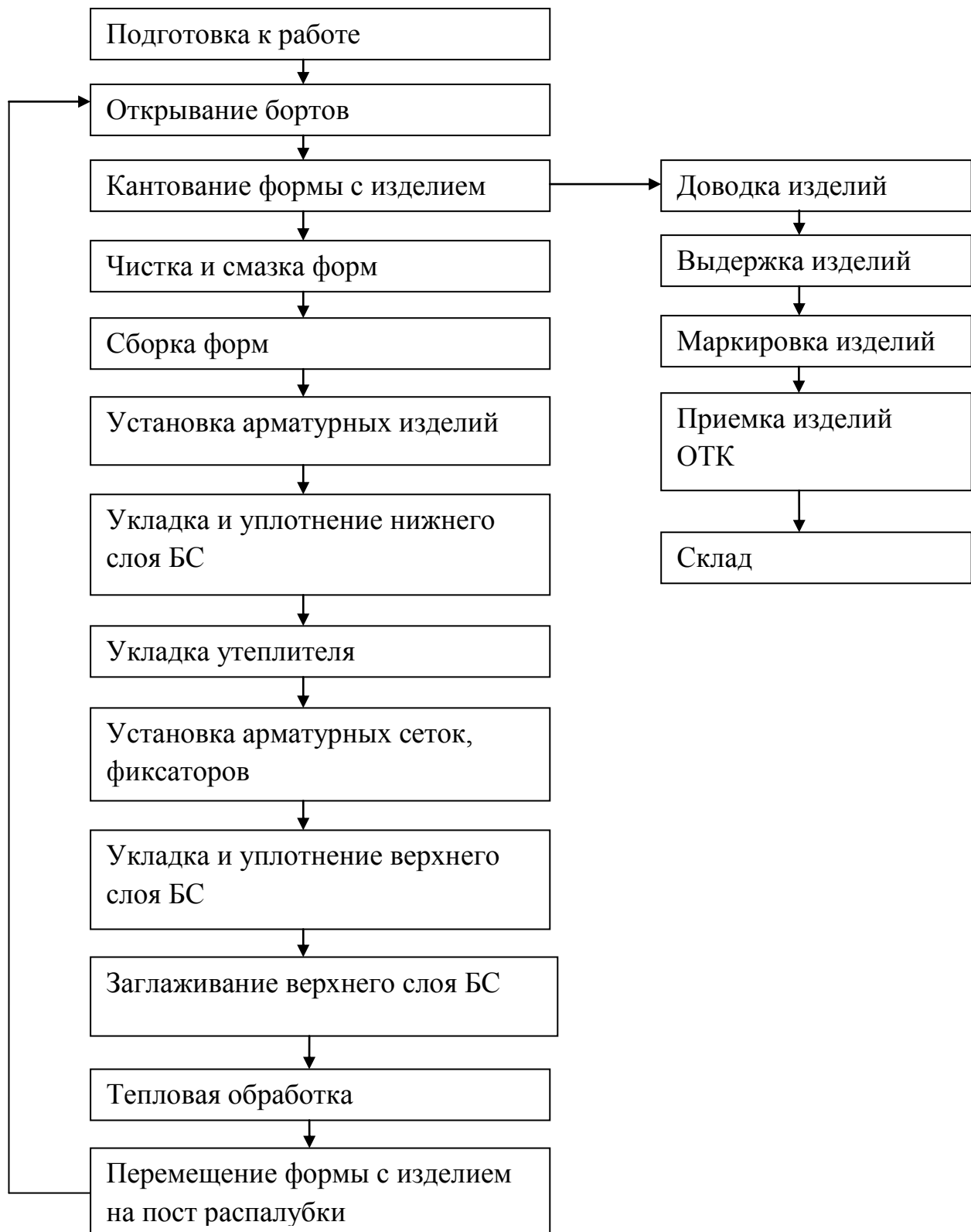


Рисунок 2 – Технология производства наружных стеновых панелей

Подают тележку с формой из камеры сушки на конвейер. Далее с помощью устройства для открывания бортов открывают и откидывают верхний борт формы, затем боковые борта. Сообщают на пост №2 о готовности поста №1. Перемещают тележку с формой на кантователь и строят изделие. Поднимают кантователь, снимают изделие и перемещают его на пост доводки. Кантователь устанавливают в исходное положение. Сообщают о готовности поста №2. Затем включают привод конвейера и подают тележку с формой на пост сборки и смазки форм. Очищают форму и проемообразователь от остатков бетона с помощью щеток для чистки форм. Смазывают форму и проемообразователь эмульсолом ВК1 с помощью удочки. Борта закрывают с помощью устройства для закрывания бортов. Сообщают о готовности поста №3 с помощью сигнала.

Из арматурного цеха №1 доставляют арматурные элементы на пост армирования. Перемещают тележку с формой на пост армирования. Устанавливают арматурный объемный каркас и диагональные каркасы согласно чертежам. Устанавливают и фиксируют подъемные петли в двух местах, анкера в шести и закладные детали с помощью вязальной проволоки. Подают сигнал о готовности поста №4.

Включают привод конвейера и перемещают тележку с формой на стол вибрирования. Бетонную смесь получают с бетоносмесительного цеха. С помощью мостового бетоноукладчика начинают укладывать бетонную смесь. Нижний слой бетонной смеси укладывают равномерно. Опускают рельсы с тележкой и уплотняют нижний слой бетонной смеси на столе вибрирования. Вибрируют до появления на поверхности бетонной смеси цементного молочка. Поднимают рельсы с тележкой. Подают звуковой сигнал о готовности поста формирования №1.

Завозят в цех контейнеры с пенополистиролом и контейнеры с деревянными пробками с помощью мостового крана. Включают привод конвейера и перемещают тележку с формой. Укладывают пакеты утеплителя и минеральной ваты на основе базальтового волокна (согласно рабочим чертежам) вплотную друг к другу и арматуру дискретных связей, деревянные пробки. Нижнюю ветвь каркаса дис-

кретной связи утопляют в бетон. Укладывают сетку, ставят пластмассовые фиксаторы. Фиксируют сетку к утеплителю проволочными шпильками. Укладывают бетонную смесь в дискретные связи и уплотняют штыкованием. После этого укладывают бетонную смесь в верхний слой равномерно.

Уплотняют до появления цементного молочка на поверхность бетонной смеси. Разравнивают поверхность с помощью разравнивающего валика.

По измененной технологии (рисунок 3) для укладки и уплотнения бетонной смеси используют двубункерный бетоноукладчик и виброплощадку, а для тепловой обработки изделий – щелевую камеру. Последовательность операций будет организовываться следующим образом.

Тележку с формой подают из щелевой камеры на конвейер. Далее открывают борта с помощью устройства для открывания, откидывают верхний борт и боковые борты. Сообщают на пост №2 о готовности поста №1. Перемещают на кантователь, строят изделие. Поднимают кантователь, снимают изделие и перемещают его на пост доводки. Кантователь устанавливают в исходное положение. Сообщают о готовности поста №2. Затем подают тележку с формой на пост чистки и смазки форм. Очищают форму от остатков бетона щетками. Смазывают форму эмульсолом с помощью удочки. Борты закрывают с помощью устройства для закрывания бортов. Сообщают о готовности поста №3 с помощью сигнала.

Из арматурного цеха №1 доставляют арматурные элементы на пост армирования. Перемещают тележку с формой на пост армирования. Устанавливают арматурные каркасы согласно чертежам. Устанавливают и фиксируют подъемные петли в двух местах, анкера в шести местах и закладные детали. Подают сигнал о готовности поста №4.

Включают привод конвейера и перемещают тележку с формой на виброплощадку. Бетонную смесь получают с бетоносмесительного цеха в бункер для бетонной смеси. С помощью мостового крана бункер с бетонной смесью перемещают к бетоноукладчику и загружают его бункер. Нижний слой бетонной смеси

равномерно укладывают. Опускают рельсы с тележкой и уплотняют нижний слой бетонной смеси на виброплощадке до появления цементного молочка на поверхности. Время вибрирования 30...60с. При необходимости добавить бетон для обеспечения толщины слоя и уплотнить его. Поднимаю рельсы с тележкой. Подают звуковой сигнал о готовности поста формирования №1.

Завозят в цех контейнеры с пенополистиролом и базальтовой ватой, контейнеры с пробками с помощью мостового крана. Включают привод конвейера и перемещают тележку с формой. Укладывают пакеты утеплителя вплотную друг к другу и арматуру дискретных связей, деревянные пробки. Нижнюю ветвь каркаса дискретной связи утопляют в бетон. Укладывают сетку, ставят пластмассовые фиксаторы. Сетку к пенополистиролу фиксируют проволочными шпильками. Укладывают бетонную смесь в дискретные связи и уплотняют штыкованием. Укладывают бетонную смесь в верхний слой равномерно.

Уплотняют бетонную смесь до появления цементного молочка на поверхности бетонной смеси. Разравнивают бетонную поверхность с помощью вращающегося валика.

Далее добавляется отделка изделий декоративным щебнем фракцией 10...20 мм. Наносят декоративный щебень равномерным слоем, вручную с листов, с высоты 30...40 см на заглаженную поверхность. Щебень втапливают на 1/2 ...1/3 часть среднего диаметра зерна за один проход вибровалика, закрепленного на раме к бетоноукладчику. Очищают борта формы и проеомообразователь от остатков бетона и щебня.

Далее тележку с формой устанавливают на конвейер. Затем передвигают ее на передаточную тележку и проверяют качество поверхности изделия. Подают сигнал на пост выгрузки тележек из щелевой камеры. Тележку с изделием подают в камеру только при ответной сигнализации с поста выгрузки. Штору щелевой камеры поднимают с помощью устройства СМЖ-445. Тележку с заформованным изделием подают в камеру. Опускают шторку щелевой камеры с помощью этого же устройства.

После тепловой обработки телегу с изделиями выгружают из щелевой камеры и перемещают на кантователь поста доводки. Устанавливают изделие на опоры кантователя аккуратно, не повредив края изделия. Затем медленно опускают опорную раму. Расстроповку изделия производят, убедившись в его устойчивом положении и при ослабленных стропях. Очищают подъемные и анкерные петли и закладные детали от наплывов бетона. Осматривают изделия и устанавливают дефекты, подлежащие ремонту. Торцевые поверхности очищают от пыли и слабого бетона. Ремонтируют дефекты полимерцементным раствором.

На открытой поверхности боковой вертикальной грани наносят четко и разборчиво маркировочные знаки: марка панели, товарный знак предприятия-изготовителя, масса изделия (т), номер партии и изделия, дата изготовления.

Изделия осматривают со всех сторон. Производят приемку или забраковывают при несоответствии изделий ГОСТ, технологической карте. Наносят штамп о приемке ОТК. Далее изделие стропят и устанавливают на вывозную тележку. Вывозная тележка должна быть оборудована «гребенкой» для фиксации изделий в вертикальном положении и деревянными прокладками. Убедиться в отсутствии людей на пути движения тележки и подать звуковой сигнал. Переместить тележку с изделиями на склад готовой продукции.

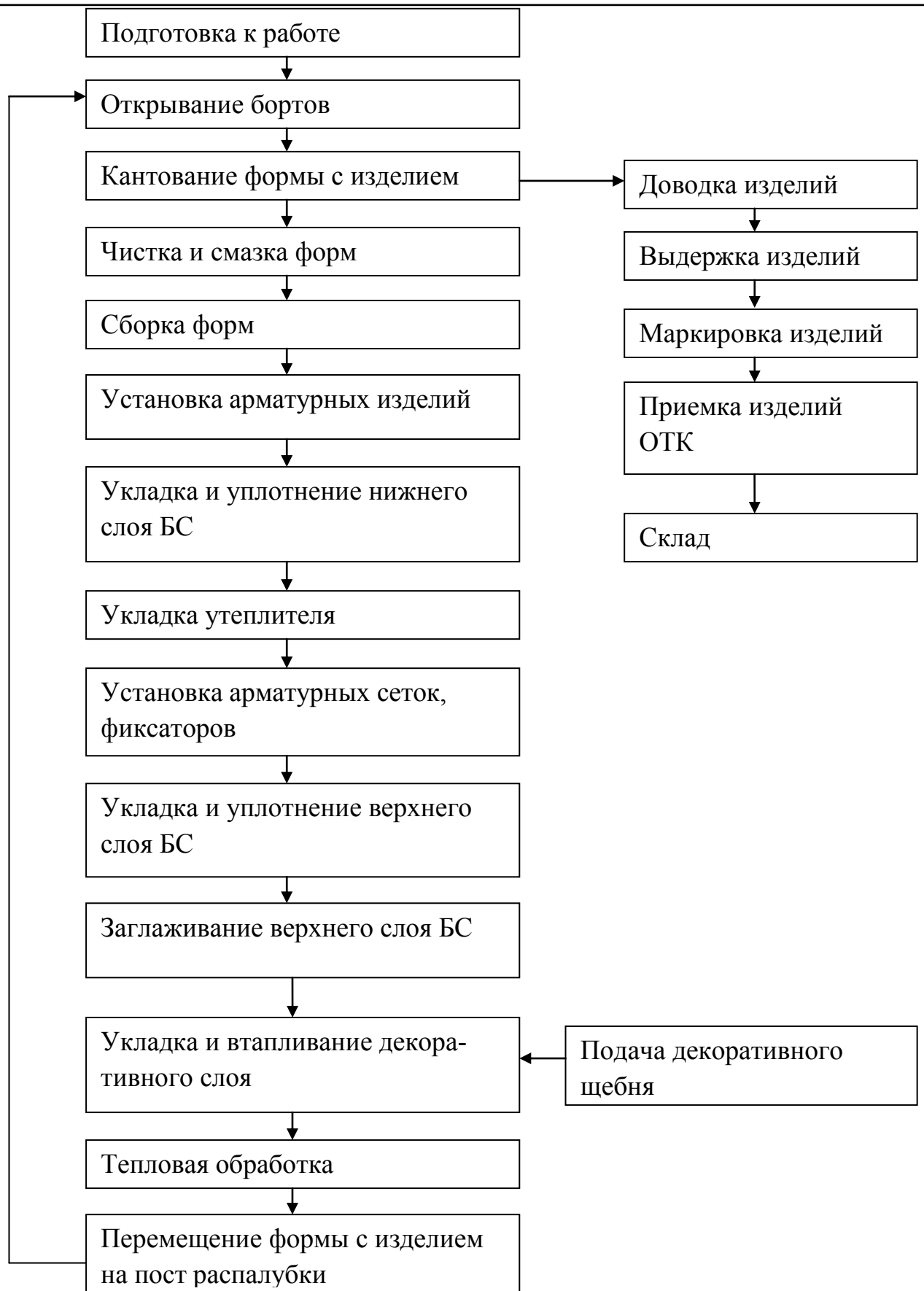


Рисунок 3 – Измененная технология производства наружных стеновых

3 ОПИСАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

Таблица 3 – Оборудование, применяемое в настоящей технологии

Наименование оборудования	Единица измерения	Количество	Марка, тип
1.Бетоноукладчик	шт	1	Vollert
2.Формы	шт	40	Нестандартное оборудование
3.Краскораспылитель	шт	1	-
4.Тележки для формы	шт	40	Нестандартное оборудование
5. Вибрирующий стол	шт	1	Vollert
6.Тележка самоходная	шт	1	
7.Оборудование камер сушки	шт	2	
8.Машина для чистки форм	шт	1	
9.Тележка самоходная	шт	1	-
10.Бункер для бетонной смеси	шт	1	Нестандартное оборудование
11.Камера сушки	шт	1	
12.Тележка передаточная с толкателем	шт	2	
13.Привод конвейерной линии	шт	1	
14.Кантователь	шт	1	
15.Устройство для открывания и закрывания бортов	шт	2	
16.Кран мостовой	шт	1	K20/5-22,5-25
17.Вывозная тележка	шт	1	
18.Тара: -для базальтовой ваты -для мусора	шт шт	9 6	Нестандартное оборудование

Таблица 4 – Оборудование по измененной технологии

Наименование оборудования	Единица измерения	Количество	Марка, тип
1.Бетоноукладчик	шт	1	СМЖ-166Б
2.Формы	шт	40	Нестандартное оборудование
3.Вибровалик	шт	1	-
4.Тележки для формы	шт	40	Нестандартное оборудование
5. Виброплощадка	шт	1	СМЖ-280
6.Тележка самоходная	шт	1	СМЖ-151
7.Оборудование щелевых камер	шт	2	СМЖ-445
8.Машина для чистки форм	шт	1	СМЖ-112
9.Тележка самоходная	шт	1	-
10.Бункер для бетонной смеси	шт	1	Нестандартное оборудование
11.Щелевая камера	шт	1	
12.Тележка передаточная с толкателем	шт	2	2693/2
13.Привод конвейерной линии	шт	1	2693/1
14.Кантователь	шт	1	СМЖ-3001А
15.Устройство для открывания и закрывания бортов	шт	2	СМЖ-793
16.Кран мостовой	шт	1	К20/5-22,5-25
17.Вывозная тележка	шт	1	ПБ14-130Б
18.Тара:			
-для базальтовой ваты	шт	9	Нестандартное оборудование
-для декоративного щебня	шт	4	
-для мусора	шт	6	

Так как применяется нестандартный бетоноукладчик, то при изготовлении изделий возможно получение брака, поэтому меняем на стандартный бетоноукладчик СМЖ-166Б.

Для формирования наружных стеновых панелей подходит бетоноукладчик СМЖ-166Б с поворотной воронкой (рисунок 4). Технологические операции, которые он выполняет: орошение поддона водой перед укладкой бетонной смеси; укладку нижнего слоя песчано-цементного раствора; укладку керамзитобетонной смеси, нижнего слоя легкой бетонной смеси при формировании трехслойных панелей наружных стен, верхнего слоя легкой бетонной смеси при формировании трехслойных панелей наружных стен, предварительное заглаживание верхней открытой поверхности свежесформованных изделий. Бетоноукладчик состоит из рамы, тележки, водоразбрызгивающего устройства, двух бункеров с ленточными питателями, воронки, заглаживающего устройства и привода передвижения.

На верхней площадке рамы в поперечном направлении уложены рельсы, по которым передвигается тележка с двумя бункерами. В продольные балки нижней части рамы встроены ходовые и приводные колеса. К одной из нижних продольных балок рамы прикреплена виброизолированная площадка оператора. Поперечная балка рамы имеет ниши с плотно закрываемыми дверцами. В нишах установлена электроаппаратура пуска с защиты.

Чтобы получить ровную поверхность изделия применяется водоразбрызгивающее устройство, которое смачивает поддон водой до укладки бетонной смеси или раствора.

В боковых балках тележки смонтированы приводные и ходовые колеса. На боковые балки тележки опираются большой и малый бункера. Снизу к каждому из бункеров прикреплены ленточные питатели под углом, состоящие из плоских сварных рам, приводных и натяжных барабанов, вращающихся в подшипниковых опорах. Барабаны охватываются бесконечной конвейерной лентой. Приводной барабан для исключения проскальзывания ленты футерован резиной или конвейерной лентой.

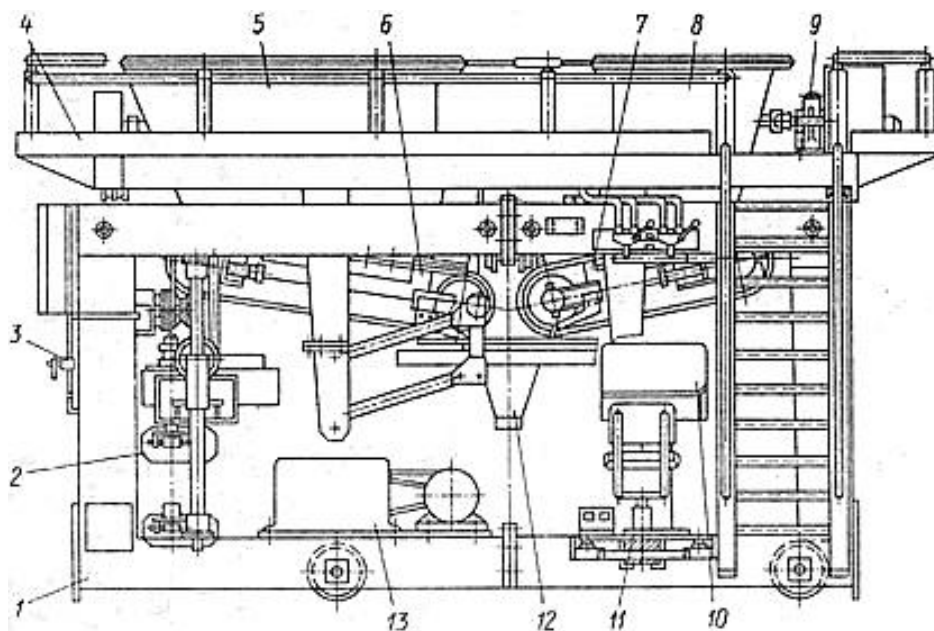


Рисунок 4 – Бетоноукладчик с поворотной воронкой:

1 – порталная рама; 2 – заглаживающий брус; 3 – водораспылитель; 4 – самоходная тележка; 5 – большой бункер; 6, 7 – ленточный питатель; 8 – малый бункер; 9 – привод тележки; 10 – пульт управления; 11 – площадка оператора; 12 – поворотная воронка; 13 – привод передвижения.

Питатели оснащены скребками для очистки ленты от остатков бетонной смеси. Выходные окна на передних стенках бункеров перекрываются шарнирными заслонками, которые работают от пневмоцилиндров. Пневмоцилиндрами управляют с помощью кранов управления.

Воронка состоит из рамы, подвешенной к тележке посредством канатно-рычажного механизма, и корпуса воронки, и снабжена приводом поворота в обе стороны на 90° и подъемы на 500 мм.

Верхняя часть корпуса круглого сечения, а нижняя – прямоугольного сечения размером 260×740 мм. Через нее бетонная смесь попадает в форму. По периметру внутреннего сечения рамы установлено несколько роликов, которые служат направляющими при повороте корпуса воронки вокруг вертикальной оси.

Для предварительной подготовки поверхности изделий предназначено заглаживающее устройство. Чистовую обработку производят на отдельном техно-

логическом посту специальной машиной. Устройство представляет собой раму, на которой смонтирован заглаживающий брус, совершающий возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном движению бетоноукладчика. Рама перемещается от специального привода в вертикальном направлении по цилиндрическим направляющим во время отделки поверхности различной толщины.

Для отделки изделия декоративным щебнем применяется навесное оборудование – вибровалик. Рама вибровалика крепится к бетоноукладчику кранштейнами. Подшипники вибровалика перемещаются по бортам формы с изделием. Вибрации вибровалика происходят за счет эксцентричного привода. По бокам формы есть небольшие упоры, которые позволяют вибровалику пройти за первый проход на уровне насыпанного декоративного щебня. Во время второго прохода упоры опускаются, чтобы вибровалик вдавил декоративный слой в бетонную смесь на $1/2$ диаметра зерен.

Приводы передвижения бетоноукладчика размещены на нижних продольных балках рамы. Каждый привод состоит из трехскоростного двигателя, связанного клиноременной передачей с быстроходным валом цилиндрического редуктора, колодочного тормоза с электрогидравлическим толкателем и цепной передачей.

При формовании бетоноукладчик с заполненными смесью бункерами перемещается на пост формования и устанавливается над формой. После этого включают привод питателя большого бункера и укладывают легкобетонную смесь в форму через воронку. С помощью виброплощадки смесь уплотняют, укладывают верхний слой и отделывают его заглаживающим брусом. Производительность бетоноукладчика $20 \text{ м}^3/\text{час}$. Продольное перемещение портала бетоноукладчика, поперечное перемещение бункеров на портале и поворот воронки обеспечивают укладку бетонной смеси в формы разной конфигурации.

Техническая характеристика бетоноукладчика СМЖ-166Б:

– ширина колеи, мм	4500	
– число бункеров	2	
– вместимость бункеров, м ³	1+2,1	
– ширина ленты питателей, мм	900	
– скорость передвижения, м/мин	4,6...29,7	
– установленная мощность, кВт	23,7	
– габаритные размеры, мм: длина	5200	
	ширина	6300
	высота	3100
– масса, т	9500	

Виброплощадка СМЖ-280 грузоподъемностью 20 т с горизонтально направленными колебаниями применяется для уплотнения подвижных смесей всех видов при формировании тонкостенных длинномерных железобетонных изделий. В виброплощадке две отдельные виброгруппы установлены каждая соосно с одним рядом упругих опор и имеют общий привод. Сближать ряды опор можно меняя длину карданных валов.

Техническая характеристика виброплощадки СМЖ-280:

– номинальная грузоподъемность, т	20	
– частота колебаний, Гц	40...50	
– амплитуда колебаний, мм	0,4...0,6	
– способ крепления форм	пневматический	
– установленная мощность, кВт	22	
– габаритные размеры, мм: длина	9700	
	ширина	3200
– масса, кг	6100	

Оборудование для щелевых камер предназначено для автоматического закрывания проемов камер для тепловой обработки железобетонных изделий (рисунок 5). Оборудование состоит из ворот и пневмопривода для открывания ворот. В состав пневмопривода входят пневмоцилиндр, влагоотделитель, воздухораспределители и глушитель. Над щелевой камерой в фундаменте расположена рама, на которой установлены все элементы пневмопривода. Шток пневмоцилиндра соединен тросами с воротами, которые шарнирно установлены в проеме щелевой камеры. При включении пневмоцилиндра ворота поворачиваются вокруг шарнира, открывая (закрывая) проем щелевой камеры.

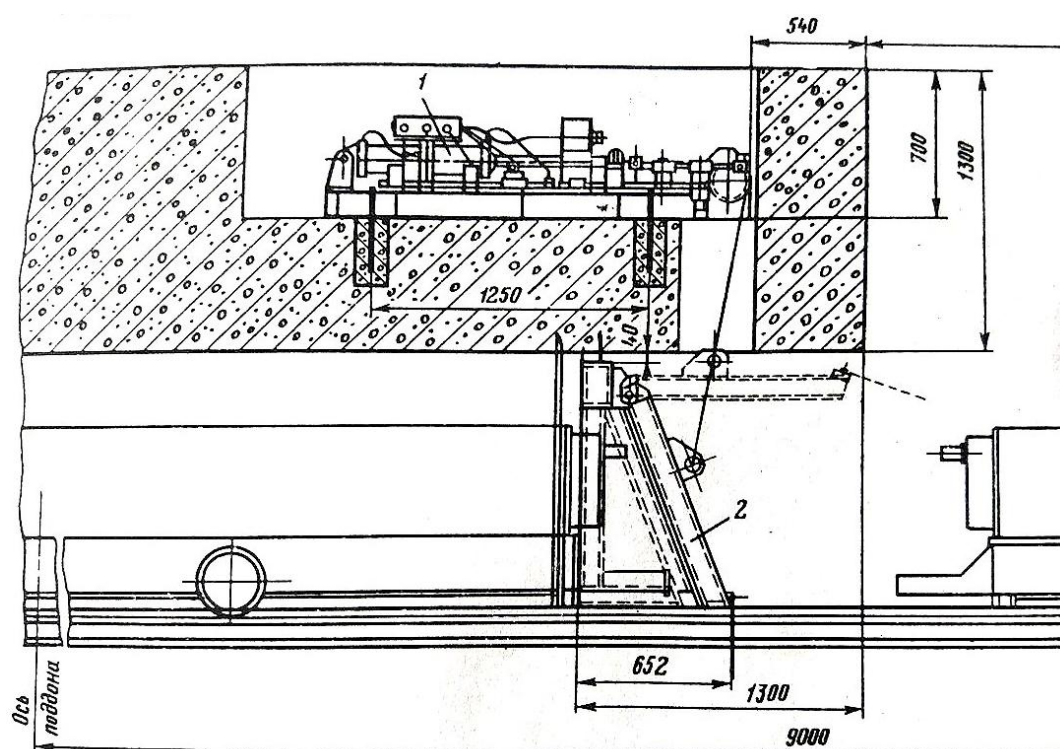


Рисунок 5 – Общий вид оборудования СМЖ-445 щелевых камер:

1 – пневмопривод; 2 – ворота; 3 – форма с изделием.

Техническая характеристика устройства СМЖ-445:

- тип привода ворот пневматический
- габаритные размеры закрываемых проемов щелевых камер, мм:
- ширина 4000
- высота 1160

– высота открывания ворот, мм	1000
– пневмоцилиндр, мм:	
диаметр	160
ход	500
– давление сжатого воздуха в сети, МПа	0,49
– максимальное тянущее усилие, развиваемое пневмоциндром, Н	7600
– расход сжатого воздуха за цикл, м ³	0,02
– габаритные размеры, мм:	
пневмопривода:	
длина	1880
ширина	790
высота	543
проходного проема щелевой камеры:	
ширина	3858
высота	850
– масса, кг	1040

Кантователь СМЖ-3001А предназначен для поворота форм с изделиями и представляет собой платформу с устройствами для закрепления изделий или форм. С помощью гидроцилиндров платформа поворачивается около неподвижных шарнирных осей.

Техническая характеристика кантователя СМЖ-3001А:

– грузоподъемность, т	20
– угол, °: поворота платформы	45;72;80
кантователя	45;72;80
– продолжительность цикла кантования, с	660
– установленная мощность, кВт	7,5

– габаритные размеры, мм:

длина 4500

ширина 4000

высота 3600

– масса, кг 6000

Самоходная тележка грузоподъемностью 5 т предназначена для подачи арматуры в формовочный цех.

Передаточная тележка 2693/2 предназначена для приема формы с изделием с конвейерной линии, транспортирования и заталкивания ее в камеры тепловой обработки, а также для приема формы с изделием из камеры после тепловой обработки, транспортирования и передачи ее на конвейерную линию.

Привод конвейерной линии 2693/1 предназначен для периодического линейного перемещения форм-вагонеток вдоль технологических постов. Он состоит из двух отдельных секций. Ритм работы 30 мин. Число постов – 8. Скорость перемещения 10...30 м/час.

Вывозная тележка ПБ14-130Б предназначена для вывоза готовых изделий на склад.

Устройство СМЖ-793 предназначено для открывания бортов форм на постах распалубки изделий или для закрывания бортов на постах сборки форм (рисунк б).

Устройство состоит из механизмов для открывания (закрывания) поперечных бортов, механизмов для открывания (закрывания) продольных бортов, станции гидропривода, электрооборудования, фиксатора формы на посту.

Механизмы поворота поперечных бортов представляют собой две пары рычагов на одном валу, установленном на подшипниках скольжения, расположенных на раме. Поворот вала осуществляется двумя гидроцилиндрами.

t_n – продолжительность наполнения бункера бетоноукладчика смесью,
МИН

$$t_n = \frac{V_{\bar{o}} * K_y * K_n}{\Pi_n}, \quad (3)$$

где $V_{\bar{o}}$ – вместимость бункера бетоноукладчика

$$V_{\bar{o}} = 0,8 * V_{изд}, \quad (4)$$

K_y – коэффициент уплотнения смеси, $K_y=1,12\dots 1,2$;

K_n – коэффициент, учитывающий потери смеси при загрузке в бункер,
 $K_n=1,01$;

Π_n – производительность питателя, $\Pi_n= 60\dots 120$ м³/час;

t_n – продолжительность передвижения укладчика со смесью к форме

$$t_n = \frac{l}{V_y}, \quad (5)$$

l – расстояние от загрузочного конвейера до поста формования (укладки)
смеси, $l=10\dots 15$ м;

V_y – скорость передвижения укладчика, $V_y=4,6$ м/мин;

t_y – продолжительность укладки смеси в форму, мин

$$t_y = \frac{(l_{\phi} + l_y) * n_{np}}{V_y}, \quad (6)$$

где l_{ϕ} – максимальная длина формы, $l_{\phi} = 1,2\dots 3,6$ м;

l_y – база бетоноукладчика, $l_y=2,6\dots 6,6$ м;

n_{np} – количество проходов бетоноукладчика, $n_{np}=2\dots 3$;

t_e – продолжительность перемещения укладчика в исходное положение
(под загрузку), мин

$$t_g = t_n . \quad (7)$$

$$t_n = \frac{0,96*1,12*1,01}{60} = 0,018 \text{ мин}$$

$$t_n = \frac{10}{4,6} = 2,17 \text{ мин}$$

$$t_y = \frac{(3,6+6,6)*2}{4,6} = 4,43 \text{ мин}$$

$$t_g = 0,018 \text{ мин}$$

$$t_y = 0,018+2,17+4,43+0,018 = 6,636 \text{ мин}$$

$$P_V = \frac{60*1,2*1*1,12*0,85}{6,636} = 10,33 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Мощность привода ленточного питателя бетоноукладчика

$$N = N_1 + N_2 + N_3 , \quad (8)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на преодоление сопротивления о трение бетонной смеси о борта, кВт

$$N_1 = \frac{h^2 * \rho * l_b * f * \delta * g * V_n}{1000} , \quad (9)$$

h – высота щели бункера (бортов), $h=0,1 \dots 0,15$ м;

ρ – плотность бетонной смеси, $\rho=2400$ кг/м³;

l_b – длина бортов, $l_b=0,4 \dots 0,5$ м;

f – коэффициент трения бетона о стенки бортов, $f=0,8 \dots 0,9$;

δ – коэффициент бокового давления, $\delta=0,75 \dots 0,8$;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с²;

V_n – скорость ленты питателя, $V_n=0,1 \dots 0,166$ м/с.

$$N_1 = \frac{(0,1)^2 * 2400 * 0,4 * 0,8 * 0,75 * 9,81 * 0,1}{1000} = 0,0056 \text{ кВт}$$

N_2 – мощность, расходуемая на преодоление сопротивления от давления смеси в зоне бункеров и копильника, кВт

$$N_2 = \frac{P * f_l * V_n}{1000}, \quad (10)$$

где P – сила активного давления бетонной смеси на ленту, Н

$$P = \frac{\rho * R * g}{(f_2 * m) + h_k * \rho * g} * (S_1 + S_2), \quad (11)$$

S_1 – площадь активного давления бетонной смеси на ленту первого питателя, м²;

S_2 – площадь активного давления бетонной смеси на ленту второго питателя, м²;

f_l – коэффициент трения ленты о поддерживающий лист, $f_l = 0,4 \dots 0,6$;

R – гидравлический радиус выпускного отверстия бункера, $R = 0,74$ м;

f_2 – коэффициент внутреннего трения бетонной смеси, $f_2 = 1$;

m – коэффициент подвижности бетонной смеси, $m = 0,6 \dots 0,7$;

h_k – высота смеси в копильнике, $h_k = 0,1 \dots 0,15$ м.

$$P = \frac{2400 * 0,74 * 9,81}{(0,4 * 0,6) + 0,1 * 2400 * 9,81} * (1,84 * 0,9 + 0,92 * 0,9) = 18,18 \text{ Н}$$

$$N_2 = \frac{18,18 * 1 * 0,1}{1000} = 0,001818 \text{ кВт}$$

N_3 – мощность, расходуемая на собственное транспортирование бетонной смеси, кВт

$$N_3 = \frac{b_l * h_0 * l_n * \rho * g * K_{mp} * V_n}{1000}, \quad (12)$$

где b_l – ширина ленты питателя, $b_l=0,9$ м;

h_{δ} – толщина слоя бетона на ленте, $h_{\delta}=0,2$ м;

l_n – длина питателя, $l_{n1}=1,84$, $l_{n2}=0,92$;

K_{mp} – коэффициент трения, приведенный к роlikоопорам питателя,
 $K_{mp}=0,03...0,04$.

$$N_3 = \frac{0,9*0,2*2,76*2400*9,81*0,03*0,1}{1000} = 0,035 \text{ кВт}$$

$$N = 0,0056+0,001818+0,035=0,0424 \text{ кВт}$$

Мощность, необходимая для передвижения бетоноукладчика:

$$N_6 = \frac{W*V_y}{1000\eta} = \frac{[(P_k+P_6)*\frac{2\mu+f*d}{D}*\beta*V_y]}{1000\eta}, \quad (13)$$

где W – сила сопротивления передвижению бетоноукладчика, Н;

V_y – скорость передвижения бетоноукладчика, м/с;

η – коэффициент полезного действия, $\eta =0,8...0,9$;

P_k – сила давления от массы конструкции бетоноукладчика,
 $P_k=36000...145000$ Н;

P_6 – сила давления от бетонной смеси в бункерах, $P_6=12000...75000$ Н;

μ – коэффициент трения-качения ходовых колес, $\mu =0,0008...0,001$ м;

f – коэффициент трения, приведенный к валу подшипника, $f=0,03...0,05$;

d – диаметр цапфы подшипника, $d=0,1$ м;

D – диаметр колес, $D=0,45...0,5$ м;

β – коэффициент, учитывающий трение реборд-колес о рельсовый путь,
 $\beta =2,5...3,0$.

$$N_6 = \frac{[(36000+12000) * \frac{2*0,0008+0,03*0,1}{0,45} * 2,5*0,077]}{1000*0,8} = 0,118 \text{ кВт}$$

4 АВТОМАТИКА

Основная задача автоматизации щелевой камеры – автоматическое программное регулирование теплового режима в камере с целью получения необходимой прочности изделий при минимуме затрат энергии и времени.

Функциональная схема автоматизации щелевой камеры представлена на рисунке 7.

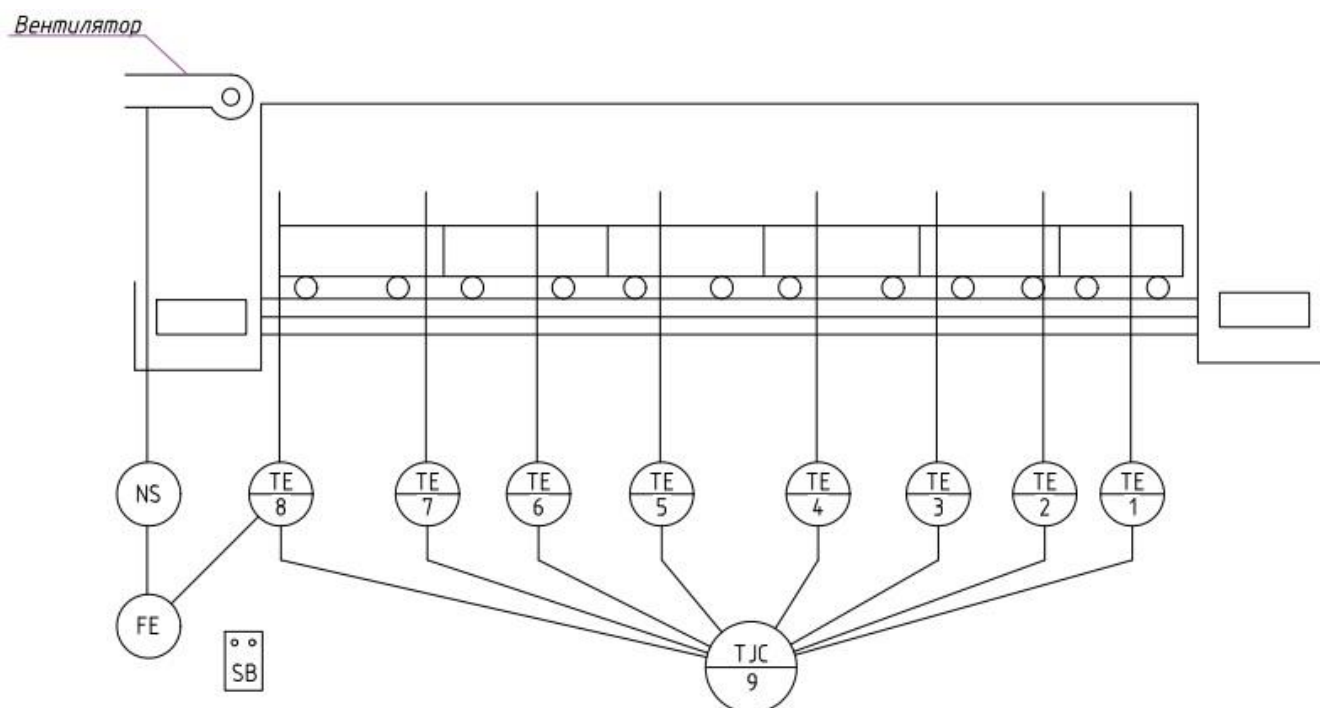


Рисунок 7 – Функциональная схема автоматизации щелевой камеры.

Изменение температуры в камере контролируют датчиками температуры ТЕ, которые подают сигнал в блок управления. Для регулирования температуры используют регулятор многоканальный БМРТЭ-4-12.

Щелевая камера разделена на семь постов. Управляя термоциклами, регулируют включение и выключение определенного количества ТЭНов. От этого зависит режим тепловой обработки.

Управление термоциклами может быть как автоматическое, так и ручное. Для ручного включения термоциклов используют кнопки управления

(1КС1...7КС1, 1КС2, 1КП1...7КП1, 1КП2...7КП2), а для автоматического – магнитные пускатели (1КМ1...7КМ1, 1КМ2...7КМ2). При переходе от автоматического управления к ручному и наоборот используют переключатель универсальный (избиратель управления ИУ1, ИУ2). Управление термоцитатами осуществляется с трех пультов. Питание производят от сети напряжением 220 В.

При включении термоцититов срабатывает световая сигнализация. Включение ее происходит магнитными пускателями (1Л-1...7Л-1, 1Л-2...7Л-2). Так как для питания ламп используют напряжение 24 В, то для преобразования напряжения величиной 220 В в 24 В применяют трансформатор.

Для охлаждения изделий в камере используют вентилятор. Включение можно производить автоматически и вручную. Для переключения используют переключатель универсальный (избиратель управления 11ИУ). Ручное включение производят с помощью кнопок управления (11КСД и 11КПД), а автоматическое – магнитным пускателем (11Л). Включение вентилятора происходит после подачи сигнала с датчиков температуры (7а, 7б), которые контролируют изменение температуры от заданного параметра. Вентилятор работает от двигателя, питание которого производят от сети напряжением 380 В. При включении вентилятора срабатывает световая сигнализация.

5 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

5.1 Описание тепловой установки

Щелевые камеры непрерывного действия применяют при конвейерном способе производства железобетонных изделий. Их выполняют в виде проходных тоннелей высотой около 1 м, по которым специальными механизмами перемещаются формы-вагонетки с изделиями. Свежеотформованные изделия, перемещаясь вдоль камеры, подвергаются тепловой обработке в соответствии с заданным температурным режимом. Изделия в камере последовательно проходят зоны подогрева, изотермического прогрева и охлаждения. Длину каждой зоны регулируют включением или выключением нужного количества блоков тэнов, расположенных на полу камеры между рельсами. Всего в камере 12 блоков. Они размещены на расстоянии 5,5 м от загрузочного торца и 19 м от торца со стороны выдачи. Тэны подсоединены к сети напряжением 380 В и имеют суммарную мощность 1000 кВт. Внутри стальной трубки тэна помещена нагревательная спираль, изолированная от стенок уплотненным порошком окиси магния. Температура на поверхности трубчатого электронагревателя при развернутой длине трубки 8 м и мощности 7 кВт достигает 400 °С. Управление группами трубчатых нагревателей автоматизировано.

Камеры выполнены напольными. Стенки, потолок камеры изготовлены из тяжелого железобетона с внутренней теплоизоляцией из минеральной ваты. Длина камер определяется производительностью конвейера и продолжительностью тепловой обработки и достигает 80...90 м.

Принцип работы камеры следующий. Вагонетка с изделием в форме поступает на передаточную тележку, оборудованную толкателем. Передаточная тележка передвигает вагонетку на уровень рельсов щелевой камеры и толкатель выталкивает вагонетку с передаточной тележки в камеру. При этом вагонетка с изделием проходит под шторкой, которая предохраняет торец камеры от выбивания тепла и проникания в нее холодного воздуха. Одновременно вагонетка с изделием усилием толкателя продвигает весь поезд, находящийся в камере. И последняя ва-

гонетка также через герметизирующую штору выдвигается на передаточную тележку, которая передвигает вагонетку на конвейер и она транспортируется на пост распалубки изделий.

Охлаждают изделия следующим образом. За счет тяги, создаваемой вентилятором, воздух через жалюзные решетки заборных шахт попадает в канал, из которого через окна поступают в зону охлаждения и остужает изделия. Отработанный воздух через окна проходит в канал, далее в вентилятор, который и выбрасывает его в атмосферу через трубу.

5.2 Теплотехнический расчет щелевой пропарочной камеры

Расчет туннельной пропарочной камеры

Исходные данные:

1. Вид изделия – наружные стеновые панели ЗНСГ 32-Т

2. Геометрические размеры изделия, м:

длина – $l = 3,185$;

ширина – $b = 2,74$;

высота – $h = 0,4$.

3. Масса изделия – $G_u = 4166$ кг.

4. Объем бетона в изделии – $V_b = 1,61$ м³.

5. Объем одного изделия – $V_u = 3,35$ м³.

6. Расход арматуры на 1 м³ бетона – $G_{аб} = 51,6$ кг.

7. Расход арматуры на 1 изделие – $G_a = 83$ кг.

8. Водоцементное отношение В/Ц = 0,3.

9. Марка цемента – ЦЕМ II 32,5 Н.

10. Марка бетона – $M_b = B20$.

11. Масса бетона в изделии – $G_b = 3872$ кг.

12. Плотность свежесушеного бетона (бетонной смеси):

$$\rho_{bc} = G_u + G_e + G_n + G_{щ}$$

$$\rho_{bc} = 430 + 105 + 790 + 1075 = 2400 \text{ кг/м}^3$$

13. Расход материалов на 1 м^3 , кг:

– цемент – $G_u = 430$;

– вода – $G_e = 105$;

– песок – $G_n = 790$;

– щебень – $G_{щ} = 1075$.

14. Вес сухих веществ на 1 м^3 – $G_{сб} = 2295$ кг.

15. Вес сухих веществ на 1 изделие – $G_{с1} = G_{сб} * V_b = 3695$ кг.

16. Количество воды, вступившее в реакцию с вяжущим:

$$G_{вс} = G_u * \alpha_1 = 73,1 \text{ кг,}$$

α_1 – степень гидратации.

17. Масса формы-вагонетки – $G_\phi = 3654$ кг.

18. Размеры формы-вагонетки, м:

длина – $l_\phi = 3,63$;

ширина – $b_\phi = 3,16$;

высота – $h_\phi = 0,68$.

19. Температура загружаемых изделий – $t_o = 20^\circ\text{C}$.

20. Температура окружающей среды – $t_{oc} = 20^{\circ}\text{C}$.

21. Начальная температура в камере – $t_l = 20^{\circ}\text{C}$.

22. Температура изотермической выдержки – $t_{из} = 60^{\circ}\text{C}$.

23. Температура изделий при выходе из зоны охлаждения – $t_{ox} = 20^{\circ}\text{C}$.

24. Удельная теплоемкость бетона – $c_{\delta} = 0,84 \text{ кДж/кг*град}$.

25. Коэффициенты:

– теплопроводности бетона – $\lambda_{\delta} = 1,56 \text{ Вт/м *град}$;

– температуропроводности бетона – $a_{\delta} = 27,9 \text{ м}^2/\text{ч}$.

26. Прочность бетона после тепловлажностной обработки $R_{тво} = 18 \text{ МПа}$ (70%).

Расчет количества камер и определение их размеров

Количество камер непрерывного действия определяется из условия равенства производительности конвейерной линии и пропарочных камер:

$$N_{\text{кам}} = \frac{60 \cdot N_{\text{кл}} \cdot D}{N \cdot N_{\text{я}} \cdot k}, \quad (14)$$

где D – цикл тепловлажностной обработки, $D = 12 \text{ ч}$,

N – количество изделий входящих в камеру по длине, шт;

$N_{\text{я}}$ – количество ярусов в камере, шт;

k – ритм конвейера, мин;

$$k = \frac{60D_r}{\Pi} = \frac{60 \cdot 8736}{17472} = 30 \text{ мин} \quad (15)$$

Π – годовой объем выпуска изделий, $\Pi = 17472 \text{ м}^3$;

D_2 – число рабочих часов в году, $D_2 = 8736$ ч.

Количество конвейерных линий:

$$N_{кл} = \frac{П_{\phi} \cdot \kappa}{D_2} \quad (16)$$

где κ – ритм конвейера, $\kappa = 0,5$ ч,

D_2 – число рабочих часов в году,

$П_{\phi}$ – необходимое число формовок в год, определяется по формуле:

$$П_{\phi} = \frac{П}{V_{\phi}}, \quad (17)$$

где $П$ – заданная годовая производительность по выпуску изделий, $м^3$;

V_{ϕ} – объем бетона в изделии на одной форме, поддоне, вагонетке, $м^3$.

$$П_{\phi} = \frac{17472}{1,61} = 10853 \text{ шт}$$

$$N_{кл} = \frac{10853 \cdot 0,5}{8736} = 0,62 \approx 1 \text{ шт}$$

Количество изделий, входящих в камеру:

$$N_I = \frac{D}{\kappa}, \quad (18)$$

где D – цикл тепловлажностной обработки, час;

κ – ритм конвейера, $\kappa=0,5$ ч.

$$N_I = \frac{12}{0,5} = 24 \text{ шт}$$

Определяем количество камер:

$$N_{кам} = \frac{60 \cdot 17 \cdot 0,62}{1 \cdot 30 \cdot 24} = 0,88 \approx 1 \text{ шт}$$

Длина камеры:

$$L = \frac{N_1}{N_{я}} (l_{\phi} + 0,2), \quad (19)$$

$$L = \frac{24}{1} (3,63 + 0,2) = 91,92 \text{ м}$$

где $N_{я}$ – число ярусов;

l_{ϕ} – длина формы-вагонетки.

Высота камеры:

$$H = (h_{\phi} + h_p + h_3) * N_{я} + h_k *(N_{я}-1), \quad (20)$$

где h_{ϕ} – высота формы-вагонетки от головки рельса до верха формы, м;

h_p – высота рельса, $h_p = 0,25$ м;

h_3 – величина зазора между верхом формы-вагонетки и низом консоли,
 $h_3 = 0,3$ м;

$N_{я}$ – количество ярусов;

h_k – высота консоли, $h_k = 0,5$ м.

$$H = (0,68+0,25+0,3)*1+0,5(1-1) = 1,23 \text{ м}$$

Ширина камеры:

$$B = b_{\phi} + 2 * s_l, \quad (21)$$

где b_{ϕ} – ширина формы-вагонетки, м (0,05...0,15);

s_l – расстояние от формы до стен, $s_l = 0,15$ м.

$$B = 3,16+2*0,15 = 3,46 \text{ м}$$

Длина зоны подогрева:

$$L_n = \frac{N_1}{N_{я}} (l_{\phi} + 0,2) \frac{D_n}{D} \quad (22)$$

$$L_n = 91,92 * \frac{1}{12} = 7,66 \text{ м}$$

Длина зоны изотермической выдержки:

$$L_u = \frac{N_1}{N_{я}} (l_{\phi} + 0,2) \frac{D_{из}}{D} \quad (23)$$

$$L_u = 91,92 * \frac{9}{12} = 68,94 \text{ м}$$

Длина зоны охлаждения:

$$L_{ox} = \frac{N_1}{N_{я}} * (l_{\phi} + 0,2) * \frac{D_{ox}}{D} \quad (24)$$

$$L_{ox} = 91,92 * \frac{2}{12} = 15,32 \text{ м}$$

N_n – количество изделий в зоне подогрева:

$$N_n = \frac{L_n}{l_{\phi}} \quad (25)$$

$$N_n = \frac{7,66}{3,63} = 2 \text{ шт}$$

$N_{из}$ – количество изделий в зоне изотермической выдержки:

$$N_{из} = \frac{L_{из}}{l_{\phi}} \quad (26)$$

$$N_{из} = \frac{68,94}{3,63} = 18 \text{ шт}$$

N_{ox} – количество изделий в зоне охлаждения:

$$N_{\text{ox}} = \frac{L_{\text{ox}}}{l_{\phi}} \quad (27)$$

$$N_{\text{ox}} = \frac{15,32}{3,63} = 4 \text{ шт}$$

Рабочий объем камеры:

$$V_{\kappa} = L * B * H \quad (28)$$

$$V_{\kappa} = 91,92 * 3,46 * 1,23 = 391,19 \text{ м}^3$$

Суммарный объем бетона изделий, входящих в камеру:

$$V_{\text{бк}} = N_I * V_{\text{б}} \quad (29)$$

$$V_{\text{бк}} = 24 * 1,61 = 38,64 \text{ м}^3$$

Суммарная масса бетона изделий, входящих в камеру:

$$G_{\text{бк}} = V_{\text{бк}} * \rho_{\text{бс}} \quad (30)$$

$$G_{\text{бк}} = 38,64 * 2400 = 92736 \text{ кг}$$

Объем формы-вагонетки:

$$V_{\phi l} = G_{\phi} / \rho_{\phi} \quad (31)$$

$$V_{\phi l} = 3654 / 7800 = 0,468 \text{ м}^3$$

Суммарный объем форм изделий, находящихся в камере:

$$V_{\phi} = V_{\phi l} * N \quad (32)$$

$$V_{\phi} = 0,468 * 24 = 11,16 \text{ м}^3$$

Степень заполнения камеры бетоном изделий:

$$q_{\text{б}} = \frac{V_{\text{бе}}}{V_{\kappa}} \quad (33)$$

$$q_{\text{б}} = \frac{38,64}{391,19} = 0,1$$

Степень заполнения камеры формами-вагонетками:

$$q_k = \frac{V_\phi - V_{\phi_k}}{V_k} \quad (34)$$

$$q_k = \frac{11,16}{391,19} = 0,03.$$

Производительность камеры в год:

а) по изделиям

$$P_{kl} = \frac{D_z \cdot N_1}{D} \quad (35)$$

$$P_{kl} = \frac{8736 \cdot 24}{12} = 17472 \text{ шт}$$

б) по объему бетона

$$P_k = \frac{D_z \cdot V_{\phi_k}}{D} \quad (36)$$

$$P_k = \frac{8736 \cdot 38,64}{12} = 28130 \text{ м}^3$$

Требуемое количество камер, для выполнения заданной производительности

$$N_{кам} = P / P_k \quad (37)$$

$$N_{кам} = 17474 / 28130 = 0,62 \approx 1 \text{ шт}$$

Материальный баланс камеры

1. Зона подогрева (подъема температуры)

Поступает в камеру:

– сухих веществ

$$G_c = V_{\phi_k} * G_{сб} * N_{п} / N \quad (38)$$

$$G_c = 38,64 * 3695 * 2 / 24 = 11897,9 \text{ кг}$$

– воды затворения

$$G_w = V_{\text{ок}} * G_{\text{в}} * N_n / N \quad (39)$$

$$G_w = 38,64 * 105 * 2 / 24 = 338,1 \text{ кг}$$

– металла форм

$$G_m = G_{\text{ф}} * N_n \quad (40)$$

$$G_m = 2 * 2654 = 7308 \text{ кг}$$

– арматуры и закладных деталей

$$G_{ap} = G_{\text{аб}} * V_{\text{ок}} * N_n / N \quad (41)$$

$$G_{ap} = 51,6 * 38,64 * 2 / 24 = 166,152 \text{ кг}$$

Поступает в зону изотермической выдержки:

- сухих веществ $G_c = 11897,9 \text{ кг}$;
- гигроскопической влаги (с учетом конденсата) $G_w = 338,1 \text{ кг}$;
- металла форм $G_m = 7308 \text{ кг}$;
- арматуры и закладных деталей $G_{ap} = 166,152 \text{ кг}$.

2. Зона изотермической выдержки:

Поступает из зоны подогрева:

- сухих веществ $G_c = 107081,1 \text{ кг}$;
- гигроскопической влаги $G_w = 3042,9 \text{ кг}$;
- металла форм $G_m = 47772 \text{ кг}$;
- арматуры и закладных деталей $G_{ap} = 1495,37 \text{ кг}$.

Поступает в зону охлаждения:

– сухих веществ $G_c = 107081,1$ кг;

– гигроскопической влаги

$$G_{wu} = G_w - G_{g2} - G_{gi} = 3042,9 - 2188,44 - 152,15 = 702,31 \text{ кг} \quad (42)$$

– металла форм $G_m = 47772$ кг;

– арматуры и закладных деталей $G_{ap} = 1495,37$ кг;

– вода, перешедшая в гидратную влагу

$$G_{g2} = G_{gc} * V_{ок} * N_{из} / N = 73,1 * 38,64 * 18 / 24 = 2188,44 \text{ кг}$$

$$\text{– испарившаяся вода } G_{gi} = \frac{G_w \cdot a_2}{100} = 33,81 \text{ кг}, \quad (43)$$

где $a_2 = 5\%$ испарившейся воды в зоне.

3. Зона охлаждения

Поступает из зоны изотермической выдержки:

– сухого бетона

$$G_{\text{бo}} = G_c + G_{g2} = 23795,8 + 470,76 = 24266,56 \text{ кг} \quad (44)$$

– гигроскопической влаги $G_{wu} = 676,2$ кг;

– металла форм $G_m = 10616$ кг;

– арматуры и закладных деталей $G_{ap} = 332,3$ кг;

Выходит из камеры:

– сухого бетона $G_{\text{бo}} = 24472$ кг;

– остаточная влага изделий

$$G_{\text{восп}} = G_w - G_{g2} - G_w = 676,2 - 470,76 - 67,62 = 137,82 \text{ кг} \quad (45)$$

- металла форм $G_m = 10616$ кг;
- арматуры и закладных деталей $G_{ap} = 332,3$ кг;
- испаряется вода

$$G_{wuo} = \frac{G_w \cdot a_3}{100}, \quad (46)$$

где a_3 – % испарившейся влаги в зоне 10 %.

Тепловой баланс зоны подогрева

1. Приход тепла

1.1. Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону

$$Q_{1-1} = G_c * c_b * t_o, \quad (47)$$

где c_b – теплоемкость бетона, кДж/кг град,

t_o – температура изделий на входе в камеру, °С.

$$Q_{1-1} = 11897,9 * 0,84 * 20 = 199884,72 \text{ кДж}$$

1.2. Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси

$$Q_{1-2} = G_w * c_w * t_o, \quad (48)$$

где c_w – теплоемкость воды, кДж/кг град.

$$Q_{1-2} = 338,1 * 4,19 * 20 = 28332,78 \text{ кДж}$$

1.3. Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру

$$Q_{1-3} = G_{ap} * c_a * t_o, \quad (49)$$

где c_a – теплоемкость арматуры, кДж/ кг*град,

$$Q_{1-3} = 166,152 * 0,48 * 20 = 1595,06 \text{ кДж}$$

1.4. Теплосодержание форм-вагонеток, загруженных в камеру

$$Q_{1-4} = G_m * c_m * t_o, \quad (50)$$

где c_m – теплоемкость материала форм, кДж/кг*град, $c_m = 0,48 \text{ кДж/кг*град}$.

$$Q_{1-4} = 7308 * 0,48 * 20 = 70156,8 \text{ кДж}$$

1.5. Тепло, вносимое теплоносителем

$$Q_{1-5} = G_l,$$

где G_l – количество подаваемого теплоносителя в период подогрева.

1.6. Сумма приходных статей

$$Q_{1n} = \sum_{i=1}^n Q_{1-i} \quad (51)$$

$$Q_{1n} = G_l + 299969,36$$

2. Расход тепла

2.1. На нагрев сухих материалов

$$Q_{2-1} = G_c * c_b * t_{(1-2)b}, \quad (52)$$

где $t_{(1-2)b}$ – средняя температура в камере в период подогрева = 40°C.

$$Q_{2-1} = 11897,9 * 0,84 * 40 = 399769,44 \text{ кДж}$$

2.2. На нагрев воды в бетонной смеси

$$Q_{2-2} = G_w * c_w * t_{(1-2)b}. \quad (53)$$

$$Q_{2-2} = 338,1 * 4,19 * 40 = 56665,56 \text{ кДж}$$

2.3. На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{2-3} = G_{ap} * c_a * t_{(1-2)\delta} \quad (54)$$

$$Q_{2-3} = 116,152 * 0,48 * 40 = 2230,12 \text{ кДж}$$

2.4. На нагрев форм-вагонеток

$$Q_{2-4} = G_m * c_m * t_{uz} \quad (55)$$

$$Q_{2-4} = 7308 * 0,48 * 60 = 210470,4 \text{ кДж}$$

2.5. Потери тепла в окружающую среду через ограждающие конструкции (расчет ведется для стен и перекрытия, потери тепла через пол не учитываются)

$$Q_{2-5} = 3,6 * k * F * D_n * (t_{(1-2)\delta} - t_{oc}), \quad (56)$$

где F – площадь через которую теряется тепло, m^2 ;

k – коэффициент теплопередачи, $Вт/м^2 * град$

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (57)$$

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде, $Вт/м^2 * град$:

$$\alpha_2 = A \sqrt{t_{cm} - t_{oc}} + 5,7 * \frac{E \cdot \left(\left(\frac{t_{cm} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{t_{oc} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{cm} - t_{oc}}, \quad (58)$$

где b_i – толщина слоев ограждения, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности слоев ограждающих конструкций, $Вт/м \cdot град$;

A – коэффициент, учитывающий расположение ограждающей конструкции:

– для горизонтальных поверхностей – 3,3;

– для вертикальных поверхностей – 2,6.

t_{cm} – температура наружной поверхности стен, °С;

t_{oc} – температура окружающей среды, °С;

E – степень черноты, $E=0,8$.

Температура наружной поверхности стен

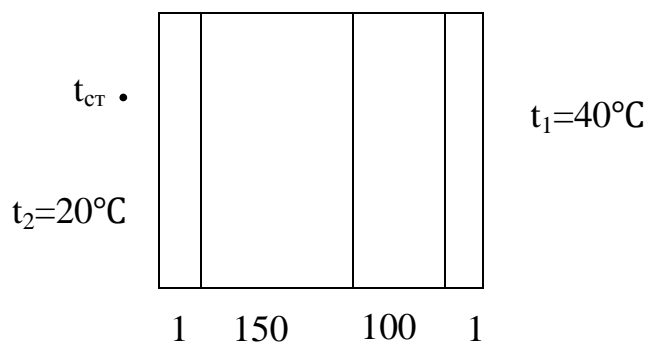


Рисунок 8 – Фрагмент стены камеры

Тепловой поток, проходящий через стену камеры:

$$q = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{b}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} (t_1 - t_2). \quad (59)$$

$$q = \frac{1}{(0,001/56)*2+0,15/1,56+0,1/0,063+1/5,8} (40 - 20) = 10,78$$

Температура наружной поверхности стен определяется:

$$t_{cm} = t_2 + q * \frac{1}{\alpha_2}. \quad (60)$$

$$t_{cm} = 20 + 10,78 * \frac{1}{5,8} = 21,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha'_2 = 2,6 \sqrt{21,85 - 20} + 5,7 * \frac{0,8 * \left(\left(\frac{21,85 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right)}{21,85 - 20} = 371,49$$

$$\alpha''_2 = 3,3 \sqrt{21,85 - 20} + 5,7 * \frac{0,8 * \left(\left(\frac{21,85 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right)}{21,85 - 20} = 372,44$$

$$k' = \frac{1}{(0,001/56)*2 + 0,15/1,56 + 0,1/0,063 + 1/371,49} = 0,593$$

$$k'' = \frac{1}{(0,001/56)*2 + 0,15/1,56 + 0,1/0,063 + 1/372,44} = 0,593$$

$$Q_{2.5} = 0,593 * 45,35 * 1 * (40 - 20) = 537,85 \text{ кДж}$$

2.6 Сумма расходных статей

$$Q_{Ip} = 669673,37 \text{ кДж}$$

Уравнение теплового баланса для зоны

$$Q_{In} = Q_{Ip}$$

$$G_1 + 299969,36 = 669673,37$$

$$G_1 = 369704,01 \text{ кДж} = 102,7 \text{ кВт*ч.}$$

Тепловой баланс зоны изотермической выдержки

3. Приход тепла.

3.1. Теплосодержание сухой части бетонной смеси, поступившей в зону

$$Q_{3-1} = Q_{2-1} = 399769,44 \text{ кДж}$$

3.2. Теплосодержание влаги, содержащейся в бетонной смеси

$$Q_{3-2} = Q_{2-2} = 56665,56 \text{ кДж}$$

3.3. Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру

$$Q_{3-3} = Q_{2-3} = 2230,12 \text{ кДж}$$

3.4. Теплосодержание форм-вагонеток, загруженных в камеру

$$Q_{3-4} = Q_{2-4} = 210470,4 \text{ кДж}$$

3.5. Тепло вносимое теплоносителем

$$Q_{3-5} = G_2,$$

где G_2 – количество подаваемого теплоносителя в зоне изотермической выдержки,

3.6 Тепло экзотермии вяжущего

$$Q_{3-6} = q_u * G_u * V_u * N_{из}, \quad (61)$$

где $N_{из}$ – количество изделий в зоне;

V_u – объем бетона в изделии;

q_u – тепло, выделившееся при гидратации 1 кг цемента, кДж/кг.

$$q_u = \frac{M_{ц} * \theta_1 * \alpha_0 \sqrt{B/Ц}}{162 + 0,96 * \theta_1}, \quad (62)$$

где θ_1 – количество градусов-часов процесса

$$\theta_1 = D_u * t_{2\delta} * K_I, \quad (63)$$

$$\theta_1 = 9 * 60 * 1 = 540 \text{ град*ч}$$

α_0 – коэффициент:

$$\alpha_0 = 0,84 + 0,0002 * \theta_1 \quad (64)$$

$$\alpha_0 = 0,84 + 0,0002 * 540 = 0,948$$

K_I – коэффициент, учитывающий герметичность изделий, $K_I = 1$.

$$q_u = \frac{400 * 540 * 0,948 * \sqrt{0,3}}{162 + 0,96 * 540} = 164,84 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{3-6} = 164,84 * 430 * 1,61 * 18 = 2054137,2 \text{ кДж}$$

3.7 Сумма приходных статей

$$Q_{2n} = \sum_{i=1}^n Q_{3-i} \quad (65)$$

$$Q_{2n} = G_2 + 2723272,72 \text{ кДж}$$

4. Расход тепла

4.1. На нагрев материалов

$$Q_{4-1} = (G_c + G_{62}) * c_{\bar{o}} * t_{(1-2)\bar{o}u} \quad (66)$$

$$Q_{4-1} = 107081,1 * 0,84 * 60 = 5396887,44 \text{ кДж}$$

4.2. На нагрев воды в изделиях

$$Q_{4-2} = (G_w - G_{6u} - G_{62}) * c_w * t_{(1-2)\bar{o}u}. \quad (67)$$

$$Q_{4-2} = 702,31 * 4,19 * 60 = 176560,73 \text{ кДж}$$

На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{4-3} = G_{ap} * c_a * t_{(1-2)\bar{o}u}. \quad (68)$$

$$Q_{4-3} = 1495,37 * 0,48 * 60 = 43066,66 \text{ кДж}$$

4.4. На нагрев форм-вагонеток

$$Q_{4-4} = Q_{2-4} = 2104470,4 \text{ кДж} \quad (69)$$

4.5. Потери тепла в окружающую среду через надземную часть ограждающих конструкций

$$Q_{4-5} = 3,6 * k * F * D_{uz} * (t_{uz} - t_{oc}), \quad (70)$$

где F – площадь, через которую теряется тепло, m^2 ;

k – коэффициент теплопередачи, $Вт/м^2 * град$;

$$k = \frac{1}{\alpha_1 + \sum_{i=1}^n \frac{b_i}{\lambda_i} + \alpha_2}, \quad (71)$$

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде, Вт/м²*град;

t_{cm} – температура наружной поверхности стен в зоне изотермической выдержки, °С;

$$\alpha_2 = A \sqrt{t_{cr} - t_{oc}} + 5,7 * \frac{E \cdot \left(\left(\frac{t_{cm} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{t_{oc} + 273}{100} \right)^4 \right)}{t_{cm} - t_{oc}}, \quad (72)$$

где b_i – толщина слоев ограждения, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности слоев ограждающих конструкций, Вт/м* град;

A – коэффициент, учитывающий расположение ограждающей конструкции:

– для горизонтальных поверхностей – 3,3;

– для вертикальных поверхностей – 2,6.

t_{cm} – температура наружной поверхности стен, °С;

t_{oc} – температура окружающей среды, °С;

E – степень черноты, $E = 0,8$.

Тепловой поток, проходящий через стену камеры:

$$q = \frac{1}{(0,001/56)*2+0,15/1,56+0,1/0,063+1/5,8} (60 - 20) = 21,55$$

Температура наружной поверхности стен

$$t_{cm} = 20 + 21,55 * \frac{1}{5,8} = 23,72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha'_2 = 2,6 \sqrt{23,72 - 20} + 5,7 * \frac{0,8 * \left(\left(\frac{23,72 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right)}{23,72 - 20} = 190,38$$

$$\alpha''_2 = 3,3 \sqrt{23,72 - 20} + 5,7 * \frac{0,8 * \left(\left(\frac{23,72 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right)}{23,72 - 20} = 191,73$$

$$k' = \frac{1}{(0,001/56) * 2 + 0,15/1,56 + 0,1/0,063 + 1/190,38} = 0,5922$$

$$k'' = \frac{1}{(0,001/56) * 2 + 0,15/1,56 + 0,1/0,063 + 1/191,73} = 0,5922$$

$$Q_{4.5} = 0,5922 * 408,13 * 9 * (60 - 20) = 87046,3 \text{ кДж}$$

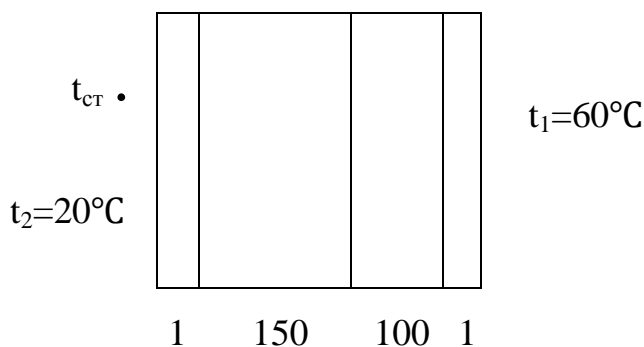


Рисунок 9 – Фрагмент стены камеры

4.6. Расход тепла на испарение влаги из бетона и нагрев водяных паров

$$Q_{4.6} = G_{ву} * (r + C_{вн} * t_{(1-2)бу}), \quad (73)$$

где r – скрытая теплота парообразования;

$C_{вн}$ – теплоемкость паровоздушной смеси.

$$Q_{4.6} = 33,81(2493 + 0,7108 * 60) = 85730,26 \text{ кДж}$$

4.7. Сумма расходных статей

$$Q_{2p} = \sum_{i=1}^n Q_{4-i}. \quad (74)$$

$$Q_{2p} = 7893761,8 \text{ кДж}$$

Уравнение теплового баланса для зоны

$$Q_{2n} = Q_{2p} \quad (75)$$

$$G_2 + 2723272,72 = 7893761,8$$

$$G_2 = 5170489,08 \text{ кДж} = 1436,25 \text{ кВт*ч.}$$

Тепловой баланс зоны охлаждения

5. Приход тепла

5.1. Теплосодержание сухой части бетона, поступившей в зону

$$Q_{5-1} = Q_{4-1} = 5396887,44 \text{ кДж} \quad (76)$$

5.2. Теплосодержание влаги, содержащейся в бетоне изделий

$$Q_{5-2} = Q_{4-2} = 176560,73 \text{ кДж} \quad (77)$$

5.3. Теплосодержание арматуры и закладных деталей изделий, загруженных в камеру

$$Q_{5-3} = Q_{4-3} = 43066,66 \text{ кДж} \quad (78)$$

5.4. Теплосодержание форм-вагонеток, загруженных в камеру

$$Q_{5-4} = Q_{4-4} = 2104470,4 \text{ кДж} \quad (79)$$

5.5. Тепло, вносимое воздухом, поступающим на охлаждение

$$Q_{5-5} = V_v * c_v * t_v, \quad (80)$$

где V_v – расход воздуха, м³/ч;

c_v – теплоемкость воздуха в зависимости от температуры;

t_v – температура воздуха, поступающего в зону охлаждения, °С.

$$Q_{5.5} = V_v * 1,3153 * 20 = 26,306 V_v$$

5.6. Сумма приходных статей

$$Q_{3n} = \sum_{i=1}^n Q_{5-i} \quad (81)$$

$$Q_{3n} = 26,306 V_v + 7720985,23$$

6. Расход тепла

6.1. На нагрев материалов

$$Q_{6-1} = (G_c + G_{62}) * c_b * t_{ox}, \quad (82)$$

$$t_{ox} - t_{oc} < 40^\circ\text{C}$$

$$Q_{6-1} = 24266,56 * 0,84 * 20 = 407678,21 \text{ кДж}$$

6.2. На нагрев воды в бетоне

$$Q_{6-2} = G_{wocm} * c_w * t_{ox} \quad (83)$$

$$Q_{6-2} = 137,82 * 0,84 * 20 = 2315,38 \text{ кДж}$$

6.3. На нагрев арматуры и закладных деталей

$$Q_{6-3} = G_{ap} * c_a * t_{ox} \quad (84)$$

$$Q_{6-3} = 332,3 * 0,48 * 20 = 3190,08 \text{ кДж}$$

6.4. На нагрев форм-вагонеток

$$Q_{6-4} = G_{\phi} * c_m * t_{ox} \quad (85)$$

$$Q_{6-4} = 10616 * 0,48 * 20 = 101913,6 \text{ кДж}$$

6.5. Потери тепла в окружающую среду через ограждающие конструкции

$$Q_{6-5} = 3,6 * k * F * D_{ox} * (t_{c.ox} - t_{oc}), \quad (86)$$

где $t_{c.ox}$ – средняя температура в зоне охлаждения, °С

$$t_{c.ox} = (t_{\theta 0} + t_{oc})/2 = (20+20)/2 = 20 \text{ °С} \quad (87)$$

$t_{\theta 0}$ – температура воздуха, выходящего из зоны охлаждения.

$$Q_{6-5} = 3,6 * k * F * D_{ox} * (20-20) = 0$$

6.6. Расход тепла на испарение влаги из бетона и нагрев водяных паров

$$Q_{6-6} = G_{wuo} * (r + C_{\theta n} * t_{\theta 0}) \quad (88)$$

$$Q_{6-6} = 67,62 * (2493 + 20 * 0,706) = 169531,45 \text{ кДж}$$

6.7. Потери тепла с воздухом определяются из уравнения

$$Q_{6-7} = V_v * c_v * t_{\theta 0}, \quad (89)$$

$$V_v * c_v * (t_{\theta 0} - t_{oc}) = \alpha * D_{ox} * F_{uz.o} * (t_{c.uz\theta} - t_{c.\theta}) \quad (90)$$

где $t_{c.uz\theta}$ – средняя температура изделия на выходе из зоны охлаждения, °С;

$$t_{c.uz\theta} = (t_{ox} + t_{\theta 0})/2, \quad (91)$$

$t_{c.\theta}$ – средняя температура воздуха в зоне охлаждения, °С;

$$t_{c.\theta} = (t_v + t_{\theta 0})/2, \quad (92)$$

$F_{uz.o}$ – поверхность теплоотдачи изделий, находящихся в зоне охлаждения.

$$F_{uz.o} = 1,1 * N_{ox} * l * b. \quad (93)$$

$$Q_{5-5} = V_v * 1,3153 * 20 = 26,306 V_v.$$

6.8. Сумма расходных статей

$$Q_{3p} = \sum_{i=1}^n Q_{6-i}. \quad (94)$$

$$Q_{3p} = 26,306V_v + 684628,72$$

Уравнение теплового баланса зоны охлаждения

$$Q_{3n} = Q_{3p} \quad (95)$$

Из уравнения теплового баланса зоны охлаждения определяется значение V_v (кг/м²)

$$Q_{5-5} = Q_{3n} - Q_{3p} \quad (96)$$

$$26,306V_v = 7720985,23 - 26,306V_v - 684628,72$$

$$52,612V_v = 7036356,51$$

$$V_v = 133740,53$$

$$133740,53 * 1,3153 * (x-20) = 10,24 * 2 * 27,59 * \left(\frac{20+x}{2} - \frac{20+x}{2} \right)$$

$$175908,919x - 3518178,38 = 0$$

$$x = 20$$

7. Среднечасовой расход электроэнергии, кВт*ч:

– для зоны подогрева

$$G_{1c} = \frac{G_1}{D_n}, \quad (97)$$

$$G_{1c} = \frac{102,7}{1} = 102,7 \text{ кВт*ч}$$

– для зоны изотермической выдержки

$$G_{2c} = \frac{G_2}{D_{из}}, \quad (98)$$

$$G_{2c} = \frac{1436,25}{9} = 159,58 \text{ кВт*ч}$$

8. Удельный расход пара, кг/м³

– для зоны подогрева

$$G_{1cy} = \frac{G_1}{(N_n \cdot V_0)} \quad (99)$$

$$G_{1cy} = \frac{102,7}{2 \cdot 1,61} = 31,89 \text{ кг/м}^3$$

– для зоны изотермической выдержки

$$G_{2cy} = \frac{G_2}{(N_{из} \cdot V_0)} \quad (100)$$

$$G_{2cy} = \frac{1436,25}{18 \cdot 1,61} = 49,56 \text{ кг/м}^3$$

– для камеры

$$G_{cy} = G_{1cy} + G_{2cy} \quad (101)$$

$$G_{cy} = 31,89 + 49,56 = 81,45 \text{ кг/м}^3$$

Расчеты щелевой камеры показывают, что удельный расход пара 81,45 кг/м³. Это меньше, чем граница удельного расхода пара в пропарочной камере – 170 кг/м³. Отсюда вывод, что камера работает эффективно.

6 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАРУЖНЫХ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

Правила приемки

1. Приемку панелей следует проводить партиями в соответствии с требованиями ГОСТ 13015 и настоящего стандарта. В состав партии включают изделия одного типа из бетона одного класса по прочности на сжатие и одной марки по средней плотности, изготовленные по одной технологии из материалов одного вида и качества в течение не более одних суток.

2. Приемку панелей проводят по результатам входного и операционного контроля, периодических и приемосдаточных испытаний.

3. Состав характеристик панелей, контролируемых при входном и операционном контроле, должен соответствовать ГОСТ 13015 с дополнительным операционным контролем следующих показателей:

- влажность материала плит утеплителя до укладки в форму;
- правильность положения анкерки гибких связей и арматуры жестких связей;
- фактическая толщина бетонных слоев панелей;
- фактическая толщина теплоизоляционного слоя;
- правильность укладки плит утеплителя и установки противопожарных вкладышей;
- наличие и число прорезей в плитах утеплителя в местах расположения элементов связей, качество заделки прорезей;
- наличие и правильность установки деревянных пробок для крепления оконных и дверных блоков;
- наличие и качество грунтовочных покрытий.

4. Показатели, контролируемые по результатам периодических испытаний

4.1 Периодические испытания для определения соответствия контролируемых параметров панелей требуемым значениям должны проводиться при постановке панелей на производство, при изменении технологии производства или используемых материалов и комплектующих изделий, а также периодически - в сроки, указанные в рабочей документации.

4.2 Панели, предназначенные для испытаний по показателям сопротивления силовым воздействиям, должны соответствовать требованиям стандарта и рабочей документации на них.

4.3 В зависимости от конкретной конструкции, принятого вида отделки и особенностей технологии производства панелей к числу показателей панелей, контролируемых по результатам периодических испытаний относить также:

- отпускную влажность теплоизоляционного слоя трехслойных панелей;
- показатели пористости уплотненной бетонной смеси легкого бетона;
- теплопроводность легкого бетона;
- прочность сцепления облицовочных плиток с бетоном или раствором;
- отклонения геометрических параметров, точность которых зависит от неразъемных элементов форм.

Примечание – Теплопроводность легкого бетона должна контролироваться в случаях, когда сопротивление теплопередаче слоев панели из легкого бетона учитывается при определении соответствия расчетного приведенного сопротивления теплопередаче панелей требованиям действующих норм по тепловой защите зданий.

4.4 Отпускную влажность материалов следует контролировать по результатам испытаний проб, отобранных из трех готовых панелей, не реже:

- легкого бетона наружного и внутреннего слоев - одного раза в месяц, а также при изменении состава бетона;

– материала теплоизоляционного слоя – двух раз в месяц.

Оценку фактической отпускной влажности материалов следует проводить по результатам проверки каждого контролируемого изделия по среднему значению влажности отобранных из него проб.

4.5 Контроль по показателям пористости уплотненной смеси легкого бетона (объему межзерновых пустот, объему вовлеченного воздуха) следует проводить не реже одного раза в месяц.

4.6 Контроль по показателям теплопроводности легкого бетона должен проводиться не реже одного раза в шесть месяцев.

4.7 Прочность сцепления облицовочных плиток с раствором или бетоном панелей следует контролировать не реже одного раза в месяц. Оценку прочности следует проводить по среднему значению результатов испытаний образцов, отобранных из пяти готовых панелей, входящих в состав одной принятой партии панелей.

4.8 Контроль по показателям точности геометрических параметров панелей следует проводить не реже одного раза в месяц на выборке из одной партии панелей. Объем выборки и правила оценки результатов контроля - в соответствии с 8.5.5.

5. Показатели, контролируемые по результатам приемосдаточных испытаний

5.1 Приемку панелей по результатам приемосдаточных испытаний проводят по следующим показателям:

- прочность бетона и раствора;
- средняя плотность легкого бетона;
- соответствие закладных, арматурных изделий и прочности их сварных соединений, а также монтажных петель рабочим чертежам;

- точность геометрических параметров панелей;
- толщина защитного слоя бетона до арматуры;
- ширина раскрытия трещин;
- качество бетонных поверхностей;
- наличие сцепления облицовочной плитки с бетоном или раствором;
- масса изделий;
- внешний вид.

5.2 Прочность бетона контролируют в порядке, предусмотренном ГОСТ 18105. Контроль прочности раствора (в проектном возрасте и отпускной) проводят для каждой партии изделий по результатам испытаний не менее одной серии образцов, изготовленных из одной пробы раствора, но не реже одного раза в смену.

5.3 Контроль средней плотности легкого бетона основных слоев панели следует проводить в соответствии с ГОСТ 27005.

5.4 Соответствие закладных, арматурных изделий и прочности их сварных соединений, а также монтажных петель рабочим чертежам контролируют при их приемке в арматурном цехе.

5.5 Соответствие точности геометрических параметров, толщины защитного слоя бетона до арматуры, ширины раскрытия трещин, качества бетонных поверхностей и массы изделий требованиям рабочей документации проверяют по результатам выборочного одноступенчатого контроля по ГОСТ 13015.

6. Соответствие установленным требованиям внешнего вида изделий (отсутствие жировых и ржавых пятен, наплывов бетона на закладных изделиях и монтажных петлях, обнажений арматуры, наличие и правильность нанесения маркировочных надписей и знаков, наличие гидроизоляционных и антикоррозионных покрытий, наличие, комплектность и качество отделки заполнения про-

емов, соответствие отделки наружных поверхностей утвержденному эталону) проверяется сплошным контролем изделий, входящих в партию. Дефектные изделия должны браковаться.

7. По результатам приемки составляют документ о качестве поставляемых панелей в соответствии с ГОСТ 13015.

Дополнительно в документе о качестве необходимо указывать:

- марку бетона по морозостойкости наружного слоя панелей;
- плотность и коэффициент теплопроводности плит утеплителя теплоизоляционного слоя;
- вид отделки наружных лицевых поверхностей с указанием вида отделочного или облицовочного материала и ссылки на соответствующие стандарты.

При наличии в панелях слоев из раствора в документе о качестве следует приводить показатели: марку раствора по прочности, фактическую отпускную прочность и марку по морозостойкости.

В качестве показателей средней плотности легкого бетона наружного и внутреннего слоев панелей следует указывать фактические значения средней плотности в высушенном до постоянной массы состоянии.

6 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Составляем пооперационный график производства наружных стеновых панелей, детализируя технологическую схему изготовления изделия. В который входят: названия элементных процессов, содержание операций, оборудование, состав рабочих, трудоемкость и длительность операций (таблица 5).

Определяем рабочих, их профессии и разряды.

С целью обеспечения эффективности производства необходимо провести оптимизацию распределения трудовых ресурсов (рисунок 10).

Средняя интенсивность потребления ресурсов:

$$P = \frac{\sum P_{(i,j)} * t_{(i,j)}}{T_c}, \quad (102)$$

где $P_{(i,j)}$ – интенсивность потребления ресурсов на операции, чел.;

$t_{(i,j)}$ – длительность операции, мин;

T_c – такт выпуска.

$$P = \frac{4 * 2 + 3 * 4 + 2 * 2 + 7 * 3 + 7 * 2 + 3 * 4 + 2 * 2}{30} = 2,5 \text{ чел}$$

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

$$\Delta H = H_\phi - H, \quad (102)$$

где H_ϕ – фактические затраты труда в стадийном процессе, чел.-мин;

H – трудоемкость операций стадийного процесса, чел.-мин.

Фактические затраты труда в стадийном процессе:

$$H_\phi = P_{max} * T_c, \quad (103)$$

где P_{max} – наибольшая интенсивность текущего потребления ресурсов, чел.

$$H_{\phi} = 3 * 30 = 90 \text{ чел.-мин}$$

Трудоемкость операций:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i, \quad (104)$$

где H_i – трудоемкость отдельных операций, чел.-мин.

$$H=75 \text{ чел.-мин}$$

$$\Delta H=90-75=15 \text{ чел.-мин.}$$

Описание технологического процесса.

Пост №1: Формование

Подготовку бетоноукладчика осуществляют два бетонщика 5 разряда в течение 3 минут.

Укладка бетонной смеси для нижнего слоя изделия в форму происходит за один проход бетоноукладчика. При проходе бетоноукладчик укладывает бетонную смесь в течение 1 минуты, после чего бетонная смесь уплотняется на виброплощадке в течение 2 минут. После укладки бетонной смеси происходит вибрация формы с уложенным нижним слоем изделия в течение 1 минут, во время которой два бетонщика 5 разряда заглаживают поверхность бетона.

Затем форма перемещается по конвейеру на второго формовочный пост под наблюдением бетонщика 3 разряда в течение 2 минут.

Два бетонщика 3 разряда укладывают утеплитель, арматуру, деревянные пробки и пластмассовые фиксаторы в форму изделия поверх нижнего слоя бетонной смеси в течение 3 минут. Далее два бетонщика 5 разряда проводят укладку бетонной смеси для верхнего слоя в течение 1 минуты, уплотняют на виброплощадке 1,5 минуты и 0,5 минут заглаживают поверхность. Эти же бетонщики укладывают слой декоративного щебня на поверхность формуемого изделия 0,5 минут и 0,5 минут производят втапливание зерен щебня виброваликом.

Отформованное изделие перемещается дальше по конвейеру в камеру тепловой обработки две минуты под руководством бетонщика 3 разряда.

Пост №2: Тепловая обработка

С помощью передаточной тележки форма-вагонетка загружается в камеру тепловой обработки бетонщиком 3 разряда в течение двух минут.

Выгрузка из камеры тепловой обработки происходит с помощью передаточной тележки бетонщиком 3 разряда две минуты. Далее по конвейеру форма с изделием подается на пост распалубки бетонщиком 3 разряда 2 минуты.

Пост №3: Распалубка

На посту распалубки бетонщик 3 разряда с помощью устройства открывания бортов СМЖ793 открывает борта формы с изделием за две минуты. Форма перемещается на кантователь по конвейеру бетонщиком 3 разряда в течение 2 минут. Затем изделие подается на пост доводки такелажником 3 разряда за 1 минуту с помощью крана (строповка 0,5 минуты и подача на пост 0,5 минуты). Пустая форма отправляется по конвейеру на пост чистки и смазки бетонщиком 3 разряда за 2 минуты.

Пост №4: Чистка и смазка

Чистка и смазка проводится щетками и удочкой двумя бетонщиками 3 разряда 4 минуты. Форма перемещается на пост сборки за 2 минуты бетонщиком 3 разряда. С помощью устройства СМЖ793 бетонщик 3 разряда собирает форму в течение 2 минут. Собранная и чистая форма по конвейеру перемещается на пост армирования бетонщиком 3 разряда две минуты.

Пост №5: Армирование

Два арматурщика 4 разряда устанавливают объемные и плоские каркасы, фиксируют подъемные петли, анкера и закладные детали в течение 4 минут. Затем форма по конвейеру перемещается на первый пост формования 2 минуты с помощью бетонщика 3 разряда.

Пост №6: Доводка

После подачи изделия на пост доводки такелажником 3 разряда оно расстроповывается 0,5 минут и устанавливается 1,5 минуты. Готовое изделие после доводки стропуется 0,5 минут, перемещается на вывозную тележку в течении 0,5 минут и расстроповывается 0,5 минут такелажником 3 разряда с помощью крана.

Таблица 5 – Пооперационный график технологического процесса

Процессы	Операции	Обору- дование	Рабочие		Длитель- ность, мин	Время, мин																														
			Проф., разряд	Чел		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Распа- лудка	1.1 Открывание болтов	Угрюмов ОМУ93	Белницк. 3	1	2																															
	1.2 Перемещение формы на кантователь	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
	1.3 Кантование формы с изделием	Кантователь	Белницк. 3	1	2																															
	1.4 Подача изделия на пост ввода	Кран	Толчаник. 3	1	1																															
	1.5 Перемещение формы на пост чистки и смазки	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
Чистка и смазка	2.1 Чистка и смазка формы	Щетки, губка	Белницк. 3	2	8																															
	2.2 Перемещение формы на пост сборки	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
	2.3 Сборка формы	Угрюмов ОМУ93	Белницк. 3	1	2																															
	2.4 Перемещение формы на пост армирования	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
Арму- ровка	3.1 Установка, объемного каркаса, пелель, анкероб и закладных деталей		Иванович. 4	2	8																															
	3.2 Перемещение формы на 1 формовочный пост	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
	4.1 Подготовка бетоноукладчика	Бетоноукладчик	Белницк. 5	2	6																															
Формован- ие	4.2 Укладка и уплотнение нижнего слоя бетоноукладчик	Бетоноукладчик	Белницк. 5	2	8																															
	4.3 Перемещение на 2 формовочный пост	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
	4.4 Укладка утеплителя, арматуры, деревянных пробок, сетки, пластмассовых фиксаторов, фиксация сетки	Конвейер	Белницк. 3	2	6																															
	4.5 Укладка верхнего слоя, уплотнение и заглаживание поверхности	Бетоноукладчик	Белницк. 5	2	6																															
	4.6 Укладка и втапливание декоративного слоя	Бетоноукладчик	Белницк. 5	2	2																															
	4.7 Перемещение формы на передаточную тележку	Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
	Тепловая обработка	5.1 Засушка в камеру тепловой обработки	Передаточная тележка	Белницк. 3	1	2																														
5.2 Выгрузка из камеры тепловой обработки		Передаточная тележка	Белницк. 3	1	2																															
5.3 Подача формы на пост распада		Конвейер	Белницк. 3	1	2																															
Добыв- ка	6.1 Установка изделия на пост добычки	Кран	Толчаник. 3	1	2																															
	6.2 Погрузка изделий на вывозную тележку	Кран	Толчаник. 3	1	16																															

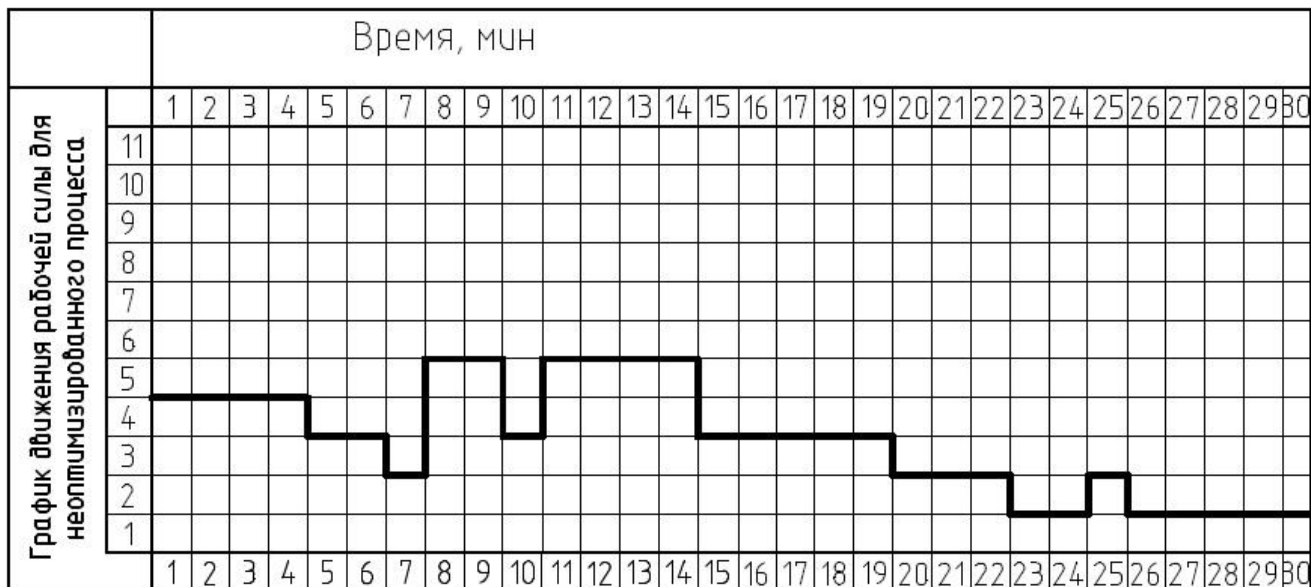


Рисунок 10 – Неоптимизированный график процесса при заданном ритме

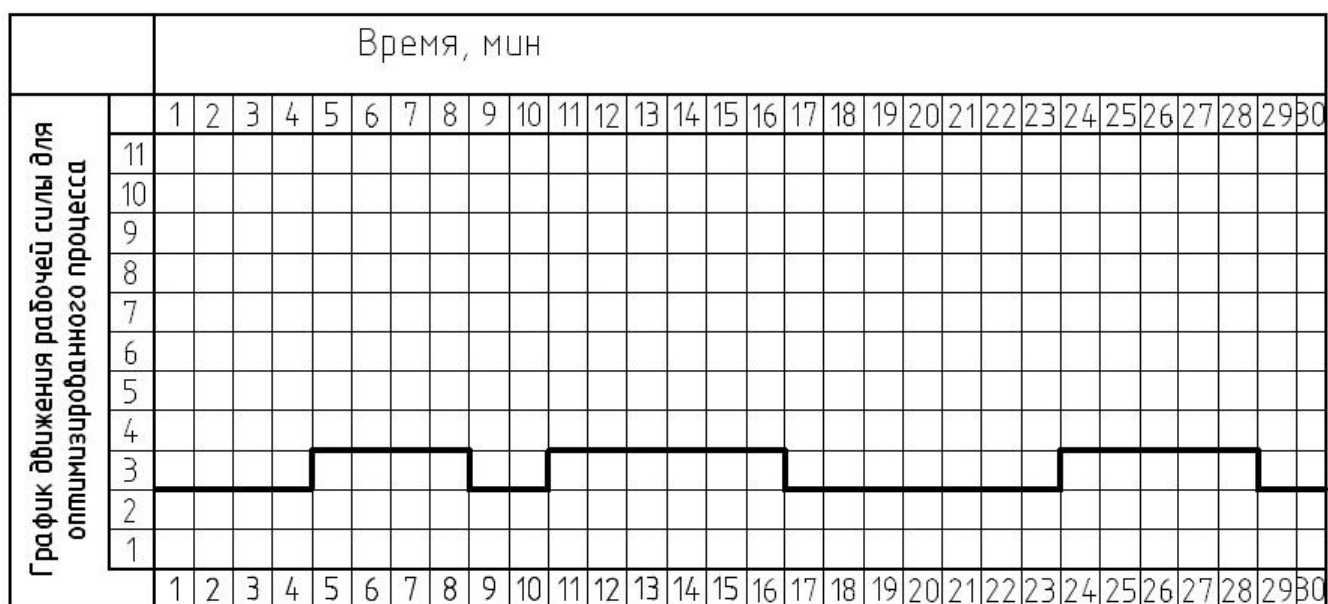


Рисунок 11 – Оптимизированный график процесса при заданном ритме

Циклограмма дает наглядное представление о согласованности времени выполнения отдельных операций. На циклограмме по оси ординат откладывают время, мин, по оси абсцисс – расстояние, м (рисунок 12). Циклограмма отражает взаимное согласование работы машин формовочного цеха и обслуживающих машин. Она строится на длительность одного цикла.

Описание работы мостового крана:

- К1-К2 – простой в работе;
- К2-К3 – строповка и подача изделия на пост доводки;
- К3-К4 – установка изделия на пост доводки;
- К4-К5 – строповка изделия;
- К5-К6 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К6-К7 – расстроповка изделия;
- К7-К8 – перемещение крана на пост доводки;
- К8-К9 – строповка изделия;
- К9-К10 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К10-К11 – расстроповка изделия;
- К11-К12 – перемещение крана на пост доводки;
- К12-К13 – строповка изделия;
- К13-К14 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К14-К15 – расстроповка изделия;
- К15-К16 – перемещение крана на пост доводки;
- К16-К17 – строповка изделия;
- К17-К18 – перемещение изделия на вывозную тележку;

- К18-К19 – расстроповка изделия;
- К19-К20 – перемещение крана на пост доводки;
- К20-К21 – строповка изделия;
- К21-К22 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К22-К23 – расстроповка изделия;
- К23-К24 – перемещение крана на пост доводки;
- К24-К25 – простой в работе;
- К25-К26 – строповка изделия;
- К26-К27 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К27-К28 – расстроповка изделия;
- К28-К29 – перемещение крана на пост доводки;
- К29-К30 – строповка изделия;
- К30-К31 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К31-К32 – расстроповка изделия;
- К32-К33 – перемещение крана на пост доводки;
- К33-К34 – строповка изделия;
- К34-К35 – перемещение изделия на вывозную тележку;
- К35-К36 – расстроповка изделия;
- К36-К37 – перемещение крана на пост доводки.

Описание работы бетоноукладчика:

- Б1-Б2 – простой в работе;

– Б2-Б3 – подготовка бетоноукладчика и перемещение на пост формования №1;

– Б3-Б4 – укладка нижнего слоя бетонной смеси;

– Б4-Б5 – перемещение в исходное положение;

– Б5-Б6 – укладка верхнего слоя бетонной смеси;

– Б6-Б7 – перемещение в исходное положение.

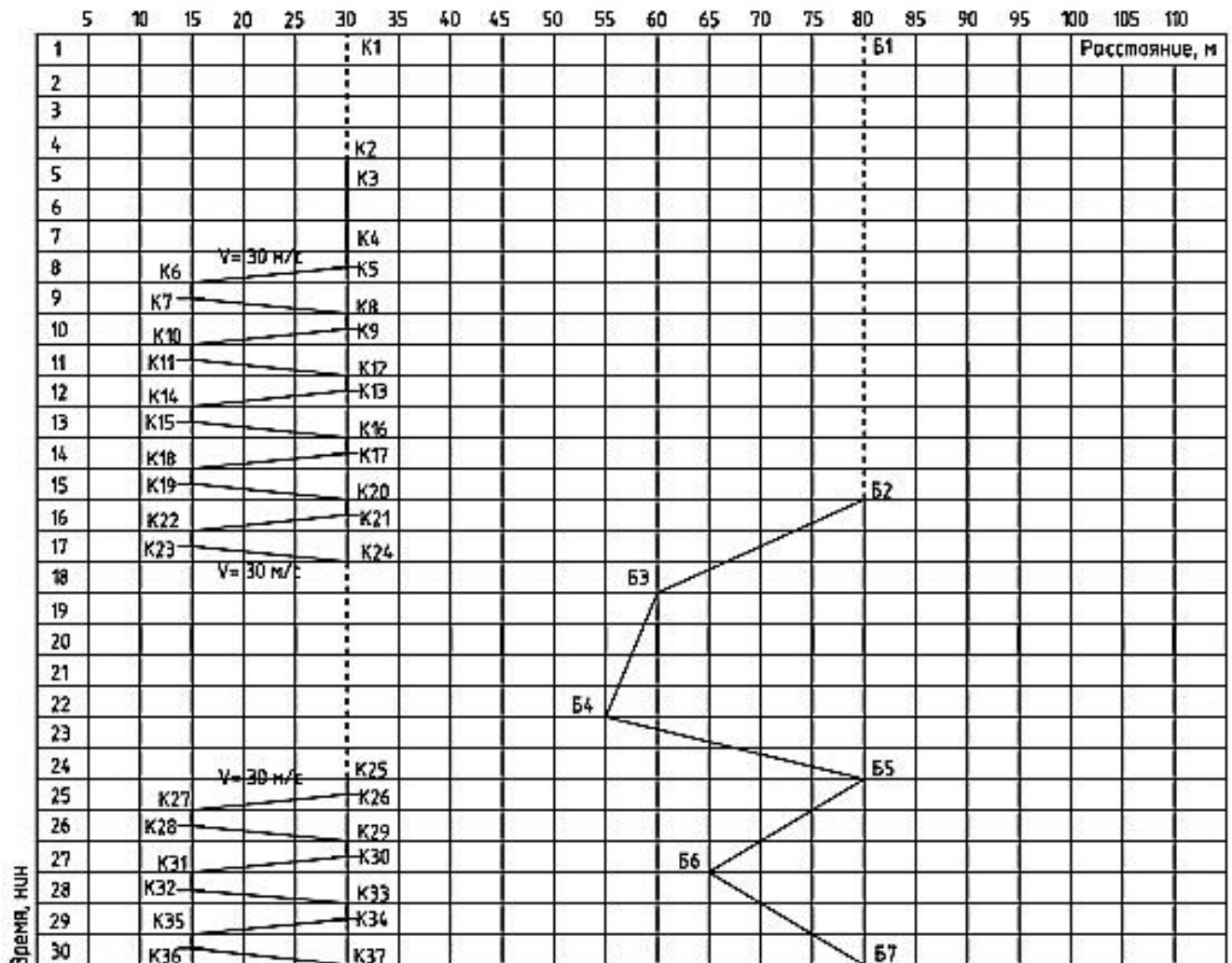
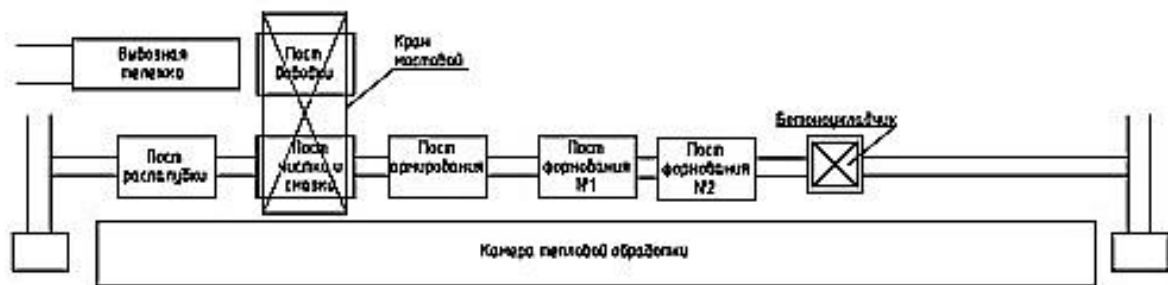


Рисунок 12 – Циклограмма работы машин формовочного цеха

Определение уровня механизации и автоматизации

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

$$Y_m = \frac{\sum z_i * k_i * n_i}{3 \sum n_i} * 100\% , \quad (105)$$

где z – характеристика вида механизации операции:

$z = 0$ – операция не механизирована (выполняется без приспособления или с помощью ручного инструмента);

$z = 1$ – операция выполняется при помощи машины ручного действия (не имеющей механического, электрического или иного подобного привода);

$z = 2$ – операция выполняется при помощи механизированной машины (имеющей электрический или иной привод и не требующей ручного труда) или при помощи автомата;

k – коэффициент степени механизации операций:

$k = 1$ – операция механизирована полностью;

$k = 0,5$ – операция частично механизирована;

n_i – количество операций.

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

$$Y_m = \frac{\sum z'_i * k_i * n_i}{1,5 \sum n_i} * 100\% , \quad (106)$$

где z'_i – характеристика автоматизации:

$z' = 0$ – операция не автоматизирована (операция, механизированная полностью или частично, или выполняется вручную);

$z' = 1$ – 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, функции рабочего сводятся к наблюдению;

k – коэффициент степени автоматизации операции

$k = 1$ – операция автоматизирована полностью;

$k = 0,5$ – операция автоматизирована частично;

n_i – количество операций.

Таблица 6 – Расчет уровня механизации

№	Наименование операции	z	k	n	$z*k*n$
1. Операции на формовочном конвейере					
1.1	Раскрытие замков	0	-	1	0
1.2	Раскрытие бортов	3	1	1	3
1.3	Кантование	3	1	1	3
1.4	Толкание конвейера	3	1	1	3
1.5	Закрытие бортов	3	1	1	3
1.6	Закрытие замков	0	-	1	0
1.7	Чистка формы	2	0,5	1	1
1.8	Смазка формы	2	1	1	2
1.9	Укладка нижнего слоя БС	3	1	1	3
1.10	Уплотнение нижнего слоя БС	3	1	1	3
1.11	Установка арматурного каркаса	0	-	1	0
1.12	Установка петель и закладных деталей	0	-	1	0
1.13	Укладка утеплителя	0	-	1	0

Окончание таблицы 6

№	Наименование операции	z	k	n	z*k*n
1.14	Установка арматурных сеток	0	-	1	0
1.15	Укладка верхнего слоя БС	3	1	1	3
1.16	Уплотнение верхнего слоя БС	3	1	1	3
1.17	Заглаживание поверхности	3	0,5	1	1,5
1.18	Укладка декоративного слоя	0	-	1	0
1.19	Втапливание декоративного слоя	3	1	1	3
1.20	Подача форм в камеру из камеры	3	1	1	3
1.21	Тепловая обработка	3	1	1	3
1.22	Очистка форм от свежего бетона	0	-	1	0
	ИТОГО			22	37,5
2. Операции на конвейере отделки					
2.1	Ремонт и доводка изделий	0	-	1	0
2.2	Контроль качества изделий	0	-	1	0
2.3	Маркировка изделий	0	-	1	0
	ИТОГО			3	0
3. Транспортировка					
3.1	Строповка изделий	0	-	1	0
3.2	Расстроповка изделий	0	-	1	0
3.3	Съем изделий с формы	3	1	1	3
3.4	Транспортирование изделия краном	3	1	1	3
3.5	Подача бетона к посту формования	3	1	1	3
3.6	Загрузка бетоноукладчика	3	1	1	3
	ИТОГО			6	12
	ВСЕГО			31	49,5

Уровень механизации:

$$Y_m = \frac{49,5}{31 \cdot 3} * 100 = 53,2 \% > 50 \%$$

Таким образом, в целом уровень механизации удовлетворяет требованиям ОНТП-07-85, согласно которым в формовочных цехах он должен быть не менее 50%.

Таблица 7 – Расчет уровня автоматизации

№	Наименование операции	z	k	n	z*k*n
1. Операции на формовочном конвейере					
1.1	Раскрытие замков	0	-	1	0
1.2	Раскрытие бортов	1,5	1	1	1,5
1.3	Кантование	1	0,5	1	0,5
1.4	Толкание конвейера	1	0,5	1	0,5
1.5	Закрытие бортов	1,5	1	1	1,5
1.6	Закрытие замков	0	-	1	0
1.7	Чистка формы	0	-	1	0
1.8	Смазка формы	0	-	1	0
1.9	Укладка нижнего слоя БС	1	0,5	1	0,5
1.10	Уплотнение нижнего слоя БС	1	0,5	1	0,5
1.11	Установка арматурного каркаса	0	-	1	0
1.12	Установка петель и закладных деталей	0	-	1	0
1.13	Укладка утеплителя	0	-	1	0
1.14	Установка арматурных сеток	0	-	1	0
1.15	Укладка верхнего слоя БС	1	0,5	1	0,5
1.16	Уплотнение верхнего слоя БС	1	0,5	1	0,5
1.17	Заглаживание поверхности	0	-	1	0

Окончание таблицы 7

№	Наименование операции	z	k	n	z*k*n
1.18	Укладка декоративного слоя	0	-	1	0
1.19	Втапливание декоративного слоя	1,5	1	1	1,5
1.20	Подача форм в камеру из камеры	1,5	1	1	1,5
1.21	Тепловая обработка	1,5	1	1	1,5
1.22	Очистка форм от свежего бетона	0	-	1	0
	ИТОГО			22	10,5
2. Операции на конвейере отделки					
2.1	Ремонт и доводка изделий	0	-	1	0
2.2	Контроль качества изделий	0	-	1	0
2.3	Маркировка изделий	0	-	1	0
	ИТОГО			3	0
3. Транспортировка					
3.1	Строповка изделий	0	-	1	0
3.2	Расстроповка изделий	0	-	1	0
3.3	Съем изделий с формы	1	0,5	1	0,5
3.4	Транспортирование изделия краном	1	0,5	1	0,5
3.5	Подача бетона к посту формования	1,5	1	1	1,5
3.6	Загрузка бетоноукладчика	1,5	1	1	1,5
	ИТОГО			6	4
	ВСЕГО			31	14,5

Уровень автоматизации:

$$У_m = \frac{14,5}{31*1,5} * 100 = 31,2 \% > 30 \%$$

Таким образом, в целом уровень автоматизации удовлетворяет требованиям ОНТП-07-85, согласно которым в формовочных цехах он должен быть не менее 30%.

8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Развитие экономики в большей степени определяется темпами роста строительной индустрии, обеспечивающей наращивание производственного потенциала страны.

Необходимость дальнейшего повышения эффективности капитального строительства требует ускорения процесса индустриализации строительного производства, роста уровня строительной готовности конструкций и материалов, улучшении их качества.

От того, как эффективно предприятие будет осуществлять свою деятельность, зависит состояние государственной экономики и уровень благосостояния населения.

Таблица 8 – Расход сырья и материалов

Материал	Стоимость материала на 1 м ³ панели до изменений	Стоимость материала на 1 м ³ панели после изменений
1.Бетон	2300	2300
2.Арматура	269.26	269.26
3.Закладные детали	11.09	11.09
4.Латекс для обмазки торцов	12.91	12.91
5.Латекс для ремонта	1.49	1.49
6.Цемент для ремонта	4.24	4.24
7.Понополистирол	847.46	847.46
8.Лак битумный	0.14	0.14
9.Электроды	0.15	0.15
10.Песок для ремонта	1.10	1.10
11.Эмульсол	10.00	10.00
12.Прокладки	1.09	1.09
13.Щебень декоративный	-	575.4
Итого:	3458.93	4027.33

9 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В цехе АО ЧелЖБИ-1 изготавливают наружные стеновые панели по конвейерному способу. На технологической линии расположено несколько постов: пост распалубки, пост сборки формы, пост армирования, пост чистки и смазки, два поста формования. В цехе производят электротермообработку изделий. От поста к посту передвигаются формы вагонетки, а от одного поста формования к другому – бетоноукладчик.

9.1 Анализ опасных и вредных факторов в производстве

На производстве по изготовлению наружных стеновых панелей существуют опасные и вредные факторы.

К опасным относят:

- электроопасность;
- падение с высоты рабочего или различных деталей и предметов;
- движущиеся части оборудования;
- пожароопасность.

К вредным относят:

- запыленность воздушной среды;
- воздействие шума, вибрации;
- наличие в воздухе вредных веществ;
- нерациональное освещение;
- микроклимат.

9.2 Микроклимат

В процессе труда в производственном помещении человек находится под влиянием определенных метеорологических условий, или микроклимата – климата внутренней среды этих помещений (ГОСТ 12.1.005-88).

Влияние температуры окружающего воздуха на человеческий организм связано в первую очередь с сужением или расширением кровеносных сосудов кожи. Под действием низких температур воздуха кровеносные сосуды кожи сужаются, в результате чего замедляется поток крови к поверхности тела и снижается теплоотдача от поверхности тела за счет конвекции и излучения. При высоких температурах окружающего воздуха наблюдается обратная картина: за счет расширения кровеносных сосудов кожи и увеличения притока крови существенно увеличивается теплоотдача в окружающую среду.

Повышенная влажность (>85%) затрудняет теплообмен между организмом человека и внешней средой вследствие уменьшения испарения влаги с поверхности кожи, а низкая влажность (<20%) приводит к пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей. Движение воздуха в производственном помещении улучшает теплообмен между телом человека и внешней средой, но излишняя скорость движения воздуха (сквозняки) повышает вероятность возникновения простудных заболеваний (СанПиН 2.2.4.548-96).

Постоянное отклонение от нормальных параметров микроклимата приводит к перегреву или переохлаждению человеческого организма и связанным с ними негативным последствиям.

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяют: механизацию и автоматизацию технологических процессов, защиту от источников теплового излучения, устройство систем вентиляции, кондиционирования воздуха и отопления. Важное значение имеет и правильная организация труда и отдыха работников, выполняющих трудоемкие работы. Для этих категорий работников устраивают специальные места отдыха в помещениях с нормальной температурой, оснащенных системой вентиляции и снабжения питьевой водой.

По ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» находим оптимальные и допустимые параметры микроклимата в производственном помещении (таблица 9).

Для создания требуемых параметров микроклимата в производственном помещении применяют системы вентиляции и кондиционирования воздуха, а также различные отопительные устройства. Вентиляция представляет собой смену воздуха в помещении, предназначенную поддерживать в нем соответствующие метеорологические условия и чистоту воздушной среды.

Таблица 9 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Параметр	Величина	
	Оптимальная	Допустимая
Температура воздуха, °С	16...18	13...19
Относительная влажность воздуха, %	40...60	Не более 75
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,3	Не более 0,5

Параметры микроклимата в производственных помещениях контролируются различными контрольно-измерительными приборами. Для измерения температуры воздуха в производственных помещениях применяют ртутные (для измерения температуры выше 0 °С) и спиртовые (для измерения температуры ниже 0 °С) термометры.

Измерение относительной влажности воздуха осуществляется психрометрами и гигрометрами.

9.3 Виды вредных веществ и оздоровление воздушной среды

Выполнение различных видов работ в промышленности сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ.

Проникновение вредных веществ в организм человека происходит через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей, если человек принимает ее, находясь на рабочем месте. Действие этих веществ следует рассматривать как воздействие опасных или вредных производственных факторов, так как они оказывают негативно (токсическое) действие на организм человека, в результате кото-

рого у человека возникает отравление – болезненное состояние, тяжесть которого зависит от продолжительности воздействия, концентрации и вида вредного вещества (ГОСТ 12.1.007-76).

Оздоровление воздушной среды достигается снижением содержания в ней вредных веществ до безопасных значений, а также поддержанием требуемых параметров микроклимата в производственном помещении.

Для защиты органов дыхания человека от вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны, используются различные индивидуальные средства защиты. Одно из средств индивидуальной защиты – респиратор. Один из наиболее распространенных отечественных респираторов – бесклапанный респиратор ШБ-1 «Лепесток» (ГОСТ 12.4.028).

9.4 Производственное освещение и создание требуемых условий освещения на рабочем месте

Производственное освещение – неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. Правильно организованное освещение рабочего места обеспечивает сохранность зрения человека и нормальное состояние его неравной системы, а также и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Освещенность нормируется согласно СП 52.13330.2010 «Естественное и искусственное освещение».

Создание наилучших условий для видения в процессе труда предполагает нормальную освещенность рабочих мест. Требуемый уровень освещенности в первую очередь определяется точностью выполняемых работ и степенью опасности травмирования.

Большое значение имеет также равномерность распределения яркости на рабочей поверхности, отсутствие на ней резких теней, постоянство величины освещенности во времени и ряд других факторов.

Изготовление наружных стеновых панелей относим к VI разряду зрительных работ.

Для создания искусственного освещения применяются различные электрические источники света: лампы накаливания и газоразрядные лампы.

В цехе производства наружных стеновых панелей следует максимально использовать естественное освещение, применять общее и местное искусственное освещение.

9.5 Действие шума и вибрации на организм человека и основные методы борьбы с ними

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья работающих. С точки зрения безопасности труда шум и вибрация – одни из наиболее распространенных вредных производственных факторов на производстве, которые при определенных условиях могут вступать как опасные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-2015).

При производстве наружных стеновых панелей вибрация создается виброплощадкой, при разгрузке транспортных средств, при передвижении форм и бетоноукладчика по рельсам.

При воздействии общей вибрации наблюдаются нарушение сердечной деятельности, расстройство нервной системы, спазмы сосудов, изменения в суставах, приводящие к ограничению подвижности.

Вибрацию нормируют в соответствии с ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности», а также в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Основные метода защиты от вибрации делятся на две группы:

– снижение вибрации в источнике ее возникновения;

– уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Виброгашение, или динамическое гашение, колебаний достигается в первую очередь установкой вибрирующих машин и механизмов на прочные массивные фундаменты. Массу фундамента рассчитывают таким образом, чтобы амплитуда колебаний его подошвы была в пределах 0,1...0,2 мм, а для особо важных сооружений – 0,005 мм.

Также применяют виброизоляцию, которая заключается в уменьшении передачи колебания от вибрирующего устройства к защищаемому объекту помещением между ними упругих устройств (виброизоляторов). В качестве виброизоляторов используют пружинные опоры либо упругие прокладки из резины. К средствам индивидуальной защиты от вибрации относят виброзащитные рукавицы (ГОСТ 12.4.002).

Шум нормируется на рабочих местах согласно ГОСТ 12.1.003-83* и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Снижение механических шумов достигается: улучшением конструкции машин и механизмов, нанесением смазки на трущиеся детали и т.д.

Также для борьбы с шумом применяют звукоизоляцию, что достигается кабин и пультов управления, звукоизолирующих кожухов. В качестве материалов для звукоизолирующих ограждений используют бетон, железобетон. Звукоизолирующими кожухами закрывают издающие шум устройства.

9.6 Электроопасность

Для производства наружных стеновых панелей используют электрические установки. При работе с ними необходимо соблюдать требования электробезопасности (ГОСТ 12.1.009-2009).

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие. Первое заключается в нагреве и ожогах различных частей и участков тела человека, второе – в изменении состава (разложение) и свойств крови, органических жидкостей. Биологическое действие электрического тока выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма и в нарушении протекания в нем различных внутренних биоэлектрических процессов.

При работе с электроустановками следует руководствоваться «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок».

Основные способы и средства электрозащиты, используемые на производстве:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- защитное заземление.

Трансформаторы для электротермообработки бетона должны находиться в специальных закрытых помещениях. Металлические нетоковедущие части трансформаторов, распределительных щитов, корпуса электронагревательных установок, кожухи рубильников должны быть присоединены к нулевому проводу питающей сети или заземлены.

9.7. Пожароопасность

Пожары на предприятии представляют большую опасность для людей и наносят огромный материальный ущерб.

Пыль полистирола, взвешенная в воздухе, образует с ним воспламеняющиеся смеси. Минимальную концентрацию пыли в воздухе, при которой происходит

ее загорание, называют нижним концентрационным пределом воспламенения пыли (таблица 10) по СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».

Таблица 10 – Нижний концентрационный предел воспламенения

Горючая пыль	НКПВ, г/м ³
Полистирол	25

Для предотвращения пожаров и взрывов исключают возможность образования горючей и взрывоопасной среды и предотвращают появление в этой среде источников зажигания.

Здания и сооружения снабжены устройствами, предназначенными для удаления дыма при пожаре (аэрационные фонари).

Для того, чтобы огонь при пожаре не распространялся с одного здания на другое, они расположены на определенном расстоянии друг от друга (ГОСТ 12.1.004 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.»).

9.8 Основные требования безопасности к промышленному оборудованию

Протекание различных технологических процессов на производстве приводит к возникновению опасных зон, в которых на работающих воздействуют опасные и (или) вредные производственные факторы. Примером тому могут служить: опасность механического травмирования; опасность поражения электрическим током; воздействие шума, вибрации и т.д.

Размеры опасной зоны в пространстве могут быть переменными, что связано с движением частей оборудования или транспортных средств, а также с перемещением персонала, либо постоянными.

Как известно, для защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов используют средства коллективной и индивидуальной защиты. Средства коллективной защиты в свою очередь делятся на оградительные, предо-

хранительные, блокирующие, сигнализирующие, системы дистанционного управления машинами и оборудованием, а также специальные.

Оградительными средствами защиты, или ограждениями, называют устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Ограждения могут быть стационарными (несъемными), подвижными (съемными) и переносными. Они выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов, кожухов и других, имеющие такие размеры и установленных таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону.

При этом должны соблюдаться определенные требования, согласно которым:

- ограждения должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать удары частиц, возникающих при обработке деталей, а также случайное воздействие обслуживающего персонала, и надежно закрепленными;

- ограждения изготавливаются из металлов (как сплошных, так и металлических сеток и решеток);

- все открытые вращающиеся и движущиеся части машин должны быть закрыты ограждениями;

- внутренняя поверхность ограждений должна быть окрашена в яркие цвета, чтобы было заметно, если ограждение снято.

Предохранительные устройства – устройства, которые автоматически отключают машины или агрегаты при выходе какого-либо параметра оборудования за пределы допустимых значений.

К этому типу устройств относятся различные тормозные устройства, позволяющие быстро остановить движущиеся части оборудования; концевые выключатели и ограничители подъема, предохраняющие движущиеся механизмы от выхода за установленные пределы и др.

Различные сигнализирующие устройства предназначены для информации персонала о работе машин и оборудования, для предупреждения от отклонениях технологических параметров от нормы или о непосредственной угрозе.

По способу представления информации различают звуковую, световую и комбинированную (светозвуковую) сигнализацию.

В шумных условиях рекомендуется использовать визуальную сигнализацию, которая включает различные источники света, световые табло, световую окраску и т.д. Для звуковой сигнализации используют сирены или звонки (ГОСТ 12.4.026-2001).

9.8.1 Меры безопасности при работе на конвейере (ГОСТ 12.3.002)

При конвейерной системе производства все оборудование должно быть увязано системой звуковой и световой сигнализации. Пульты управления конвейером должны располагаться в местах, удобных для наблюдения за всеми агрегатами, с которых обеспечивается последовательное включение и выключение механизмов.

Включению конвейеров должны предшествовать предупредительные сигналы. Сигнальные элементы (звонки, лампы) должны быть защищены от механических повреждений и расположены так, чтобы обеспечивалась надежная слышимость и видимость сигнала.

Подачу тележек на конвейер производить с соблюдением соответствующих разрывов между ними по постам.

Перед каждым включением конвейера необходимо убедиться в готовности работ на посту и в отсутствии людей в опасной зоне.

При очистке форм запрещается очищать и смазывать формы во время движения конвейера, чистить формы, стоя на рольгангах.

Распалубку делают рабочие, прошедшие инструктаж по технике безопасности при данных работах. Снимать изделие с поддона формы разрешается только при открытых бортах. В процессе кантования и подъема изделий запрещается на-

ходиться под распалубливаемым изделием, в зоне возможного падения изделия, в зоне работы кантователя.

На посту армирования строповку, транспортировку и установку арматурных каркасов в форму с помощью грузоподъемных механизмов может производить только формовщик, аттестованный инспекцией Госгортехнадзора, имеющий удостоверение стропальщика и получивший под расписку инструкцию стропальщика-зацепщика. При укладке каркаса в форму поддерживать его руками необходимо так, чтобы руки не оказались зажатыми между каркасом и бортами формы. После установки каркаса необходимо надежно зафиксировать его в форме.

На постах укладки бетонной смеси должна работать звуковая сигнализация. Запрещается работать на бетоноукладчике со снятыми ограждениями, с поврежденным кабелем и его изоляции, чистить, смазывать, регулировать механизмы бетоноукладчика во время его работы.

Бетонная смесь в бетоноукладчик доставляется бадьей. Затворы бадьи должны иметь устройство, исключающее их самопроизвольное опрокидывание.

Перед включением бетоноукладчика и подачи сигнала оператору на включение привода конвейера убедиться в отсутствии людей в опасной зоне.

К средствам индивидуальной защиты относят:

- каска строительная;
- рукавицы с наладонниками из брезента.

9.8.2 Меры безопасности при погрузочно-разгрузочных работах

Погрузочно-разгрузочные работы выполняют под руководством и наблюдением лица ответственного за безопасное производство работ кранами из числа ИТР («Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»).

Для погрузочно-разгрузочных работ в цех назначается стропальщик. Стропальщиками могут быть лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр,

обучение, аттестованные заводской квалификационной комиссией, имеющие удостоверение, прошедшие стажировку, назначенные приказом по заводу, получившие инструктаж у ответственного за производство работ грузоподъемными кранами, записанные в вахтенный журнал машиниста грузоподъемного крана. Стропальщики проходят повторную проверку знаний по охране труда не реже одного раза в 12 месяцев.

При погрузочно-разгрузочных работах необходимо соблюдать правила, изложенные в производственной инструкции для стропальщика.

В зоне возможного падения грузов, в зоне перемещения грузов нахождение людей и передвижения транспортных средств запрещено.

Опускать перемещаемый груз разрешается лишь на предназначенное для него место. Устанавливать груз в местах, не предназначенных для него, не разрешается. Укладку груза следует проводить равномерно, без нарушений габаритов, установленных для складирования грузов, без загромождений проходов.

По окончании работ стропальщик обязан освободить все чалочные приспособления, очистить их и вернуть их на место хранения.

Грузоподъемные машины, грузозахватные органы, приспособления, тара должны отвечать требованиям «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов».

В процессе эксплуатации съемных грузозахватных приспособлений и тары необходимо периодически осматривать в установленные сроки, но не реже, чем:

- через 1 месяц при осмотре тары, траверсы;
- через каждые 10 дней при осмотре строп.

К средствам индивидуальной защиты относят:

- каска строительная;
- рукавицы с наладонниками из брезента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте рассмотрено производство наружных стеновых панелей ЗНСНг по конвейерному способу.

Было предложено для отделки наружных стеновых панелей использовать декоративный щебень. Этот вид отделки долговечен и позволяет достичь хорошего архитектурно-художественного эффекта. Отделка щебнем увеличивает морозостойкость и атмосферостойкость панелей. Также он безвреден и безопасен для людей и не загрязняет окружающую среду.

Для полной механизации производства было предложено внедрить новое оборудование, заменить нестандартный бетоноукладчик на бетоноукладчик для производства наружных стеновых панелей, поставить виброплощадку с горизонтально направленными колебаниями.

В проекте было предложено применять щелевую камеру для тепловлажностной обработки. В качестве внутренней теплоизоляции предложено использовать минеральную вату.

Таким образом, совершенствование технологии производства наружных стеновых панелей приведет к увеличению качества изделий, уменьшению брака, уменьшению трудоемкости производства и увеличению производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 31310-2015. Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 24 с.
2. ГОСТ 15588-86. Плиты пенополистирольные. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 86. – 14 с.
3. ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 10 с.
4. ГОСТ 12.1.012-78. ССБТ. Вибрация. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 15 с.
5. ОНТП 07-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятия сборного железобетона. – М.: Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1986.– 52 с.
6. СНиП 3.09.01-1985. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – М.: Стройиздат, 1985. – 49 с.
7. Баженов, Ю.М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю.М. Баженов, А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. – 672 с.
8. Вознесенский, А.А. Тепловые установки в производстве строительных материалов и изделий / А.А. Вознесенский. – М.: Стройиздат, 1964. – 440 с.
9. Гордон, А.Э. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетона / А.Э. Гордон, Л.И. Никулин, А.Ф. Тихонов. – М.: Стройиздат, 1991. – 300 с.
10. 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.

11. Погорелов, С.Н. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии: учебное пособие /С.Н. Погорелов. – Челябинск: Изд. ЧГТУ, 1995 – 26 с.

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

13. Проектирование заводов сборного железобетона / М.М. Борщ, Б.В. Прыкин, В.П. Белогуров и др. – Киев: Будивельник, 1968. – 269 с.

14. Стефанов, Б.В. Технология бетонных и железобетонных изделий / Б.В. Стефанов, Н.Г. Русанова, А.А. Волянский. – Киев: Вища школа, 1982. – 406 с.

15. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных конструкций: учебное пособие к практическим занятиям/Б.Я. Трофимов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1998. – 86 с.

16. Трофимов, Б.Я. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: учебное пособие к практическим занятиям / Б.Я. Трофимов.– Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 68 с.

17. Цителаури, Г.И. Проектирование предприятий сборного железобетона / Г.И. Цителаури. – М.: Высш. шк., 1986. – 312 с.

18. Чудновский, Д.М. Экономика промышленности сборного железобетона / Д.М. Чудновский. – М.: Стройиздат, 1977. – 348 с.

19. Шихненко, И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона / И.В. Шихненко. – Киев: Будивельник, 1974. – 253 с.

20. Якобсон, Я.М. Краткий справочник по бетону и железобетону / Я.М. Якобсон. – М.: Стройиздат, 1974. – 318 с.