СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 4

1.1 Характеристика обрабатываемого изделия 4-14

1.2 Обоснование способа тепловой обработки изделия и выбора тепловой установки 15-32

2. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ 33

2.1 Устройство и принцип действия тепловой установки 33-43

2.2 Технологический и теплотехнический расчет установки 44-62

3. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ 63-70

ЛИТЕРАТУРА 71-72

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

					ДР 08.02.03		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб		Мазитов И.И			Автоклавная установка для производства силикатных бетонов	Лит.	Лист 1 / Листов 72
Проверил		Емельянова Е.Х					
Н. Контр		Емельянова Е.Х					
Реценз		Маханникова А.Х				**СКС и ПТ, гр. ПСК-41**	
		Н.В					

ВВЕДЕНИЕ

Сборные железобетонные конструкции широко используются в строительстве объектов самого разного назначения благодаря экономичности, конструктивной надежности, простоте и удобству монтажа, а также разнообразному архитектурному применению.

Железобетон сегодня – это материал, оптимальный для возведения современных зданий и сооружений, соответствующих требованиям дня сегодняшнего, обладающих неограниченными эстетическими и конструктивными возможностями.

На российском рынке ежегодно растет популярность сборного железобетона – строительные и проектные компании, застройщики и покупатели останавливают свой выбор на сборных строительных конструкциях. Совокупность конструктивных, экологических, эстетических и экономических преимуществ железобетона делает его лучшим материалом и лучшим методом строительства.

Из сборного железобетона можно построить большинство зданий и сооружений. Идеально же сборное строительство подходит для прямоугольных зданий и сооружений: определенная степень повторяемости, регулярности в пролетах, шаге конструкций.

ь

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Характеристика обрабатываемого изделия

Силикатный бетон *— это искусственный строительный материал, в котором главными цементирующими компонентами выступают химические соединения кремнезема и гидрата окиси кальция, содержащиеся в кварцевом песке или дисперсной добавке.*



Рис. 1 Компоненты силикатного бетона

Эти компоненты значительно активизируются с применением автоклавной обработки, когда высокое давление водяного пара обеспечивает присутствие воды в жидком состоянии при повышенных температурах (>100°C).

Силикатные бетоны представлены преимущественно мелкозернистой структурой. Заполнителями для таких растворов могут выступать кварцево-полевошпатные или традиционные кварцевые пески.

<u>По структуре силикатные автоклавные бетоны могут быть:</u>

- ***плотные тяжелые*** *(заполнитель — кварцевый песок):*
- ***плотные легкие*** *(пористый заполнитель крупной или мелкой фракции)*

ь

• ***пористые бетоны*** *(пеносиликат или газосиликат).*

Легкий бетон на основе кремнеземистых компонентов

Легкий бетон изготавливают на пористых заполнителях — керамзите, перлите, шлаковой пемзе и других пористых материалах, применяемых в виде щебня или гравия. В качестве вяжущих используют те же компоненты, что и при изготовлении плотных тяжелых бетонов.

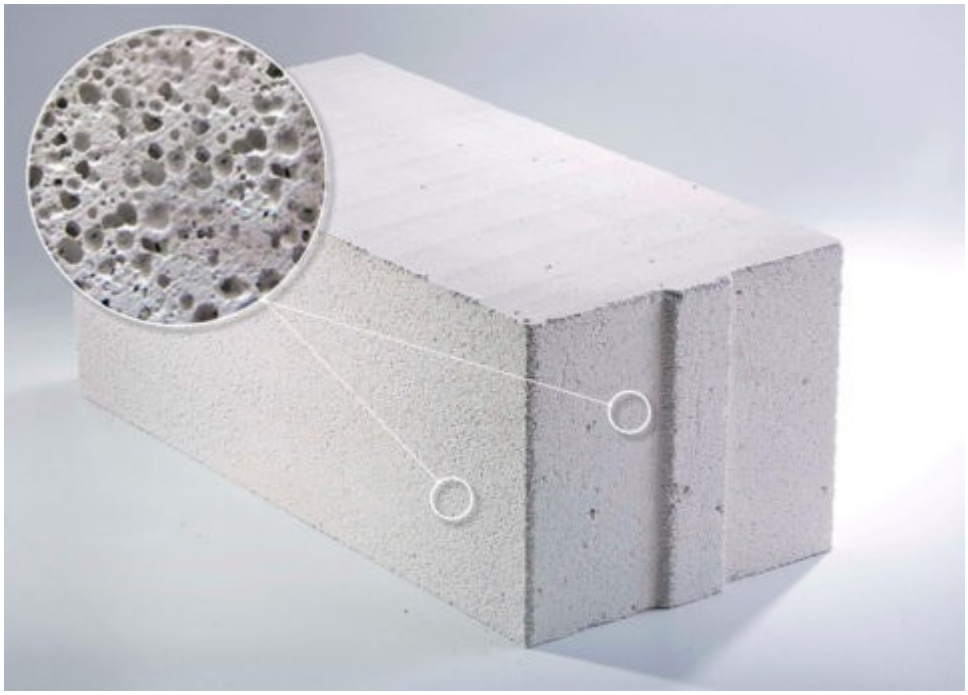


Рис. 2 Структура легких бетонов

<u>Учитывая плотность материалов и их конструктивные особенности, легкие бетоны подразделяются на три категории:</u>

- *Теплоизоляционные бетоны (плотность до 500 кг/м^3; теплопроводность материала — 0,18 Вт/(м·°С)). Применяются для теплоизоляции перекрытий и покрытий общественных и промышленных зданий.*

- *Конструкционно-теплоизоляционные силикатные бетоны (плотность материала: 500–1400 кг/м3; теплопроводность изделий — 0,58 Вт/(м-°С). Применяются для производства наружных ограждающих бетонных конструкций (стеновые панели, блоки и др.).*
- *Конструкционные легкие бетоны (плотность изделий 1400–1800 кг/м3) применяются для производства армированных силикатобетонных конструкций и сборных железобетонных изделий.*

Тяжелые бетоны с кремнеземистыми заполнителями

Тяжелые бетонные растворы, с учетом крупности заполнителя, делятся на мелкозернистые (песчаные) и крупнозернистые. Наиболее распространенными в этой группе считаются песчаные мелкозернистые смеси, состоящие из извести и мелкозернистого кварцевого песка.

ь

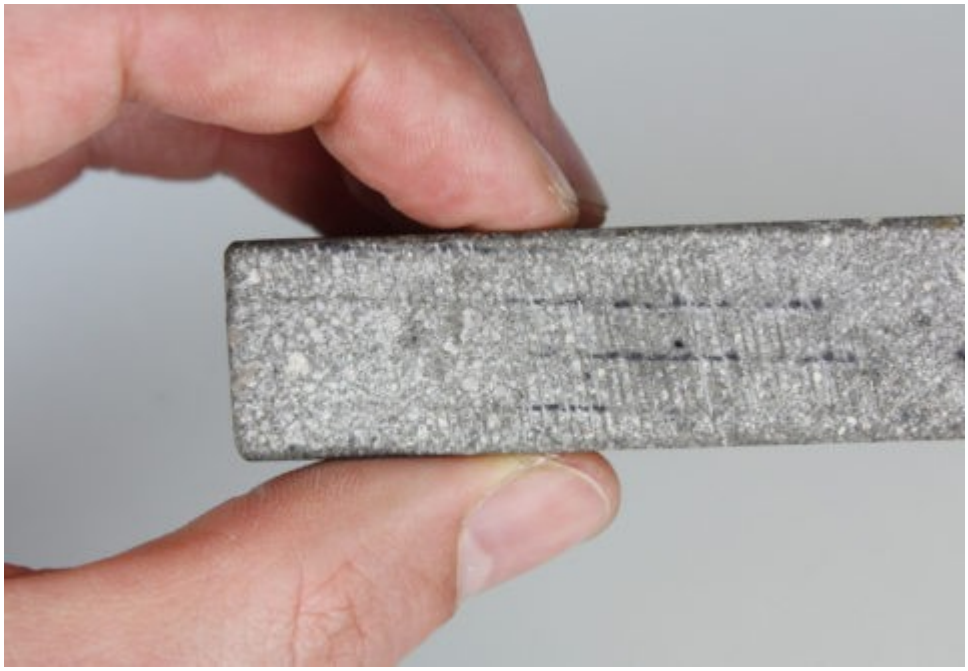


Рис. 3 Мелкозернистый тяжелый бетон структура

Мелкозернистые тяжелые бетоны на кремнеземистых заполнителях, в сравнении с обыкновенными цементными, отличаются более однородной структурой, получаемой в результате плотной химической связи вяжущих и зерен заполнителя. А главный аргумент преимущества таких бетонов — это цена, которая намного ниже, чем у аналогичных по марке, цементных составов.

Силикатные тяжелые бетоны характеризуются плотностью от 1800 до 2200 кг/м^3. Прочность растяжению–сжатию составляет 100–600 кг/см^{2,} и может меняться в зависимости от состава смеси, объемного веса заполнителей и режима автоклавной обработки.

К примеру: бетоны на кремнеземистых заполнителях в период

автоклавной обработки с содержанием извести 8–11% от общего объема заполнителя, при укладке смеси способом вибрирования, приобретают прочность равную 100–300 кг/см^2. А при содержании в растворе15–30% мелкозернистого кварцевого песка, и при качественном уплотнении смеси с оптимальным режимом автоклавной термообработки, прочность того же материала возрастает до 400–600 кг/см^2.

Пористые легкие бетоны

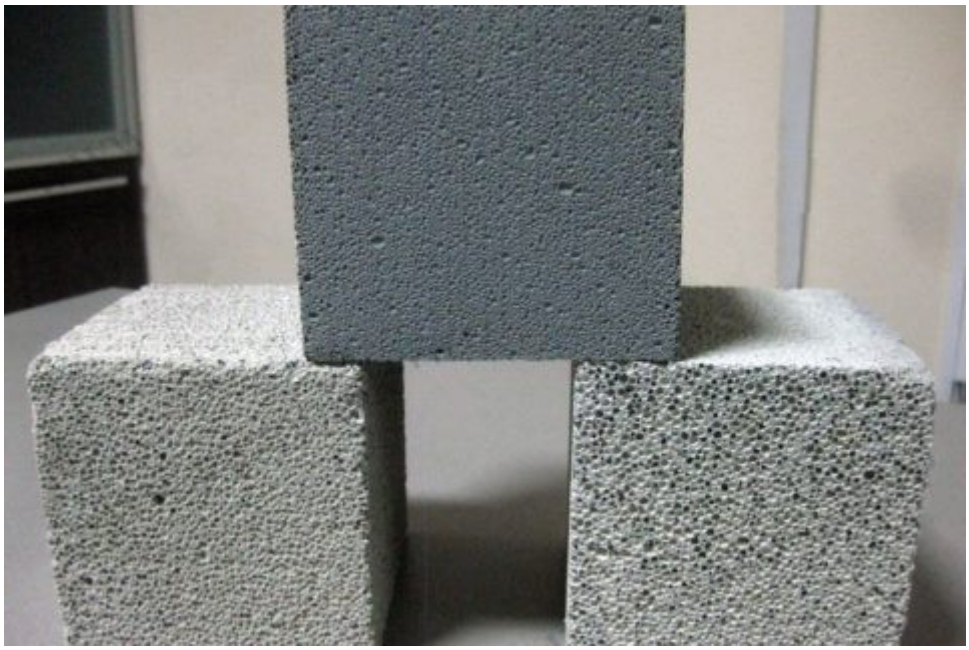


Рис. 4 Ячеистые легкие бетоны

Материалы из ячеистых (пористых) бетонов делятся на пеносиликатные и газосиликатные. Пеносиликат производится путем смешивания специальной пены и тонкомолотой известково-кремнеземистой смеси с последующей обработкой силикатных изделий в автоклаве.

ь



Рис. 5 Пеносиликатные блоки

Для получения газосиликата, смешивают известково-кремнеземистую смесь с алюминиевой пудрой.

Наибольшее распространение получили газосиликатные смеси. При этом, производство газосиликатных изделий, в некоторых случаях, намного выгоднее чем изготовление аналогичных изделий из газобетона.

ь

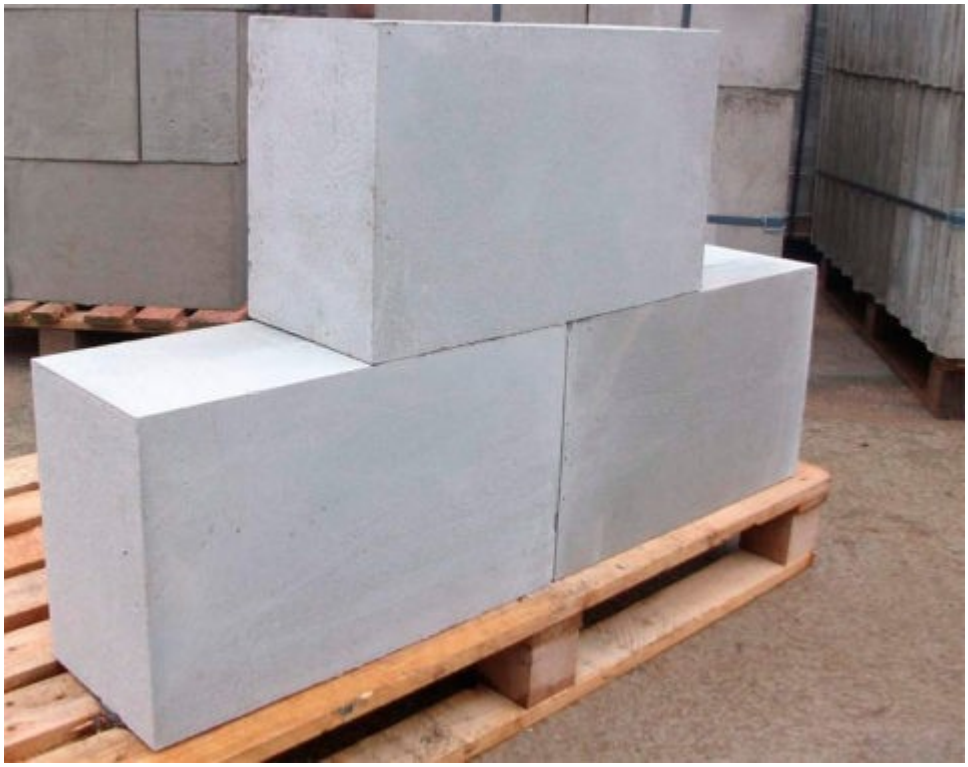


Рис. 6 Газосиликатные изделия

Известково-кремнеземистое вяжущее, присутствующее в составе газосиликатного раствора, позволяет качественно координировать процесс газообразования, что значительно влияет на плотность ячеистой структуры бетона, а впоследствии — и на прочность готового изделия. Основные свойства силикатных бетонов представлены следующими показателями:

Водопоглощение силикатных изделий, в зависимости от способа уплотнения бетонной смеси, равно 10–18%.

Морозостойкость высокопрочного силикатного бетона доходит до 100 циклов и более.

ь

- *Высокая коррозийная стойкость – эти параметры незначительно отличаются от показателей цементного бетона.*
- *Термостойкость.*
- *Устойчивость к температурным и атмосферным воздействиям.*
- *Низкая себестоимость производства готовых изделий.*
- *Долговечность (до 70 лет).*

Материалы для производства силикатных бетонов.

Основным вяжущим компонентом в силикатном бетоне выступает тонкомолотая известь кипелка или известь-пушонка, которая в сочетании с заполнителями и составляет основное сырье для производства силикатных бетонов. После добавления воды и последующей тепловой обработки в автоклавах, силикатобетонная смесь превращаться в прочное бетонное изделие.

<u>Известь, применяемая для производства силикатных смесей должна отвечать следующим свойствам:</u>

- *средняя скорость гидратации;*
- *умеренный экзотермический эффект; вся фракция должна быть одинаково обожженной;*
- *MgO менее 5%;*
- *время гашения извести — 20 мин не более.*

Недожог известковой массы приводит к повышенному расходу материала. Пережог снижает время гидратации извести, что приводит к вспучиванию, появлению трещин на поверхности изделий и др.



Рис. 7 Известь

<u>Известь, применяемая для производства силикатобетона, обычно используется в виде тонкомолотых известковых смесей следующего состава:</u>

- *известково-кремнеземистые — соединение извести и кварцевого песка;*
- *известково-шлаковые (известь и доменный шлак);*
- *известково-зольные — топливная сланцевая или угольная зола и известь;*
- *известково-керамзитовые и другие подобные компоненты, получаемые из отходов*

промышленного производства пористых заполнителей;

- *известково-белитовые вяжущие, получаемые при низкотемпературном обжиге известково-кремнеземистой сухой смеси и кварцевого песка.*

В качестве кремнеземистых заполнителей используют следующие материалы:

- *кварцевый молотый песок;*
- *металлургические (доменные) шлаки;*
- *зола ТЭЦ.*

Наиболее часто в качестве заполнителей выступают кварцевые пески средней и мелкой фракции, которые по своему составу должны выглядеть следующим образом:

- *80% и более кремнезема;*
- *менее 10% глинистых включений;*
- *0,5% и меньше примесей слюды.*

Крупные включения глины в структуре кварцевого песка снижают морозостойкость и прочность силикатного бетона.



Рис. 8 Кварцевый песок

Тонкомолотый кварцевый песок оказывает значительное влияние на формирование высоких эксплуатационных свойств силикатных бетонов. Так, с повышением дисперсности частиц песка увеличивается морозостойкость, прочность и другие характеристики силикатных материалов.

<u>При выборе составляющих для изготовления силикатного бетона необходимо знать следующее:</u>

- *Расход вяжущего увеличивается пропорционально увеличению прочности бетона.*
- *Снижение расхода вяжущих в составе силикатной смеси наблюдается при повышении дисперсности мелкого кварцевого песка, и увеличивается при*

повышении формовочной влажности силикатобетонного раствора.

- *Дисперсность молотого кварцевого песка должна быть в 2,5 раза ниже дисперсности молотой извести.*

Промышленное производство силикатобетонов



Рис. 9 Силикатобетон

<u>Промышленное производство силикатного бетона условно делится на несколько объемных этапов:</u>

- *подготовка необходимых материалов;*
- *приготовление известково-кремнеземистой смеси;*
- *формование силикатобетонных изделий;*
- *автоклавная обработка силикатобетона.*

В состав предприятия, специализирующегося на производстве силикатобетонных изделий, входят следующие автономные отделения:

отделение по приему материалов для изготовления силикатобетона;

- *арматурное отделение;*
- *помольный цех;*
- *бетоносмесительное отделение;*
- *формовочный цех;*
- *автоклавное отделение;*
- *склад силикатобетонных изделий.*

Примерная технологическая инструкция для изготовления силикатных изделий в заводских условиях представляется следующим образом:

- *В помольном цехе измельчают, просеивают и сушат все необходимые составляющие известково-кремнеземистых вяжущих. Помол компонентов проводят в трубных или вибрационных мельницах.*
- *Затем материалы, при помощи пневмонасоса, поступают в бетоносмесительное отделение, где все необходимые компоненты дозируют и загружают в смеситель принудительного действия. Добавляют воду и перемешивают до получения однородной смеси. Для улучшения подвижности*

бетона, в его состав добавляют водные растворы пластификаторов.

- *Готовая силикатобетонная смесь подается в бункер бетоноукладчика, с помощью которого она разливается в подготовленные формы. Время выдержки до распалубки готовых изделий должно составлять не менее 20 часов.*
- *После набора необходимой прочности, изделия складываются в штабели на вагонетки, и при помощи электропередаточного моста транспортируются в автоклавное отделение для термообработки.*

1.2 Обоснование способа тепловой обработки изделия и выбора тепловой установки

Тепловлажностная обработка - наиболее эффективный из существующих способ ускорения твердения бетона. Она является

ь

важнейшей технологической операцией при производстве сборных железобетонных изделий.

Из различных видов тепловлажностной обработки (пропаривание, автоклавное твердение, контактный обогрев, электропрогрев) основное место занимает пропаривание при атмосферном давлении. Пропаривание изделий обычно ведут до получения не менее 50…70% проектной марочной прочности бетона. На современных заводах сборных железобетонных конструкций длительность пропаривания в температурном диапазоне 80…100°С составляет в большинстве случаев 8…15 часов. Интенсивное твердение бетона при сокращённом режиме пропаривания может быть обеспечено за счёт применения быстротвердеющих высокопрочных портландцементов, жёстких смесей с малым водосодержанием и низким В/Ц, а также ускорителей твердения.

Полный цикл тепловлажностной обработки складывается из четырёх периодов: предварительного выдерживания до пропаривания, подъёма температуры в камере, изотермического прогрева, охлаждения изделий.

Тепловая обработка, позволяющая во много раз ускорить процесс твердения бетона, является, как правило, необходимым условием заводского производства бетонных и железобетонных изделий; включение тепловой обработки в технологический процесс изготовления изделий даёт возможность значительно увеличить

оборачиваемость форм, повысить коэффициент использования производственных площадей цеха и сократить длительность общего цикла производства.

Эффективность тепловой обработки оценивается по двум показателям: по прочности, достигнутой к концу тепловой обработки, выражаемой в процентах от прочности такого же бетона в 28-суточном возрасте нормального твердения, - показатель ускорения твердения; по сравнительной прочности в 28-суточном возрасте бетона, прошедшего тепловую обработку и в последующем нормально твердевшего, и такого же бетона, не подвергавшегося тепловой обработке, - показатель относительной прочности бетона после тепловой обработки.

Конечная эффективность тепловой обработки, суммирующая влияние положительных и отрицательных факторов, зависит от выбора исходных материалов и состава бетона, подвергаемого тепловой обработке, от принятого режима этой обработки. Хотя достижение в наиболее короткие сроки возможно более высокой прочности бетона и является основной задачей всякой тепловой обработки, сроки и режимы её следует выбирать таким образом, чтобы снижение показателей физико-механических свойств бетона при его тепловой обработке было бы минимальным.

ь

В ряде случаев применяются бескамерные способы тепловой обработки, в частности, обработка с контактной передачей тепла бетону в изделии через ограждающие поверхности закрытой со всех сторон формы, в которой заключено изделие. Контактный обогрев изделий осуществляется при помощи примыкающих к закрытым формам тепловых отсеков (рубашек), в которых циркулирует тепловой агент. В тепловых отсеках обогреваемых форм и рубашках термоформ могут быть использованы различные виды теплоносителей, в первую очередь острый пар, реже нагретый воздух, и в отдельных случаях, при достаточной герметизации отсеков, циркулирующая горячая вода, а также разогретое до 130...150°С масло.

В отличие от тепловой обработки изделий в открытых формах в камерах, где происходит свободный тепло - и массообмен между бетоном изделия и окружающей средой и температурные деформации твердеющего

бетона при его нагреве мало стеснены формой, при контактном способе тепловой обработки возможность свободного влаго-обмена из-за отсутствия открытых поверхностей изделия исключается.

Жёсткие термоформы затрудняют в значительной степени температурные деформации бетона, что приводит даже к некоторому обжатию твердеющего бетона. Установлено, что

благодаря таким условиям тепловой обработки прочность бетона при твердении в жёстких закрытых формах обычно на 10-15% выше прочности бетона, прошедшего тепловую обработку в открытых формах.

Исходя из этих особенностей в теплофизических процессах, при передаче тепла контактным способом режим такой тепловой обработки может быть более жёстким, нежели в пропарочных камерах с открытыми формами. Можно не только отказаться от предварительного выдерживания сформованных изделий перед началом их разогрева, но и вести тепловую обработку с самого начала форсированными темпами, с быстрым разогревом бетона до заданной максимальной температуры со скоростью не менее 60…70°С в 1 час. Изотермический прогрев рекомендуется вести при температурах, несколько более высоких, нежели при тепловой обработке в открытых формах, - в пределах от 85 до 100°С, с тем чтобы минимальная температура бетона в любой точке изделия была не менее 70°С. Продолжительность изотермического прогрева для достижения требуемой прочности бетона, как и весь цикл контактной тепловой обработки, должна быть более короткой, нежели в пропарочных камерах; это позволяет повысить оборачиваемость дорогих термоформ и формовочных установок с тепловыми отсеками.

Учитывая большой объём одновременно прогреваемого бетона, а также дополнительный разогрев бетона от экзотермии

ь

цемента, рекомендуется изотермический прогрев бетона в кассетных формах осуществлять в два этапа: с подачей пара в паровые отсеки в течение

примерно 3…4 часов и затем термосное выдерживание при отключении подачи пара (поскольку понижение температуры в бетоне в этот период обычно не более 3…5°С в час).

Равномерность распределения температуры в паровом отсеке и

бетоне изделия в большой степени зависит от способа подачи пара, его распределения и интенсивности циркуляции в паровом пространстве. Рекомендуется подавать пар в нижнюю зону паровых отсеков через перфорированную трубу с отверстиями 3-5 мм, направленными вверх. Для более равномерного распределения температур по площади и высоте обогреваемых панелей наиболее целесообразно применять эжекторную систему пароснабжения отсеков. Эжектор служит для отсоса из всех паровых отсеков кассетной установки паровоздушной смеси, смешивания её с острым паром, поступающим в кассетную установку, и подачи смеси, обогащённой острым паром, в паровые отсеки кассеты. При этом происходит принудительная циркуляция теплового агента и создаётся более равномерная концентрация пара в паровоздушной смеси по всем отсекам кассеты и по высоте в каждом отсеке. Паровые отсеки должны быть достаточно герметичны, а крайние

ь

паровые отсеки в кассете должны быть хорошо теплоизолированы. Для обеспечения постоянного заданного температурного режима тепловой обработки в кассетах необходимо подачу пара из магистрального трубопровода в каждую кассету осуществлять через регуляторы прямого действия. В нижней части паровых отсеков предусматриваются уклоны для стока конденсата и конденсатопроводы для его отвода в конденсационные горшки. Открытые сверху формовочные отсеки должны на время тепловой обработки закрываться теплоизолированными крышками.

Дефицит тепловой энергии заставляет экономно и рационально использовать топливно-энергетические ресурсы для достижения нормативного теплопотребления, технические приёмы которого:

соблюдение общих технических требований экономичной эксплуатации

тепловых агрегатов; автоматизация режимов тепловой обработки изделий; систем контроля, учёта и регулирования расхода энергии на технологические и общезаводские цели.

Наиболее благоприятные условия для нарастания прочности бетона - в кассетных формах, имеющих всего 2-5% открытой поверхности изделия. Во избежание больших температурных перепадов, распалубку изделий и остывание проводят в тёплом помещении.

Для интенсификации изготовления изделий с помощью кассетных форм применяют двухстадийную тепловую обработку с получением в кассетной форме распалубочной прочности бетона (около 5…7,5 МПа) и последующим твердением до необходимой прочности в других тепловых агрегатах.

Для проектного класса бетона $С^{12}/_{15}$ при толщине изделия 220 мм режим тепловой обработки составит 3,5+6,5+2. Режим тепловой обработки включает время подъёма температуры в тепловом отсеке + время изотермического выдерживания с подачей пара в отсеки + время выдерживания без подачи пара в отсеки.

Установки для тепловлажностной обработки разделяют по следующим: признакам:

1. По режиму работы — на установки периодического и непрерывного действия. Установки периодического действия в свою очередь подразделяются на две группы: на работающие при атмосферном и избыточном давлении. Установки непрерывного действия могут работать только при атмосферном давлении. В качестве установок периодического действия применяют ямные и напольные камеры, кассеты, пакеты, термоформы и автоклавы. Установки непрерывного действия изготовляют в виде

горизонтальных и вертикальных камер, в которых происходит непрерывное или импульсное передвижение подвергаемого обработке материала.

4. *По виду используемого теплоносителя различают установки, в которых используют водяной пар при атмосферном и избыточном давлениях; паровоздушную смесь, горячую воду, электроэнергию,*
5. *продуктыгорения топлива и высокотемпературные органические теплоносители (горячие масла, даутерм, дитолилметан и др.)-*

Кроме установок для тепловлажностной обработки в технологии сборного бетона и железобетона применяют установки для разогрева бетонной смеси и подогрева заполнителей.

Установки периодического действия

Раньше всех на заводах сборного бетона и железобетона появились ямные и туннельные камеры периодического действия. Постепенно с развитием промышленности несовершенные туннельные камеры периодического действия утратили свое значение, и в промышленности остались только камеры ямного типа. Технический прогресс привел к появлению новых типов установок периодического действия, таких как кассеты, пакеты, термоформы и др.

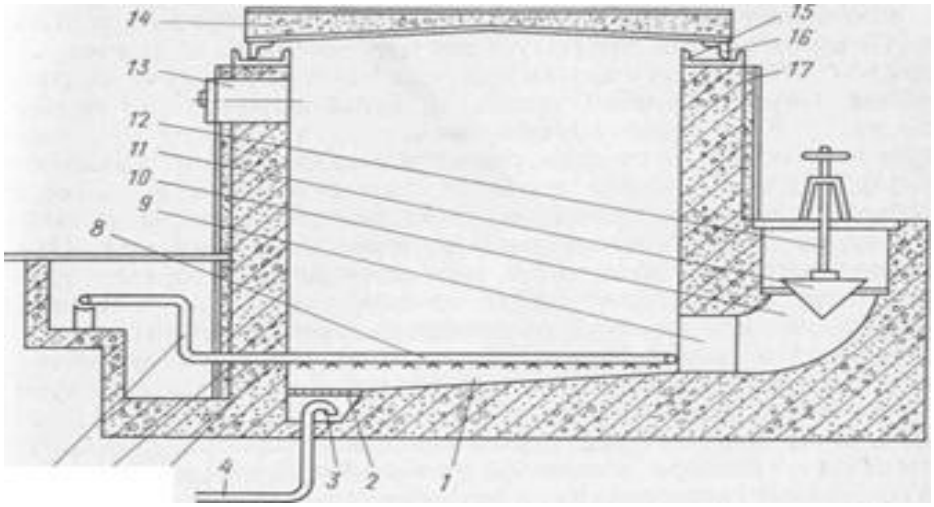


Рис 10 - Пропарочная камера ямного типа

Камеры ямного типа. Простейшей и наиболее распространенной является пропарочная камера ямного типа. Эти -камеры, которые называют просто ямными, применяют как на заводах, так и на полигонах.

В зависимости от условий эксплуатации, уровня грунтовых вод камеру либо заглубляют в землю так, чтобы ее края для удобства эксплуатации возвышались над полом цеха не более 0,6 —0,7 м, или устанавливают на уровне пола. В этом случае для обслуживания устраивают специальные площадки.

Камеры имеют прямоугольную форму и изготовляют их из железобетона (рис. 10.1), стены камеры снабжают теплоизоляцией 17 для снижения потерь теплоты в окружающую среду. Пол камеры I делают с уклоном для стока конденсата. В полу есть трап 2 для вывода конденсата. В приямке трапа, куда стекает конденсат, делают конденсатоотводящее устройство

3, в качестве которого чаще всего ставят водоотделительную петлю. В камеру с помощью направляющих, в качестве которых используют опорные стойки, краном загружают изделия в формах. Каждая форма от следующей изолируется прокладками из металла для того, чтобы пар обогревал формы со всех сторон. Высота камеры достигает 2,5—3 м. Ширину и длину обычно выбирают с учетом размещения в ней двух штабелей изделий в формах. Между штабелями изделий и между штабелем и стенками камеры устраивают зазоры, чтобы обеспечить захват изделий автоматическими траверсами при загрузке и разгрузке камеры.

Установки непрерывного действия. В установках непрерывного действия в отличие от периодических легче механизировать и автоматизировать весь процесс. Производительность труда обслуживающего персонала на них значительно возрастает, поэтому в настоящее время они и внедряются наиболее широко в производство.

В качестве установок непрерывного действия для тепловлажностной обработки наиболее широко применяют щелевые горизонтальные, щелевые полигональные и вертикальные пропарочные камеры.

Горизонтальные пропарочные камеры щелевого типа представляют собой туннель длиной b = 100—120 м. Ширина

ь

туннеля проектируется в расчете на движение через него одного-двух изделий на каждой форме-вагонетке и находится в пределах b =5—7 м. Высота h=1,0—1,17 м. В камере помещается от 17 до 27 вагонеток с изделиями. В отличие от периодически действующих камер, где подъем температуры, а затем изотермическая выдержка и охлаждение осуществляются последовательно во времени в одной камере, щелевые пропарочные камеры по длине разделяются на соответствующие зоны: зону подъема температуры среды, изотермической выдержки и охлаждения. В первую и вторую подводится тепловая энергия, третья зона — зона охлаждения, теплом не снабжается, а наоборот, вентилируется холодным воздухом. Разделение камеры на функциональные зоны позволяет экономить тепловую энергию за счет затрат теплоты на нагрев конструкций после каждого цикла по сравнению с установками периодического действия.

Схема горизонтальной щелевой пропарочной камеры показана на рис. 10.2 Принцип работы такой камеры следующий. Вагонетка с изделием в форме 1 поступает на снижатель 2, оборудованный толкателем. Снижатель опускает вагонетку на уровень рельсов щелевой камеры 4, и толкатель выталкивает вагонетку со снижателя в камеру. При этом вагонетка с изделием проходит под механической шторой 3, которая предохраняет торец, камеры от выбивания паровоздушной смеси и проникания в нее

холодного воздуха. Одновременно вагонетка с изделием усилием толкателя продвигает

весь поезд, находящийся в камере, и последняя вагонетка также через герметизирующую штору 5 выдвигается на подъемник 6, который поднимает вагонетку на уровень пола, откуда она транспортируется на пост распалубки изделий. Изменяя ритм загрузки вагонеток можно повышать или снижать производительность камеры.

Камера разделяется на три зоны: зону подъема температуры — подогрева 1, зону изотермической выдержки II и зону охлаждения III. Тепловая обработка изделий в камере сводится к

следующему. Материал, поступивший в камеру, может подогреваться либо паром, либо ТЭНами. При нагреве паром для его подачи используют двухсторонние стояки, причем первая пара стояков располагается на расстоянии 20—25 м от входа с шагом от 2 до 6 м, а последняя — на расстоянии 35—40 м от выгрузочного торца камеры. Пар смешивается с воздухом, образуя паровоздушную смесь. Для улучшения использования теплоты пара устраивают рециркуляцию: паровоздушную смесь отбирают у загрузочного конца камеры и возвращают в конец зоны подогрева. Рециркуляция помогает уменьшить потери пара, проникающего в зону охлаждения за счет его передвижения к загрузочному концу камеры. Кроме того, в этих же целях между

зоной изотермической выдержки и охлаждения устраивают воздушные завесы или перегородки из термостойкой резины. Воздушные завесы в целях экономии тепла устраивают и в месте загрузки камеры. Максимальный нагрев изделий при использовании пара составляет 80—85 °С, ибо в данном случае в камере кроме пара находится воздух.

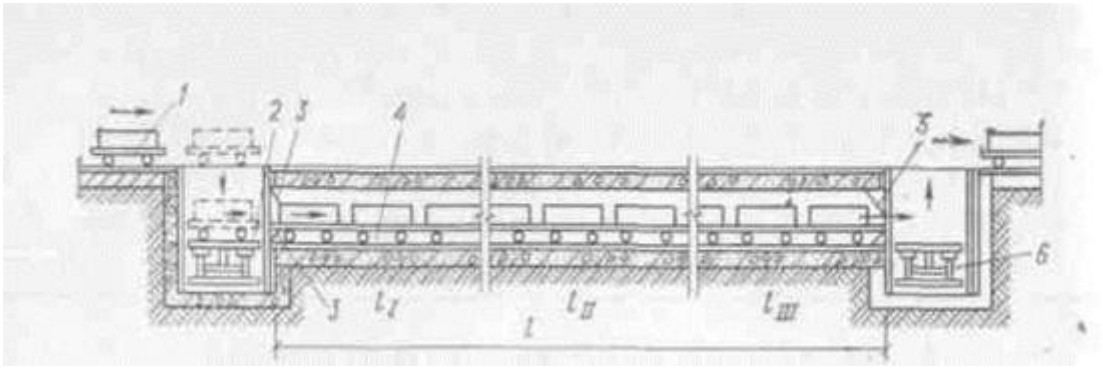


Рис. 11 - Схема горизонтальной пропарочной камеры щелевого типа

t — длина камеры; l_I Z_I , t_I —соответственно длины зон подъема температуры, t_{II} - изотермической выдержки и t_{III} охлаждения

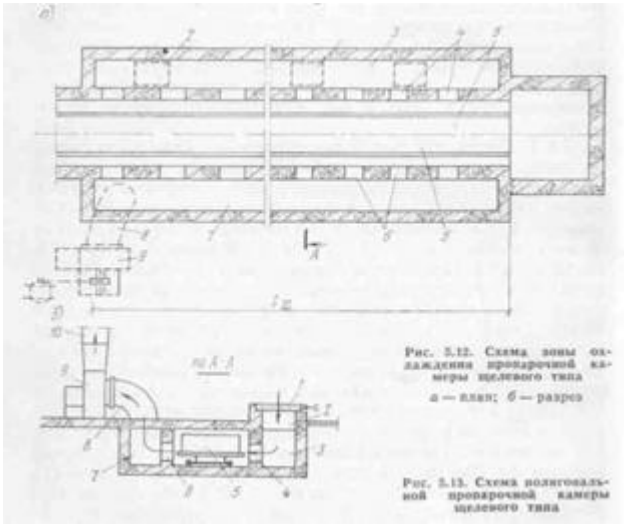


Рис. 5.12. Схема зоны охлаждения пропарочной камеры щелевого типа
а — план; б — разрез

Рис. 5.13. Схема полигональной пропарочной камеры щелевого типа

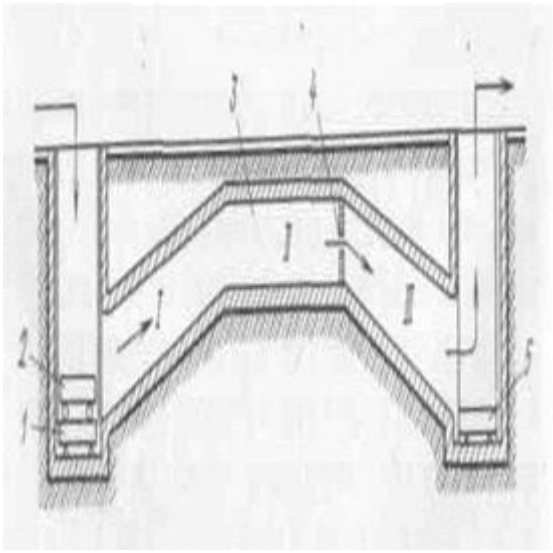


Рис. 12 – Схема полигональной пропарочной камеры

Кроме рассмотренных на заводах применяют щелевые камеры с расположенными на разных уровнях зонами тепловой обработки. Схемы таких камер даны на рисунках, а показана щелевая камера, где материал на вагонетке входит в зону подогрева I, подогревается

и попадает на снижатель 2. Снижатель спускает изделие на уровень рельсов зоны изотермической выдержки II, которая отделена от зоны подогрева глухим перекрытием. После зоны II

ь

материал попадает в зону III, где охлаждается за счет просасывания холодного воздуха, и материал через подъемник 3 транспортируется на пост распалубки. Принцип подачи и отбора воздуха аналогичен принятому для горизонталь-ной щелевой камеры. Тепловлажностная обработка в камерах, расположенных на разных уровнях, может осуществляться паром или ТЭНами.

Такая камера занимает меньше места и легче компонуется с остальным оборудованием.

Более совершенная конструкция камеры предложена сотрудниками Киевского инженерно-строительного института. Она несколько отличается от предыдущей. Часть камеры, расположенная над полом, удлинена, а длина камеры, расположенной под полом по отношению к камере, а, уменьшена. Таким образом зона подогрева I находится под зоной охлаждения III. Кроме того, между зоной охлаждения и зоной подогрева сплошного перекрытия не делают. Зона изотермической выдержки II располагается на втором и первом ярусах и разделена сплошным перекрытием.

ь

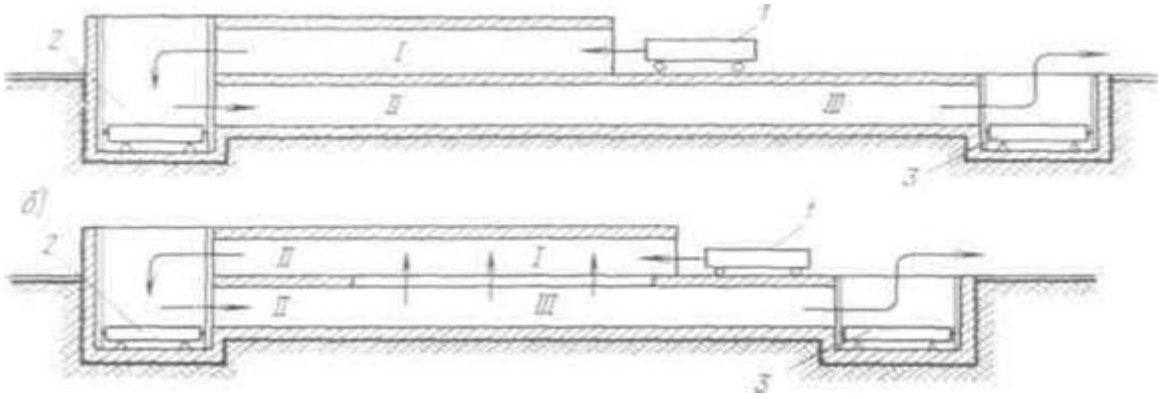


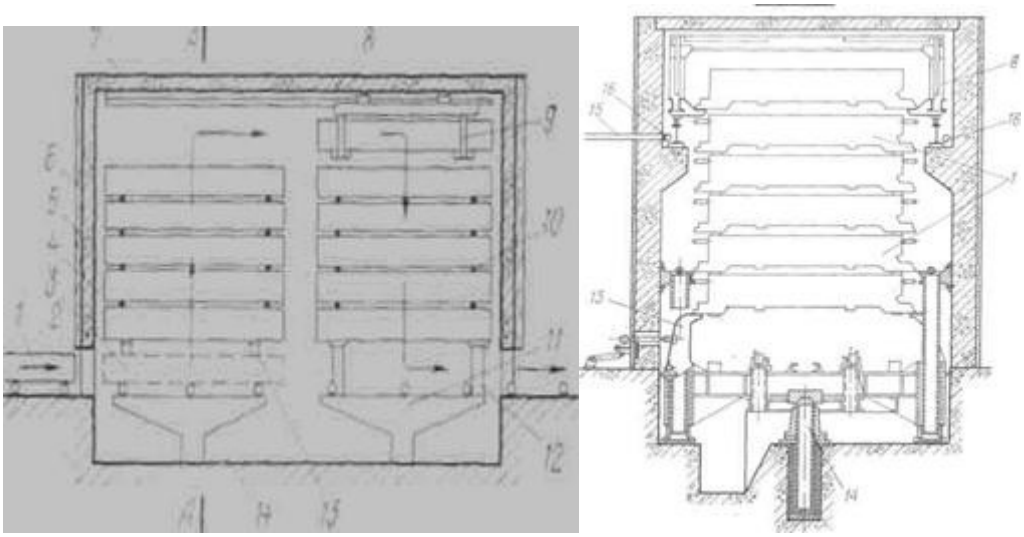
Рис. 13 - Схема двухъярусной пропарочной камеры

а *— двухъярусная пропарочная камера; б — камера Киевского инженерно-строительного института*

Вертикальные пропарочные камеры. В поисках способа более рационального использования теплоты и уменьшения площади цеха проф. Л. А. Семенов предложил вертикальную пропарочную камеру, схема которой приведена на рис. Принцип работы такой камеры заключается в следующем. Изделие в форме 1 по приводному рольгангу 2 проходит до положения 3, показанного пунктиром, в камеру 4, состоящую из бетонной коробки 5, покрытой теплоизоляционным слоем 6.

Сверху бетонную коробку 5 покрывают герметичной стальной крышкой 7. В положении 3 изделие останавливается концевым выключателем. Этот же концевой выключатель включает в работу загрузочные гидродомкраты 14. Они поднимают изделие из положения 3, при этом форма с изделием утапливает защелки 13, а штабель оказывается выше защелок. занимают положение, показанное на рисунке. После выхода защелок

гидродомкраты начинают опускаться вниз, проходят между защелками, оставляя штабель изделий на защелках. Пока такие камеры применяют лишь на ограниченном числе предприятий



Разрез А-А

Рис. 14 - Схема вертикальной пропарочной камера

Пакетные установки. Для бескамерной тепловой обработки бетона наиболее широко применяют пакеты, установленные в штабель на специальном устройстве пакетировщике. Он состоит из подъемного стола — траверсы 1, четырех гидродомкратов 2, направляющих колонн 3 и четырех упоров-отсекателей 4. Работа пакетировщика заключается в следующем. На стол-траверсу ставят термоформу со сформованным изделием 7, готовую к тепловой обработке. Включают гидродомкраты и поднимают стол-траверсу немного выше упоров-отсекателей. При этом упоры-отсекатели во время

ь

прохождения формы утапливаются. После того, как форма поднялась вверх, упоры-отсекатели

под действием эксцентрично приложенной силы собственной массы возвращаются в нормальное положение. Далее стол опускается, а форма с изделием остается на упорах и подключается к системе пароснабжения. Следующая форма с изделием поднимается аналогичным образом, только форма, стоящая на упорах, оказывается на уже поднятой. Пакетировщик рассчитан на одновременную обработку шести форм.

Термоформу пакетировщика переоборудуют из обычной, жесткой стальной формы посредством приварки к каркасу поддона формы стального листа. Образующуюся под формой полость используют как нагревательный отсек. В нее подают пар и из нее отбирают конденсат. Схема пароснабжения пакетировщика показана на рис. 10.5, где для наглядности поддоны раздвинуты. Пар в полость каждого поддона-формы 4 подают, присоединяя к штуцеру формы гибкий шланг 3 от парораспределительной системы и регулируют его подачу вентилями 2. Отбор конденсата осуществляется также с помощью шлангов 5, присоединяемых к штуцерам поддона фор мы. Открываются вентили 6 и конденсат через конден-сатоотводчик 7 спускается в систему конденсатоотбора. Тепловую обработку изделий проводят без предварительной выдержки. Каждое изделие, кроме верхнего, обогревается с двух сторон. Чтобы

обеспечить оптимальные режимы тепловой обработки на пакетировщике устанавливают регулятор программного регулирования температуры. Подъем температуры осуществляют до 90—95 °С за 2 ч. Однако прогрев изделий в таких формах неравномерен, в местах, удаленных от подачи пара, температура бетона на 30—40 °С в течение первых 2—3 ч меньше. Поэтому прочность на сжатие изделий, прошедших тепловую обработку в пакетировщиках, в разных точках бывает различной.

Для тепловой обработки силикатного бетона и изделий из ячеистого бетона обычно применяют автоклавы. Эти установки работают при давлении от 0,8 до 1,2 МПа и температуре от 170 до 188°С. Для запаривания изделий используют влажный насыщенный водяной пар,

который быстро конденсируется и создаёт водную среду в порах материала. ***Перегретый пар для автоклавной обработки не применяют****. Применение пара высокого давления и температуры при автоклавной обработке связано с интенсивным растворением SiO_2 в растворе $Ca(OH)_2$, которое начинается при 170…175°С. Повышение давления пара сокращает продолжительность запаривания, а также увеличивает прочность изделий. Но всё-таки, давление пара не влияет на процессы твердения, а лишь обеспечивает нужную температуру в автоклаве. Автоклавы подразделяются на два типа –* ***тупиковые*** *(вход и выход вагонеток*

ь

с одной стороны) и ***проходные*** *(вход и выход вагонеток с противоположных сторон). Тепловая обработка силикатного кирпича осуществляется в автоклавах диаметром 2 м и длиной 19 и 21м при давлении от 0,8 до 1,2 МПа, а также в автоклавах длиной 40 м при давлении 1,6 МПа. Для производства изделий из ячеистого бетона применяют автоклавы следующих размеров: диаметр 2;2,6;3,6 м, длина соответственно 17, 19 и 27 м.*

Устройство автоклава

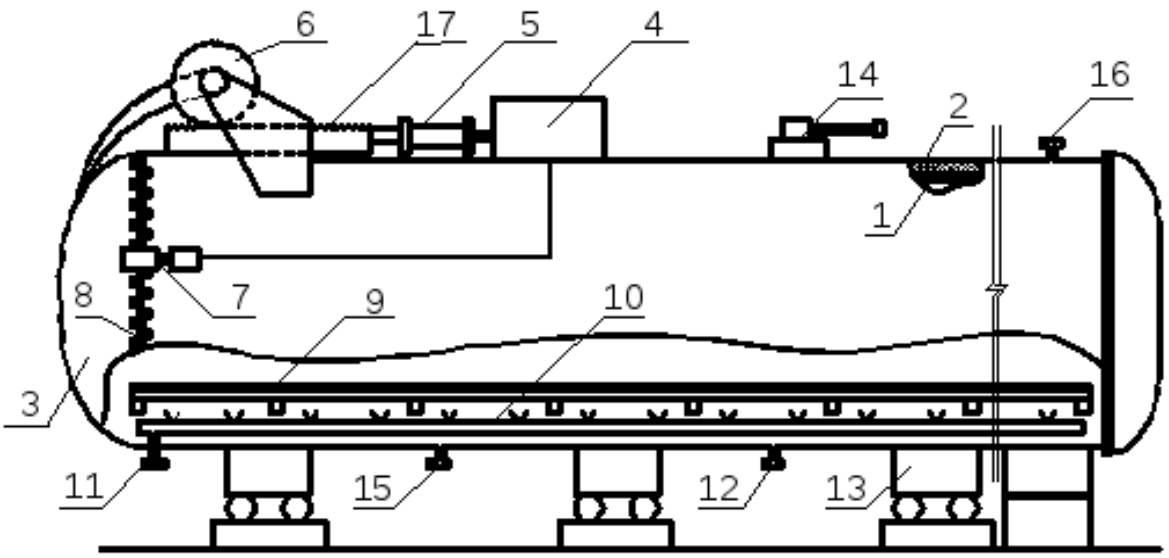


Рис. 15 ***Схема автоклава тупикового типа***

Автоклав состоит из корпуса ***1****, защищённого слоем теплоизоляционного материала* ***2****; открывающейся крышки* ***3****, оснащённой механизмом открывания и закрывания. В состав этого механизма входят: насосная станция* ***4****; гидравлические цилиндры* ***5****; зубчатое колесо* ***6*** *и реечный механизм поворота зубчатого*

ь

*колеса **17**, который при движении вперёд поворачивает колесо и открывает крышку автоклава **3**. Для обеспечения герметичности и безопасной работы аппарата крышка оснащена **байонетным** затвором, состоящим из двух **байонетных** колец **8,** одно из которых неподвижно, а второе может поворачиваться вокруг оси автоклава. Кольца имеют выступы определённого профиля, которые при повороте подвижного кольца заходят за выступы неподвижного кольца и образуют замок. В качестве уплотняющего элемента, обеспечивающего плотное примыкание колец, предусмотрена установка резиновой прокладки между кольцами.*

*Крышку автоклава открывают в такой последовательности: включают насосную станцию **4**, подающую масло в цилиндры поворотного механизма **7**, которые поворачивают подвижное кольцо **8**, расположенное на крышке автоклава до тех пор, пока его зубцы не выйдут из зацепления с зубцами неподвижного кольца, находящегося на корпусе. Как только крышка освободится от зацепления с байонетным кольцом, срабатывает выключатель и кольцо прекращает поворачиваться. Затем включается подъёмный механизм крышки: масло от насосной станции **4**, подаётся в цилиндр **5**, который приводит в движение реечный механизм поворота **17**, находящийся в зацеплении с зубчатым колесом **6** и поворачивает его до полного открывания крышки. Время открывания крышки – 2 мин.*

Изделия на тепловую обработку подают на вагонетках по рельсовому пути ***9****, который в зависимости от диаметра автоклава имеет ширину, мм: Ø 3,6м – 1526; Ø 2,6м – 900; Ø 2м – 750. Ввод пара в автоклав осуществляется через патрубок* ***11****, который связан с перфорированным трубопроводом* ***10****, проложенным по всей длине автоклава под рельсовым путём. Образующийся конденсат отводится из установки через патрубок* ***12****. Корпус автоклава устанавливается на шесть опор* ***13****, пять из которых – подвижные. Если автоклав проходного типа, то количество опор увеличивается до 8, а неподвижная опора устанавливается в средней части аппарата. Подвижные опоры позволяют корпусу при нагревании перемещаться, тем самым, устранять напряжения, возникающие в корпусе при тепловом расширении. Для безопасной работы установки предусмотрены следующие меры защиты – установка двух предохранительных клапанов* ***14****; устройство катодной защиты, предотвращающей электрохимическую коррозию стенок автоклава. Для более эффективной тепловой обработки изделий производится их вакуумирование с подключением вакуум-насоса к патрубку* ***15****. Вакуумирование сокращает сроки запаривания и повышает прочность изделий. Подобной эффект достигается и продувкой рабочего пространства автоклава паром. Сущность данной операции заключается в изменении состава паровоздушной смеси используемой для запаривания. Давление в установке слагается из парциального давления пара подаваемого*

в аппарат и воздуха находящегося в нём, т.е. $P_у = P_п + P_в$. *При вакуумировании или продувке паром часть воздуха удаляется из рабочего пространства аппарата и замещается на пар, в результате температура теплоносителя в установке возрастает, увеличивается коэффициент теплоотдачи от среды к материалу, срок тепловой обработки сокращается, а прочность изделий становится выше. В целях экономии пара организуют его перепуск из одного автоклава в другой или сбрасывают в ёмкость, называемую* ***паровым аккумулятором****. Осуществляют эту операцию через патрубок* ***16*** *и обычно ведут до снижения давления в автоклаве до 0,25- 0,35 МПа. Перепускаемый пар нагревает изделия в другом автоклаве и поднимает в нём давление до 0,25 МПа. Удельный расход пара на ТО составляет 300…400 кг/м*^{3} *бетона.*

1. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКИ

Тепловлажностная обработка изделий под давлением выше атмосферного осуществляется в автоклавах. Эти установки (тупиковые с одной крышкой или проходные с двумя) представляют собой герметично закрывающиеся стальные сосуды цилиндрической формы диаметром 2,2-3,6 м и длиной 15-30 м.

Автоклав устанавливают на опорах позволяющих ему удлинятся при нагревании. Пар подеется через штуцер к перфорированной трубе, размещенной внутри автоклава. конденсат удаляют через спускной клапан. Внутри автоклава проложен рельсовый путь, а который вкатывают вагонетки с пропариваемыми изделиями.

Во избежание больших тепловых потерь в окружающую среду все внешние поверхности автоклава покрывают тепловой изоляцией, что способствует интенсификации самого технологического процесса и, кроме того, является одним из важнейших мероприятий по охране труда.

Следует иметь ввиду, что температура, создаваемая в автоклаве, зависит не от общего давления в нем, а только от парциального давления пара, поэтому присутствие воздуха в автоклав является вредным. При уменьшении температуры насыщения воздух обычно отсасывают путем вакуумирования.

ь

Особенность тепловой обработки в автоклавах- сохранение воды в жидкой фазе при давлении насыщенного пара 0,9-1,3 МПа и температуре около 160-180о С. Это создает благоприятные условия как для значительного ускорения твердения, так и для образования новых фаз и соединений в бетоне.

Основная составляющая цементирующего вещества, определяющаяпрочность, гидросиликаты и, в меньшей степени, гидроалюминаты и гидроферриты кальция. В зависимости от технологических факторов составы этих соединений могут меняться.

Для предотвращения деструктивных процессов на ранней стадии твердения бетона применяют режимы с быстрым подъемом температуры до 1-2 ч., которые обеспечивают создание избыточного давления паровоздушной среды (0,03-0,05МПа) в автоклаве в начальный период запаривания, когда происходит обжатие бетона паровоздушной средой, что предотвращает развитие в нем деструктивных процессов в начальной стадии твердения.

Избыточное давление создается либо подачей пара в герметически закрытый автоклав, либо подачей пара при открытых вентилях для выпуска воздуха и конденсата. При создании избыточного давления посредством подачи пара в герметически закрытый автоклав из-за снижения температуры запаривания на 5-7 о С по сравнению с отсутствующей температурой среды чистого насыщенного пара максимальное

давление в автоклаве при изотермической выдержке увеличивает на 0,1-0,25 МПа. Избыточное давление посредством подачи пара при открытых вентилях для выпуска воздуха и конденсата создается через 10-15 мин после продувки автоклава.

Для предотвращения осадки бетонной смеси за счет создания избыточного давления на ранней стадии твердения пластическая прочность бетона перед запариванием должна быть не менее 0,35 МПа.

Продолжительность изотермической выдержки назначают с учетом времени, необходимого для полного прогрева изделия, и для взаимодействия вяжущего с кремнеземистым компонентом, обеспечивающим максимальную прочность изделия по всему сечению.

Продолжительность третей стадии запаривания устанавливают в зависимости от толщины изделий, вида и плотности бетона.

2 ТВО бетона при избыточном по сравнению с атмосферным,

давлением.

Исследования показали, что избыточное давление в период твердения бетона оказывает большое влияние на его строение и прочность. Прочность бетона, прогреваемого в формах под давлением 0,25 МПа, выше, чем в закрытых формах в 1,5 раза.

Механическое обжатие бетона 0,005-0,01 МПа позволяет сократить цикл ТВО и увеличить прочность , даже жесткие металлические формы способны противостоять температурные и

влажностные расширения бетона, улучшая его механические показатели, поэтому наблюдается тенденция использования избыточного давления в период ТВО ,не только для получения силикатных и легких бетонов, но и для ТВО тяжелого бетона.

Если любой бетон поместить в герметичную установку, и провести ТВО паром, то в нем, как и при ТВО в установках с атмосферным давлением, будет идти процессы тепло- и массо-обмена.

Возьмем полностью герметичную установку 1, поместим в нее изделие 2 в стальной форме.

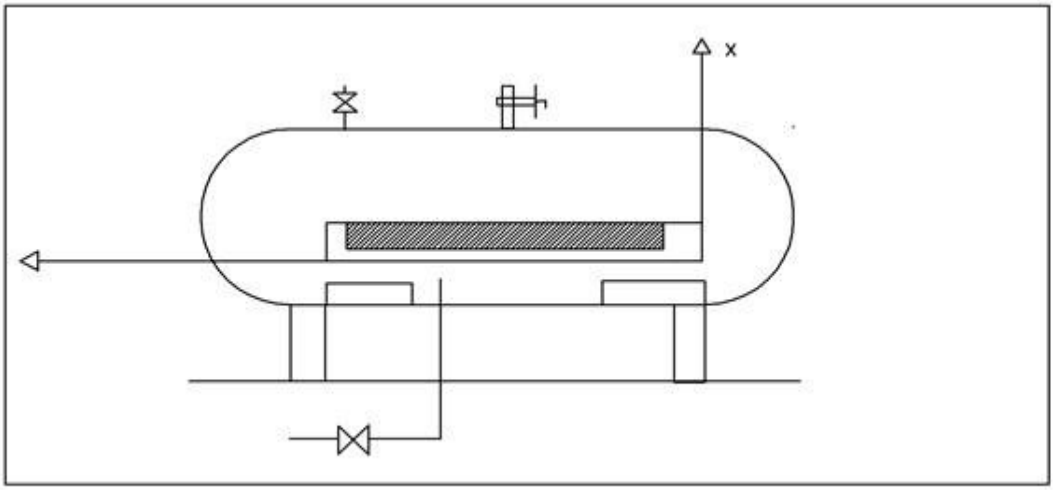


Рис. 16. Система герметичной установки автоклава.

Установим оборудование подачи пара 3, систему отвода конденсата 4,систему вакуумирования 5,вентиль на системе 6,и предохранительный

клапан 7,защищающий2 установку от развития в ней сверхдопустимого давления.

ь

В такую установку можно, закрывая вентиль на системе отбора воздуха, подать пар по системе 3 необходимое избыточное давление 1-1,2 МПа, тогда пар будет поступать в установку в которой уже находится воздух ,общее давление Ру начнет возрастать. В любой момент она будет складываться из парциального давления пара P' n и парциального давления воздуха Рв ' ,в соответствии с ростом давления в установке будет увеличиваться и температура ,т.к. температура пара внутри установки для данного случая представляет собой функцию его парциального давления tn =f(P' n).Пар конденсируется на материале ,отдает теплоту материалу ,нагревая открытую поверхность и создает пленку конденсата ,одновременно нагревается и форма.

Рассмотрим этот процесс на неограниченной пластине с координатами X и Y.

Поверхность материала будет нагреваться несколько больше чем днище формы и температурное поле в пластине распространится по неравнобочной гиперболе, если его отложить на оси У в выбранном масштабе. Из-за неравномерности температурного поля ΔT1 и ΔT2 вызывающие частные потоки массы qmt 1 и qmt 2 в следствии термообработки.

Материал увлажняется под действием частного потока массы qmt 1 от пленки конденсата ,толщиной δ ,а у днища формы влага передвигается к центру изделия за счет частного потока массы qmt 2 , в результате поле влагосодержания U принимает характер

восходящей параболы из-за образовавшегося градиента влагосодержания ΔU возникает частный поток массы qmv .

Если рассмотреть поле температур и влагосодержания по сечению пластины и сравнить с процессом нагрева в открытой форме, помещенной в установку с атмосферным давлением, то можно заметить их идентичность. Однако ,в силу увеличения разности температур в установке, с давлением 1-1,2 МПа, свежезагруженной материалов и паро-воздушной смесью, перепады температур и влагосодержания значительно выше. Следовательно в изделии, вследствие увеличения периодов температур и влагосодержания при температурном расширении слоев и при набухании слоев из-за увеличения перепада влагосодержания возникает идентичное по форме, но значительно большее напряженное состояние. Однако, в рассмотренной установке на открытую поверхность бетона действует избыточное давление, которое вместе со стенками и днищем формы , обжимает бетон в процессе нагрева и позволяет получить лучшую структуру и повысить качество изделий.

ь

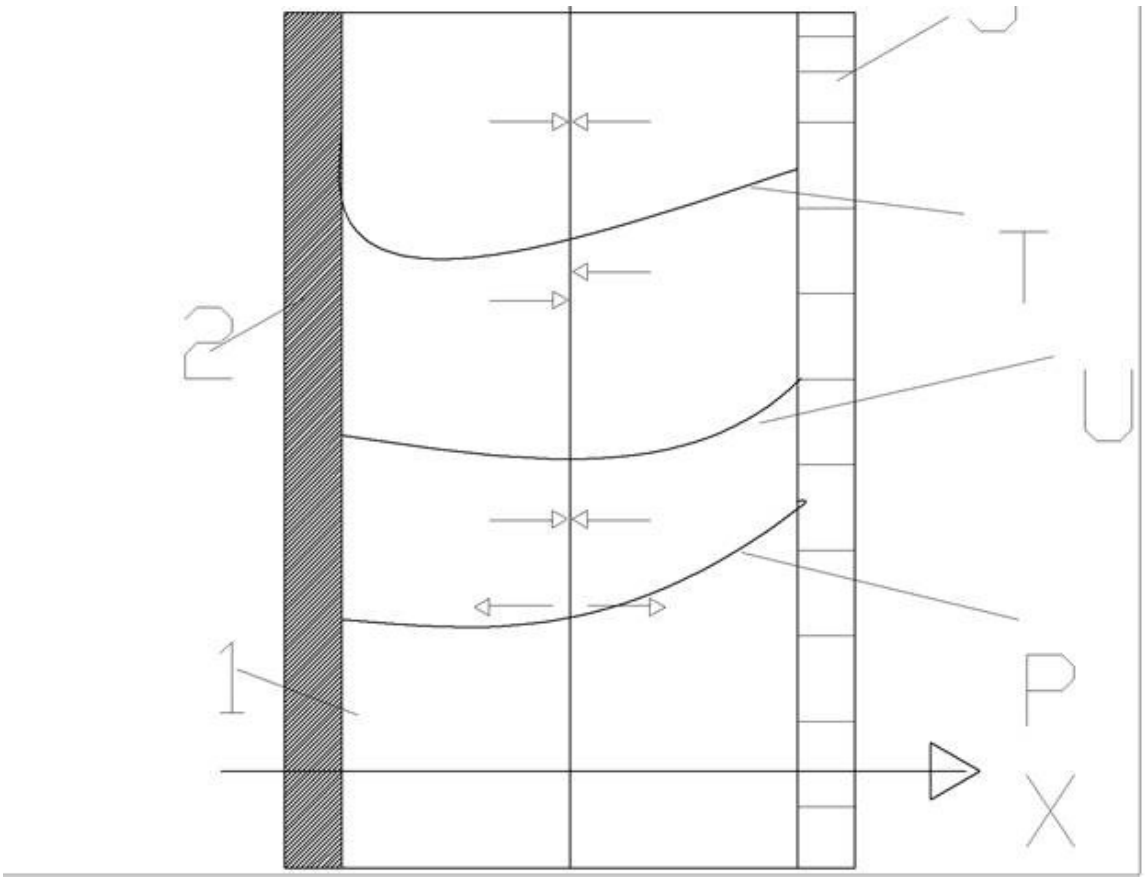


Рис. 17 Схема распределения температур, влагосодержания и давления для периода нагрева в установке с избыточным давлением по сравнению с атмосферным.

1-материал,2-днище формы,3-пленка конденсата толщиной δ

U,T,P-кривые распределения влагосодержания, температур и давления соответственно

ΔU,ΔT,ΔP-направление векторов градиентов

qmt ,qmv ,qmp -частные потоки массы

Рассмотрим воздействие избыточного давления, образующегося внутри материала ,на внутренний тепло- и массо-обмен. По указанной ранее причине в материале возникает

ь

избыточное давление ,пропорциональное температуре материала в каждой точке поперечного сечения. Если при атмосферном давлении в установке, это давление на поверхности релаксировалось, т о в данном случае с поверхности на материал и через неплотности в днище будет действовать значительно большее избыточное давление чем внутри материала, поэтому релаксации не будет, а скорее наоборот, давление в материале будет несколько выше чем в процессе нагрева ,поэтому считается что кривая Р будет аналогом кривой Т, соответственно ΔР1 и ΔР2 обуславливают возникновение частных потоков массы qтр 1 и qтр 2 направленных к центру изделий.

Сравнивая сумму частных потоков массы можно отметить, что в установке работающей с избыточным давлением у днища формы бетон должен характеризоваться меньшим влагосодержанием, чем в установке работающей при атмосферном давлении.

Обработанный бетон при избыточном давлении имеет лучшую структуру и более высокие прочностные показатели.

Избыточное давление компенсирует нарушения структуры, возникающие из-за большой неравномерности влагосодержания.

Для повышения температуры и коэффициента теплоотдачи к материалу в установке, работающей на избыточном давлении, применяют вакуумирование или продувку и тот и другой методы рассчитаны на удаление воздуха и получения среды чистого пара. В этом случае достигается более высокая температура и больший

коэффициент теплоотдачи к материалу при одном и том же давлении.

Процесс вакуумирования выглядит так: после загрузки, установку герметизируют и включают вакуум-насос, вакуумирует воздух до

достижения 70-75% полного вакуума в течении 10-15 мин. При этом кроме воздуха из установки, удаляется и часть воздуха из бетона, что позволяет получать изделия с более плотной структурой, подача пара с парциальным давлением, позволяет обжать бетон, и также улучшить его прочностные показатели.

Продувка установки выглядит так: после загрузки установку не герметизируют, оставляют открытой дверь или гидравлический затвор,

Начинают подавать пар, который смешивается с воздухом, образуя паро-воздушную смесь. Свежие порции пара постепенно вытесняют ее и температура в определенный момент при атмосферном давлении достигает 100оС.После этого установку полностью герметизируют, подача пара продолжается и достигает заданного значения.

Продувка позволяет увеличить температуру больше чем вакуумирование, т .к. из установки удаляется весь воздух, однако, длится она 1-2 ч при нагреве до 100о С именно тогда когда бетон нуждается в обжатии.

Во время изотермической выдержки, вследствие уравнивания температурного поля и поля влагосодержания, происходит

ь

ослабление напряженного состояния при охлаждении из автоклава сбрасывается пар, давление падает температура снижается. Понижение температуры приводит к охлаждению материала, сопровождающегося испарением влаги.

В материале возникают перепады ΔT и ΔU, а по мере приближения давления к атмосферном возникает ΔP. Эти градиенты вызывают частные потоки массы, направленные к поверхности аналогичны процессу в камере, где ТВО ведется насыщенным паром.

Таким образом тепло- и массо-обмен, а также возникающие напряженные состояния при обработке паром в автоклаве, близки по физической сущности к процессам проходящим в пропарочной камере при ТВО.

ь

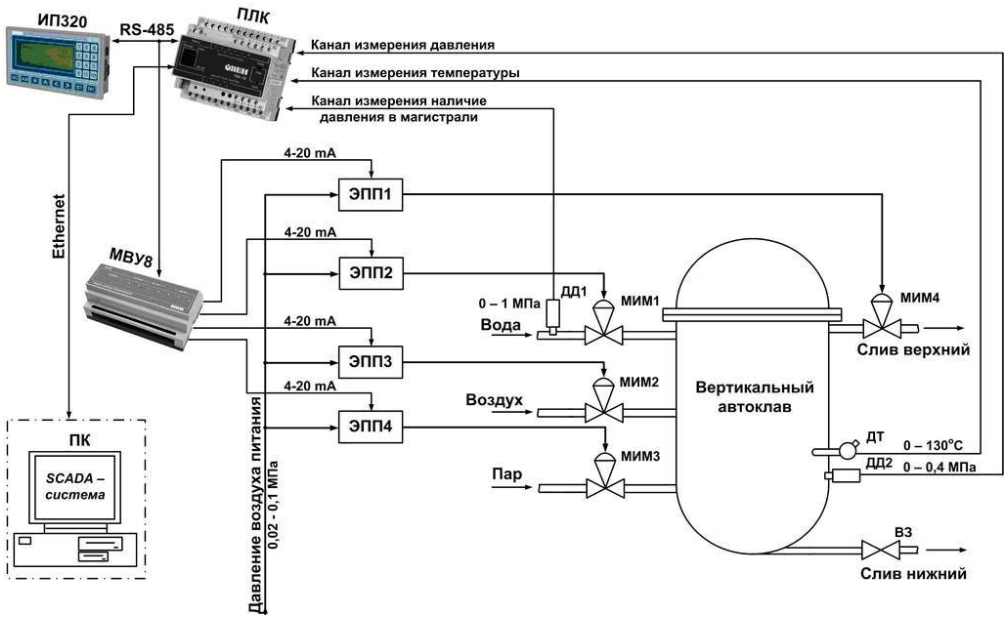


Рис. 18 Функциональная схема системы управления автоклавом

ПК — персональный компьютер; ИП320 — цифровая панель оператора; ПЛК — программируемый логический контроллер; МВУ8 — модуль вывода управляющий; ЭПП1-ЭПП4 — электропневматический позиционер; МИМ1-МИМ4 — клапан с пневматическим мембранным исполнительным механизмом; ВЗ — вентиль запорный; ДТ — датчик температуры; ДД1-ДД2 — датчик давления.

В приведенной схеме вертикальный автоклав является объектом регулирования. Основные параметры регулирования-давление и температура, тесно взаимосвязаны между собой, что

обусловило настройку двух связанных каналов управления по температуре и давлению.

Центральное управляющее устройство, на входы которого поступает вся информация о процессе – программируемый логический контроллер ПЛК150 (фирма ОВЕН) на борту которого размещены 6 дискретных и 4 аналоговых входа для подключения широкого спектра датчиков.

В автоклаве производится измерение температуры с помощью медного термопреобразователя сопротивления. Сигнал с него поступает

непосредственно на аналоговый вход контроллера.

Так же помимо температуры во внутреннем пространстве автоклава непрерывно контролируется внутреннее давление при помощи датчика давления ПД100-ДИ (фирма ОВЕН) с унифицированным токовым сигналом 4-20 мА.

Чтобы исключить внештатные аварийные ситуации во время режима охлаждения, при сливе горячей воды и заполнении холодной водой, на подаче холодной воды установлен датчик давления, контролирующий давление воды в магистрали охлаждения. Если вдруг напор упадет ниже допустимого, то система отреагирует на это сигналом для оператора и будет включена дополнительная магистраль с запасного резервуара.

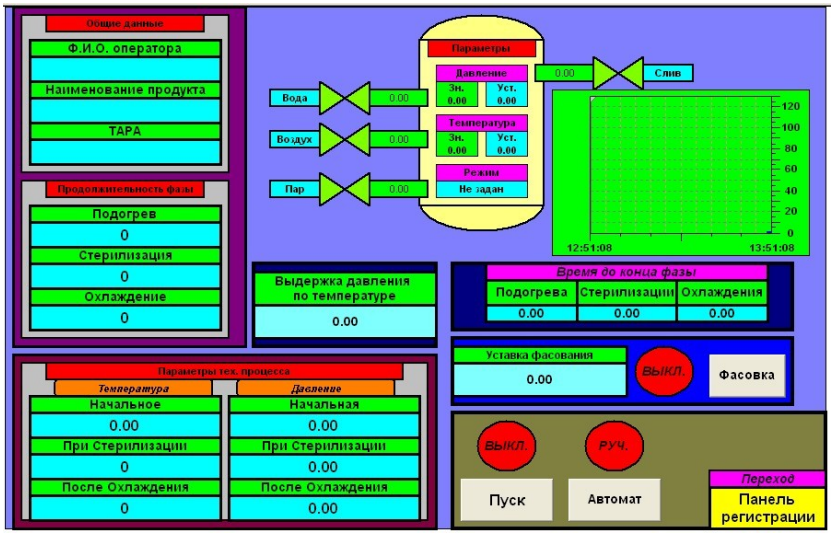
Таким образом, охлаждение продолжится следовательно, уровень давления воды в автоклаве будет оставаться неизменным. В данном автоклаве не предусмотрено регулирование давления в

магистралях пара и воздуха, но при желании их можно так же осуществить посредством установки необходимых датчиков и исполнительных механизмов, благо в контроллере для этого есть все необходимые входы и выходы.

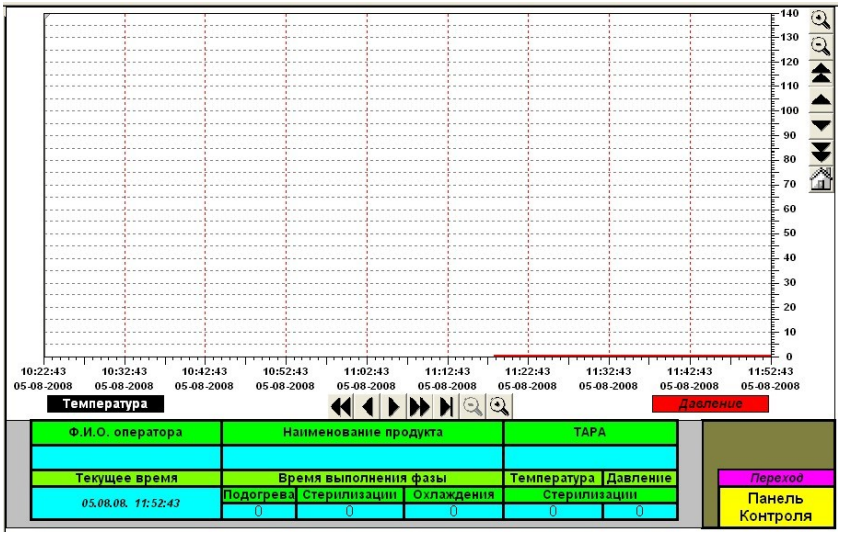
Управление выходными устройствами осуществляется модулем выхода управляющим МВУ8 (фирма ОВЕН). Связь между контроллером и модулем расширения выходов МВУ8 осуществляется по промышленному сетевому интерфейсу RS-485.

Вся информация о технологическом процессе непосредственно на объекте выводится на панель оператора ИП320 (фирма ОВЕН) установленную на пульте оператора. Связь между ПЛК и цифровой панелью ИП320 осуществляется напрямую (без использования адаптера) так же по сетевому интерфейсу RS-485.

При помощи интерфейса Ethernet, происходит передача данных о системе с контроллера на верхний уровень и сигналов управления в обратном направлении. В качестве SCADA-системы выбрана среда программирования CoDeSys с помощью которой происходит визуализация и управление технологическим процессом. Имея простой и удобный интерфейс, CoDeSys позволяет оператору легко и комфортно управлять процессом стерилизации.



а) Рис. 19 Панель управления и мониторинга.



б) Панель регистрации данных.

Рис20. Автоматизированное рабочее место оператора (АРМ)

Характеристика закона управления каналами регулирования температуры и давления выбрана непрерывная (линейная) , для обеспечения нужной точности регулирования – дифференциал температурного поля 2 0С, давления 0,02 МПа. Таким образом, управление исполнительными механизмами происходит с МВУ8 постоянно изменяющимися сигналами от 4 до 20 мА.

В роли исполнительного механизма выступает мембранный пневматический клапан типа МИМ с пневмопозиционером,

характеризующийся быстротой срабатывания и высокой точностью регулирования, его электронные аналоги (с электроприводом) в этом плане имеют более посредственные характеристики.

В системе регулирования используются пневматические

исполнительные механизмы, поэтому для преобразования унифицированного токового сигнала -20 мА в пневматический 0,02-0,1МПа используются электропневмопреобразователи марки ЭПП-21.

ь

2.2 Технологический и теплотехнический расчет установки

Теплотехнический расчет

$$П' = \frac{П_Г}{T_Г * к}, \ (1)$$

где $П_г$- производительность предприятия в год ($м^3$)-по заданию;

$T_г$- время работы установки в году (сут.), принимается по приложению

к- коэффициент, учитывающий остановку камеры на ремонт, принимается к=0,94.

$$П' = \frac{19700}{253 * 0{,}94} = 82{,}8 \ (м^3), \ (2)$$

Определить производительность установки в штуках

$$П'' = \frac{П'}{V_{изд}}, \ \left(\frac{шт}{сут}\right)(3)$$

Где $V_{изд}$- объем бетона в одном изделии ($м^3$)-по заданию

$$П'' = \frac{82{,}8}{1{,}27} = 65 \ (шт) \ (4)$$

Определить производительность установки в смену

$$П_с = \frac{П'}{n}, \left(\frac{шт}{сут}\right)(5)$$

Где n-количество смен в сутки; принимается по приложению I.

$$П_с = \frac{65}{2} = 32 \ (м^3)(6)$$

ь

$$П_С = \frac{32}{8} = 4(шт) \quad (7)$$

Определить производительность в год

$$В \ год: \ \frac{П_Г}{V_{изд}} = \frac{19700}{1,27} = 15511(шт) (8)$$

Определить продолжительность одного цикла ТВО

$$\tau_ц = \tau_з + \tau_{тво} + \tau_р, \quad (9)$$

где $\tau_З$-время загрузки камеры принимаются по ОНТП-07-85

-для стендового производства 1ч.

-в стационарных силовых формах, для агрегатно-поточного и конвейерного производства- 0,5ч.

-при тепловой обработке с механическим пригрузом в малонапорных и индукционных камерах, в кассетных установках с применением продуктов сгорания природного газа и при применении разогретых бетонных смесей и при формовании больше пролётных предварительно-напряжённых конструкций типа панелей- оболочек предварительное выдерживание не предусматривается.

$\tau_р$- время загрузки камеры

$\tau_{тво}$-время тепловлажностной обработки бетона (принимается по ОНТП-07-85-приложение III)

$$\tau_ц = 0,5 + 12 + 0,5 = 13(ч) \quad (10)$$

ь

$$\tau_{тво} = \tau_n + \tau_{из} + \tau_{ох}, \quad (11)$$

где τ_n-время подъема температуры;

$\tau_{из}$-время изотермической выдержки;

$\tau_{ох}$-время охлаждения.

$$\tau_{тво} = 3 + 5{,}5 + 2{,}5 = 11(ч) \quad (12)$$

$$L_K = L_Ф * n + (n+1) * 1, \quad (13)$$

Где $L_ф$- длина формы с изделием

$$L_Ф = l_{изд} + 0{,}3 \ ,(м) \quad (14)$$

l- расстояние между стенкой камеры и формой или между формами по длине камеры;

l=0,4-0,5 (м)

n- количество изделий в камере по длине

$$L_Ф = 1{,}2 + 0{,}3 = 1{,}5(м) \quad (15)$$

$$L_K = 1{,}5 * 4 + (5+1) * 0{,}5 = 8{,}5 \ (м) \quad (16)$$

$$B_к = B_ф * n_1 + (n_1 + 1) * b, (м) \quad (17)$$

где $B_ф$- ширина формы с изделием (м)

$B_ф = B_{изд} + 0{,}3$*(м)*

n_1-количество изделий в камере по ширине

b-расстояние между продольной стенкой камеры и формой или между формами по ширине камеры

b=0,35м-0,4м

$$B_ф = 1,2 + 0,3 = 1,5(м) \quad (18)$$

$$B_к = 1,5 * 3 + (3 + 1) * 0,4 = 3,4(м) \quad (19)$$

$$H_к = H_Ф * n_2 + (n_2 - 1) * h_1 * h_2 * h_3, (м) \quad (20)$$

$H_ф$- высота формы с изделием (м)

$$H_ф = H_{изд} + 0,25(м) \quad (21)$$

n_2-число изделий по высоте камеры

h_1- расстояние между формами по высоте камеры; h_1=0,2 (м)

h_2- расстояние от пола до нижней формы; h_2=0,15(м)

h_3-расстояние от верхней формы до крышки камеры; h_3=0,05 (м)

$$H_ф = 0,88 + 0,25 = 1,13(м) \quad (22)$$

$$H_к = 1,13 * 3 + (3 - 1) * 0,2 * 015 * 0,05 = 3,99(м) \quad (23)$$

Определить количество камер

$$n_к = \frac{V_т}{V_к}, (шт) \quad (24)$$

$V_т$- требуемый объём всех камер ($м^3$);

$V_к$- геометрический объём одной камеры ($м^3$);

$$n_к = \frac{226,40}{207,51} = 1,09 \ (шт) \quad (25)$$

$$V_к = L_к * H_к * B_к$$

$$V_к = 8,5 * 3,99 * 3,4 = 115,31 \ (м^3) \quad (26)$$

ь

$$V_m = \frac{П_г * (1 + 0{,}01 * y)\tau_н}{T_г * q * 24},\ (м^3)\ (27)$$

y- допустимая доля бетона на отбраковку; y=5%

q- коэффициент заполнения камеры (min=0,1)

$$V_m = \frac{19700 * (1 + 0{,}01 * 1) * 12}{253 * 0{,}39 * 24} = 100{,}83\ (м^3)\ (28)$$

$$q = \frac{V_{изд} * n_{изд}}{V_к},\ \left(\frac{кДж}{кг}\right)\ (29)$$

$n_{изд}$- количество изделий в одной камере

$$q = \frac{1{,}27 * 36}{115{,}31} = 0{,}39 (\ кДж¿)\ (30)$$

Определить расход теплоты в период подъема температуры

$$Q_1 = A_1 (Q_{изд} + Q_м + Q_{о.с} + Q_{отр} + Q_{исп.вл} + Q_{с.о}),\ (кДж)\ (31)$$

A_1-коэффициент, учитывающий потерю теплоты из-за неплотности A_1=1,12

$Q_{ИЗ}$- расход тепла на нагрев изделий (кДж);

$Q_М$-расход тепла на нагрев вспомогательного материала (кДж);

$Q_{О.С.}$- расход тепла на потери в окружающую среду (кДж);

$Q_{ОГР}$- расход тепла на нагрев ограждающих конструкций (кДж);

$Q_{ИСП.ВЛ}$- расход тепла на нагрев испаряемой влаги (кДж);

$Q_{С.О}$- расход тепла на нагрев свободного объема камеры (кДж)

Q_1=*1,12* (8962885,33+2074176+ 21814,065+ 969034,752+ 3042095,96+ 41025,5321=*

=16924355,4 (кДж) (31)

Определить расход тепла на нагрев изделий

$Q_{из} = Q_{см} + Q_в + Q_{арм}$, *(32)*

$Q_{см}$-расход тепла на нагрев сухой массы (кДж);

$Q_{вл}$- расход тепла на нагрев влаги (кДж);

$Q_{ар}$- расход тепла на нагрев арматуры (кДж)

$$Q_{из} = 6607714,93 + 2324594,4 + 30576 = 8962885,33 (\ кДж) \quad (33)$$

Определить расход тепла на нагрев сухой массы

$$Q_{см} = M_{см} * c_{см} (t_2 - t_1) \quad (34)$$

$M_{см} = (Ц + П + Щ) V_{изд} * n_{изд}$, *(35)*

Ц, П, Щ- расход материала на 1 м^3 бетона (кг);

$С_{см}$- удельная теплоёмкость бетона $с_{см}$ (Приложение IV)

t_2- температура изотермической выдержки (^{0}C) (Приложение III)

t_1- температура окружающей среды (t_1= 20 ^{0}C)

$$Q_{см} = 101269,8 * 0,9 (85 - 20) = 5924283,3 (кДж) \quad (36)$$

ь

$$M_{см} = (268 + 486 + 1461) * 1,27 * 36 = 101269,8 (кг) \quad (37)$$

Определить расход тепла на нагрев воды

$$Q_в = (M_в - W_{исп}) c_в (t_2 - t_1) \quad (38)$$

$M_В$- масса воды

$$Q_в = (9762,12 - 1226,8) * 4,19 * (85 - 20) = 2324594,4 \ (кДж) \quad (39)$$

$$M_в = B * V_{изд} * n_{изд} \quad (40)$$

В- содержание воды в 1 м^3 бетона (кг)

$С_В$- теплоёмкость воды; $с_в$=4,19 кДж/кг ^{0}С;

$W_{исп}$- количество испарённой влаги в результате тепловой оборотки;

$W_{исп}$= $М_б$ 0,01 (кг), что составляет 1% от массы бетона;*

$М_б$= ($М_{изд}$- $М_{арм}$) $n_{изд}$*

$М_{арм}$- расход арматуры на одно изделие (кг)

$М_{из}$- масса изделия (кг)

$$M_в = 180 * 1,27 * 36 = 8229,6 (кг) \quad (41)$$

$$M_б = (M_{изд} - M_{арм}) * n = (2215 - 123,60) * 40 = 752904 \ (кг) (42)$$

$$W_{исп} = \frac{M_б}{100} = \frac{752904}{100} = 7529,04 (кг) \quad (43)$$

$$M_{из} = (ц + П + Щ + В + Марм) * V_{изд} = (250 + 494,9 + 1403,1 + 182 + 30,60) * 2,53 = 5972,31 \ кг \ (4$$

Определить расход тепла на нагрев арматуры

$$Q_{арм} = M_{арм} c_{ст} (t_2 - t_1) (кДж) \quad (45)$$

ь

$C_{ст}$- теплоёмкость стали (Приложение IV) ;0,48

*$M_{арм}$- расход стали на все изделия, находящиеся в камере (кг); 49,91*12=568,92*

$$Q_{арм} = 774{,}2 * 0{,}48 * 65 = 24155{,}04 (кДж) \quad (46)$$

Определить расход тепла на нагрев вспомогательного материала

$$Q_{м} = Q_{ф} + Q_{ав.ст.} (кДж) \quad (47)$$

$Q_{ф}$- расход тепла на нагрев формы (кДж)

$Q_{ав.ст.}$- расход тепла на нагрев автостоек (кДж)

$$Q_{м} = 1184040 + 290160 = 1474200 (кДж) \quad (48)$$

Определить расход тепла на нагрев формы

$$Q_{ф} = M_{ф} c_{ст} (t_2 - t_1), (кДж) \quad (49)$$

$M_{ф}$- масса формы

$$M_{ф} = Ф * V_{изд} * n_{изд}, \ (кг) \quad (50)$$

Ф- удельная металлоёмкость формы (кг/м^3) (Приложение V)=1500

$$Q_{ф} = 37950 * 0{,}48 * 65 = 1184040 (кДж) \quad (51)$$

$$M_{ф} = 1500 * 2{,}53 * 10 = 37950 (кг) \quad (52)$$

Определить расходы тепла на нагрев автостоек

$$Q_{ав.ст} = M_{ав.ст.} * c_{ст} (t_2 - t_1) \quad (53)$$

$M_{ав.ст}$- M_1 $n_{ав.ст.}$*

M_1- масса одной автостойки M_1= 300-320 (кг)

*$n_{ав.ст.}$- 3*n, где n-количество изделий в плане*

$$Q_{ав.ст} = 9300 * 0{,}48 * 65 = 290160 \ (кДж) \ (54)$$

$$M_{ав.ст.} = 310 * 3 * 10 = 9300 (кг) \ (55)$$

Определить расход тепла, теряемое в окружающую среду

$Q_{о.с.} = (Q_{ст} + Q_{кр} + Q_{дн})\tau_н$ ***(кДж)***

$Q_{ст}$- потери тепла через стенки камеры (кДж);

$Q_{кр}$- потери тепла через крышку камеры (кДж);

$Q_{дн}$- потери тепла через днище камеры (кДж)

$\tau_н$- время подъёма температуры

$$Q_{о.с.} = (587{,}37 + 59{,}76 + 578{,}92) * 3{,}5 = 4291{,}17 \ (кДж)$$

Определить потери тепла через стенки камеры

$$Q_{ст} = 3{,}6 * S_{ст} * к_{ст} * \left(\frac{t_2 - t_1}{2} - t_1 \right), \ (кДж)$$

$$Q_{ст} = 3{,}6 * 91{,}4 * 0{,}55 * \left(\frac{85 - 20}{2} - 20 \right) = 2262{,}15 \ (кДж)$$

$S_{ст}$- площадь стенок камеры ($м^2$)

$$S_{ст} = S_{прод} + S_{попер} = 52{,}85 + 38{,}55 = 106{,}2 \ (м^2)$$

$$S_{прод} = (LH)2 = (6{,}69 * 3{,}95) * 2 = 52{,}85 (м^2)$$

$$S_{попер} = (HB)2 = (3{,}95 * 4{,}88) * 2 = 38{,}55 (м^2)$$

ь

$K_{ст}$- коэффициент теплопередачи стенок

$$\kappa_{ст} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\kappa_{ст} = \frac{1}{\frac{1}{64} + \frac{0,2}{1,45} + \frac{0,1}{0,063} + \frac{0,003}{56} + \frac{1}{11,7}} = 0,55$$

- коэффициенты теплопроводности соответственно бетона, утеплителя, стали (Приложение IV)

α_1- коэффициент теплоотдачи от пара к внутренней поверхности стенки

α_1- 64 Вт/м ^{0}С

α_2- коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки к окружающей среде

$$\alpha_2 = 9,47 + 0,07 \left(\frac{t_2 + t_1}{2} - t_1 \right)$$

$$\alpha_2 = 9,47 + 0,07 * \left(\frac{85 + 20}{2} - 20 \right) = 11,7 \ \left(\frac{Вт}{м} ℃ \right)$$

$\delta_1, \delta_2, \delta_3$- толщина конструктивных слоёв стенки пропарочной камеры

δ_1- толщина бетона; δ_1= 0,2м;

δ_2- толщина утеплителя; δ_2= 0,1м;

δ_3-толщина металлического листа; δ_3=0,003м

Определить потери тепла через крышку камеры

$$Q_{кр} = 3,6 * S_{кр} * к_{кр} * \left(\frac{t_2 - t_1}{2} - t_1 \right), \ (кДж)$$

$К_{кр}$- коэффициент теплопередачи крышки;

$S_{кр}$= площадь крышки;

*$S_{кр}$=L*B ,($м^2$)*

$$к_{кр} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \ \left(\frac{Вт}{м} °C \right)$$

$$к_{кр} = \frac{1}{\frac{1}{64} + \frac{0,002}{1,45} + \frac{0,2}{0,063} + \frac{0,002}{1,45} + \frac{1}{11,745}} = 0,30 \ \left(\frac{Вт}{м} °C \right)$$

δ_1- толщина стального листа; δ_1= 0,002м;

δ_2- толщина утеплителя; δ_2= 0,2 м;

δ_1- толщина металлического листа; δ_1= 0,002м

$$Q_{кр} = 3,6 * 32,64 * 0,30 * \left(\frac{85 - 20}{2} - 20 \right) = 440,64 \ (кДж)$$

Определить потери тепла через днище камеры

$$Q_{дн} = 3,6 * S_{дн} * к_{дн} * \left(\frac{t_2 - t_1}{2} - t_1 \right), \ (кДж)$$

$$к_{дн} = \frac{0,5}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \ \left(\frac{Вт}{м} °C \right)$$

$К_{дн}$- коэффициент теплопередачи днища;

δ_1- толщина керамзита бетона; δ_1= 0,1м;

δ_2- толщина бетона; δ_2= 0,2 м;

$$к_{дн} = \frac{0,5}{\frac{1}{64} + \frac{0,1}{1,45} + \frac{0,2}{0,41} + \frac{1}{11,7}} = 1,56 \ \left(\frac{Вт}{м}℃\right)$$

$$Q_{дн} = 3,6 * 8,3 * 1,56 * \left(\frac{85 - 20}{2} - 20\right) = 582,66 \ (кДж)$$

Определить расход тепла на нагрев свободного объема камеры

$$Q_{с.о} = i_п^{''} * V_к * (1 - q), (кДж)$$

$I_g^{''}$- энтальпия сухого пара (кДж/кг)

$V_к$- объем камеры ($м^3$)

q- коэффициент заполнения камеры изделиями

$$Q_{с.о} = 264,31 * 128,95 * (1 - 0,01) = 27607,04 \ (кДж)$$

Определить расход тепла на нагрев испарения влаги

$$Q_{исп.вл} = W_{исп.вл} * (i_п - i_{вл}), \ (кДж)$$

i_g- энтальпия пара, определяется по табл. в зависимости от температуры пара

$$i_п = 2500 + 1,96 \ \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_1\right), (кДж)$$

$$i_п = 2500 + 1,96 * \left(\frac{20 + 85}{2} - 20\right) = 2563,7 (кДж)$$

$I_{вл}$- энтальпия влаги

$$i_{вл} = 4,2 * t_1$$

$$i_{вл} = 4,2 * 20 = 84 \ (кДж)$$

$$Q_{исп.вл} = 589,48 * (2563,7 - 84) = 1461733,5 \ (кДж)$$

Определить расход тепла на нагрев ограждающих конструкций

$$Q'_{огр} = Q'_{ст} + Q'_{кр} + Q'_{дн} \ , \ (кДж)$$

$$Q'_{огр} = 242500{,}8 + 21715 + 143961{,}6 = 408177{,}4 \ (кДж)$$

Определить расход тепла на нагрев стенок

$$Q'_{ст} = Q'_{ст.л} + Q'_{ут} + Q'_{бет} \ , \ (кДж)$$

$$Q'_{ст} = 10238{,}4 + 35097{,}6 + 197164{,}8 = 242500{,}8 \ (кДж)$$

а) $Q'_{ст.л}$- расход тепла на нагрев стального листа стенок;

$$Q'_{ст.л} = M_{ст.л} * c_{ст.л} * (t_2 - t_3), \ (кДж)$$

$$M_{ст.л} = V_{ст.л} * \rho_{ст.л} \ , (кг)$$

$$V_{ст.л} = S_{ст} * \delta_{ст.л} \ , \ (м^3)$$

t_3=t_2-10 85-10=75

$\rho_{ст.л}$- плотность стали (кг/м^3) (Приложение V)

$c_{ст.л}$- теплоёмкость стали (кДж/кг^{0}С) (Приложение V)

$$Q'_{ст.л} = 2133 * 0{,}48 * (85 - 75) = 10238{,}4 \ (кДж)$$

$$M_{ст.л} = 0{,}27 * 7900 = 2133 (кг)$$

$$V_{ст.л} = 91{,}4 * 0{,}003 = 0{,}27 \ (м^3)$$

б) $Q'_{ут}$- расход тепла на нагрев утеплителя;

$$Q'_{ут} = M_{ут} * c_{ст.л} * (t_3 - t_4), \ (кДж)$$

$$M_{ут} = V_{ут} * \rho_{ут} \ , (кг)$$

$$V_{ут} = S_{ут} * \delta_{ут} \ , \ (м^3)$$

t_4= t_3-20 (^{0}C) 75-20=55

$$Q'_{ут} = 3656 * 0{,}48 * (75 - 55) = 35097{,}6 \ (кДж)$$

$$M_{ут} = 18{,}28 * 200 = 3656 (кг)$$

$$V_{ут} = 91{,}4 * 0{,}2 = 18{,}28 \ (м^3)$$

в) $Q'_{бет}$- расход тепла на нагрев бетона;

$$Q'_{бет} = M_{бет} * c_{бет} * (t_4 - t_5), \ (кДж)$$

$$M_{бет} = V_{бет} * \rho_{бет} \ , (кг)$$

$$V_{бет} = S_{бет} * \delta_{бет} \ , \ (м^3)$$

T_5-40 (^{0}C), (по нормам ТБ)

$$Q'_{бет} = 15648 * 0{,}84 * (55 - 40) = 197164{,}8 \ (кДж)$$

$$M_{бет} = 6{,}52 * 2400 = 15648 (кг)$$

$$V_{бет} = 32{,}64 * 0{,}2 = 6{,}52 \ (м^3)$$

Определить расход тепла на нагрев крышки

$$Q'_{кр} = Q'_{ст.л} + Q'_{ут} + Q'_{бет} \ , \ (кДж)$$

$$Q'_{кр} = 3678{,}24 + 12518{,}4 + 5517{,}36 = 21715 (кДж)$$

а) Расход тепла на нагрев стального листа

$$Q'_{ст.л} = M_{ст.л} * c_{ст.л} * (t_2 - t_3), \ (кДж)$$

$$M_{ст.л} = V_{ст.л} * \rho_{ст.л} \ , (кг)$$

$$V_{ст.л} = S_{ст} * \delta_{ст.л} \ , \ (м^3)$$

t_3=t_2-10; 75

$$Q'_{ст.л} = 766,3 * 0,48 * (85 - 75) = 3678,24\,(кДж)$$

$$M_{ст.л} = 0,097 * 7900 = 766,3\,(кг)$$

$$V_{ст.л} = 32,64 * 0,003 = 0,097\,(м^3)$$

б) Расход тепла на нагрев утеплителя;

$$Q'_{ут} = M_{ут} * c_{ст.л} * (t_3 - t_4),\ (кДж)$$

$$M_{ут} = V_{ут} * \rho_{ут}\ ,(кг)$$

$$V_{ут} = S_{ут} * \delta_{ут}\ ,\ (м^3)$$

t_4=t_3-20; 75-20=55

$$Q'_{ут} = 1304 * 0,48 * (85 - 55) = 12518,4\ \ (кДж)$$

$$M_{ут} = 6,52 * 200 = 1304\,(кг)$$

$$V_{ут} = 32,64 * 0,2 = 6,52\,(м^3)$$

в) Расход тепла на нагрев бетона

$$Q'_{бет} = M_{бет} * c_{бет} * (t_4 - t_5),\ (кДж)$$

$$M_{бет} = V_{бет} * \rho_{бет}\ ,(кг)$$

$$V_{бет} = S_{бет} * \delta_{бет}\ ,\ (м^3)$$

$$Q'_{бет} = 15648 * 0,48 * (85 - 75) = 131443,2\,(кДж)$$

$$M_{бет} = 6,52 * 2400 = 15648\,(кг)$$

$$V_{бет} = 32,64 * 0,2 = 6,52\,(м^3)$$

Определить расход тепла на нагрев днища

$$Q'_{дн} = Q'_{бет} + Q'_{ут}\ ,\ (кДж)$$

$$Q'_{дн} = 131443,2 * 12518,4 = 143961,6\,(кДж)$$

а) расход тепла на нагрев бетона

ь

$$Q'_{бет} = M_{бет} * c_{бет} * (t_2 - t_3),\ (кДж)$$

$$M_{бет} = V_{бет} * \rho_{бет}\ ,(кг)$$

$$V_{бет} = S_{бет} * \delta_{бет}\ ,\ (м^3)$$

$$Q'_{бет} = 15648 * 0,48 * (85 - 75) = 131443,2\ \ (кДж)$$

$$M_{бет} = 6,52 * 2400 = 15648 (кг)$$

$$V_{бет} = 32,64 * 0,2 = 6,52\ \ (м^3)$$

б) расход тепла на нагрев утеплителя

$$Q'_{ут} = M_{ут} * c_{ст.л} * (t_3 - t_4),\ (кДж)$$

$$M_{ут} = V_{ут} * \rho_{ут}\ ,(кг)$$

$$V_{ут} = S_{ут} * \delta_{ут}\ ,\ (м^3)$$

t_5=40 ^{0}C (по нормам ТБ)

$$Q'_{ут} = 1304 * 0,48 * (75 - 55) = 12518,4 (кДж)$$

$$M_{ут} = 6,52 * 200 = 1304 (кг)$$

$$V_{ут} = 32,64 * 0,2 = 6,52 (м^3)$$

Определить расход тепла в период изотермической выдержки

$$Q_2 = A_2 * Q'_{о.с}\ \ ,\ (кДж)$$

$Q_{о.с}$- потери тепла в окружающую среду во время изотермической

выдержки

$$Q'_{о.с.} = (Q_{ст} + Q_{кр} + Q_{дн}) * \tau_{из},\ (кДж)$$

$A_2=A_1= 1,12$

$$Q_2 = 1,12 * 2653153,1 = 2971531,4 \ (кДж)$$

$$Q'_{о.с.} = (242500,8 + 21715 + 143961,6) * 6,5 = 2653153,1 (кДж)$$

Определить приход тепла в период подъёма температуры

Определить приход тепла с паром

$$Q_п = D_ц * i_п \ (кДж)$$

$D_п$- *расход пара за весь цикл ТВО*

$$Q_п = 768,05 * 2563,7 = 1969049,78 (кДж)$$

Определить приход тепла в период подъёма температуры от экзотермии цемента

$$Q'_{э.ц} = q'_{э.ц} * M_ц \ , (кДж)$$

$$M_ц = Ц * V_{изд} * n_{изд} \ , (кг)$$

Ц- расход цемента на 1 м^3 бетона

$q'_{э.ц}$- *удельное тепловыделение 1 кг цемента (кДж/кг)*

$$q'_{э.ц} = 0,0023 * q_{э.ц.28} * \left(\frac{В}{Ц}\right)^{0,44} \left(\frac{t_2 + t_1}{2}\right) \tau_п, \ (\frac{кДж}{кг})$$

$\tau_п$- *время подъема температуры (ч)*

$$Q'_{э.ц} = 245 * 6325 = 1549625 \ (кДж)$$

$$M_ц = 250 * 2,53 * 10 = 6325 \ (кг)$$

$$q'_{э.ц} = 0,0023 * 335 * (0,76)^{0,44} * \left(\frac{85 + 20}{2}\right) * 3,5 = 245 (\frac{кДж}{кг})$$

ь

Определить приход тепла в период изотермической выдержки от экзотермии цемента

$$Q''_{э.ц} = q''_{э.ц} * M_ц \ , \ (кДж)$$

$$q''_{э.ц} = 0{,}0023 * q_{э.ц.28} * \left(\frac{B}{Ц}\right)^{0{,}44} * t_2 * \tau_n , \ \left(\frac{кДж}{кг}\right)$$

$$Q''_{э.ц} = 273{,}97 * 6325 = 1732860{,}25 (кДж)$$

$$q''_{э.ц} = 0{,}0023 * 245 * (0{,}76)^{0{,}44} * 85 * 5{,}5 = 273{,}97 \ \left(\frac{кДж}{кг}\right)$$

Определить расход пара в период подъема температуры

$$D_1 = \frac{Q_1 - Q'_{э.ц}}{\tau_n * \Delta i}, \ (кДж)$$

$\Delta i = i_n * i_к$

Q_1- расход тепла

I_n- энтальпия пара

$$D_1 = \frac{7145575{,}48 - 1549625}{3{,}5 * 2341{,}1} = 68{,}29 (кДж)$$

$$i_n = 2500 + 1{,}96 * \left(\frac{t_1 + t_2}{2} - t_1\right) \ , \ \left(\frac{кДж}{кг}\right)$$

$$i_n = 2500 + 1{,}96 * \left(\frac{20 + 85}{2} - 20\right) = 2563{,}7 \ , \ \left(\frac{кДж}{кг}\right)$$

$i_к$- энтальпия конденсата

$$i_к = 4{,}2 * \left(\frac{t_2 + t_1}{2}\right)$$

$$i_к = 4{,}2 * \left(\frac{85 + 20}{2}\right) = 220{,}5 \ \left(\frac{кДж}{кг}\right)$$

Определить расход пара в период изотермической выдержки

$$D_2 = \frac{Q_2 * Q'_{э.ц}}{\tau_{из} * \Delta i}$$

$$\Delta i' = i'_g - i'_к \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

$$i'_g = 2500 + 1{,}96 * t_2 \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

$$i'_к = 4{,}2 * t_2 \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

$$D_2 = \frac{2971531{,}4 - 1732860{,}25}{6{,}5 * 2341{,}1} = 81{,}39 (кг)$$

$$\Delta i' = 2666{,}6 - 357 = 2309{,}6 \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

$$i'_g = 2500 + 1{,}96 * 85 = 2666{,}6 \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

$$i'_к = 4{,}2 * 85 = 357 \ , \ (\frac{кДж}{кг})$$

Определить расход пара за весь цикл ТВО

$$D_ц = D_1 * \tau_н + D_1 * \tau_{из} \ , \ (кг)$$

$$D_ц = 68{,}29 * 3{,}5 + 81{,}39 * 6{,}5 = 768{,}05 \ (кг)$$

Определить удельный расход пара

$$g = \frac{D_ц}{V_{изд} * n_{изд}} \ , \ (\frac{кг}{м^3})$$

$$g = \frac{950{,}05}{1{,}27 * 36} = 20{,}77 \quad (\frac{кг}{м^3})$$

Расчет теплового баланса

ь

$$Q_м + Q''_{эц} + Q'_{эц} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_п = Q_1 + Q_2 - Q'_{эц} - Q''_{эц} \ , \ (кДж)$$

Технико-экономические показатели

1.Назначение и тип установки: Автоклав

2.Вид материала: Плиты перекрытия ребристые

3.Производительность установки: 13560 м3 \год

4.Суточная производительность установки: 60,82 м3 \сут

5.Количество изделий, размещаемых в установке: 12

6.Класс прочности бетона: В 15

7.Время нагрева: 6,56 ч

8.Время охлаждения: 4,67 ч

9.Продолжительность полного цикла работы камеры: 18,23 ч

10.Теплота на нагрев бетонных и железобетонных изделий в камере: 2016071,8 кДж

11.Теплота на нагрев воды в бетонной смеси камеры: 2574743,73 кДж

12.Теплота на нагрев металла в камере: 1818226,545 кДж

13.Потери теплоты через стены установки: 185826,508 кДж

14.Неучтенные потери теплоты: 5402478,211 кДж

15.Расход пара в период подъема температуры: 2542,01 кг\ч

16.Расход пара в период изотермической выдержки: 93,18 кг\ч

17.Удельный расход теплоты и пара за весь цикл тепловой обработки: 369643,75 кДж\м3 бетона

18.Площадь поперечного сечения паропроводов: 5,12 см2

19.Диаметр паропровода: 2,5 см

ь

20.Количество отверстий в перфорированных паропроводах, для подачи необходимого количества пара в установку: 197 шт.

ь

2. ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ТЕПЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Техника безопасности на предприятий сборного железобетона в целях обеспечения безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий труда следует руководствоваться действующими правилами техники безопасности и производственной санитарии, а так же правилами по техники безопасности, действующими в каждом данном ведомстве, в них приведены требования к предприятию в целом, отдельным его цехам, технологическим процессам, транспортным устройствам и вибрационному оборудованию, способствующие снижения уровня шума и улучшению санитарно-гигиенических условий труда, а так же регламентированы нормативы по естественному и искусственному освещению помещений, их отоплению и вентиляции.

Обеспечение здоровых и безопасных условий труда возлагается на администрацию предприятия. Администрация обязана внедрять современные средства техники безопасности, предупреждающие производственный травматизм, и обеспечивать санитарно-гигиенические условия, предотвращающие возникновение профессиональных заболеваний рабочих и служащих.

Администрация учреждения обязана проводить организационную работу по обеспечению безопасных и здоровых условий труда (планирование и финансирование различных мероприятий по охране труда, проведение инструктажа рабочих и служащих по технике безопасности -и производственной санитарии). В трудовом законодательстве особое внимание уделяется соблюдению требований охраны труда уже при проектировании и разработке новых предприятий, машин и технологических процессов.

В цехах, где по технологическим необходимостям на продолжительное время в помещениях открывают ворота и исключена возможность

устройства тамбуров и шлюзов, следует предусматривать устройство воздушных завес в следующих случаях:

а) у ворот помещений, открываемых не менее чем на 40 мин в смену, а также в зданиях, расположенных в районах с расчетной температурой воздуха -20 С и ниже;

б) когда недопустимо снижение температуры воздуха в помещениях по сравнению с указанной выше по технологическим или санитарно-гигиеническим условиям, вне зависимости от длительности открывания ворот и расчетной температуры наружного воздуха.

В производственных и вспомогательных зданиях независимо от степени загрязнения воздуха необходимо предусматривать естественную или принудительную вентиляцию. Для предотвращения загрязнения воздуха рабочих помещений вредными выделениями и их распространения следует выполнять следующие мероприятия:

оборудование, приборы, трубопроводы и другие источники значительного выделения конвекционного или лучистого тепла должны быть теплоизолированны;

оборудование и устройства, при эксплуатации которых происходит влаговыделение, следует надежно укрывать;

процесс со значительным выделением пыли должны быть изолированы и осуществляться без непосредственного участия в них людей; оборудования или его части, являющиеся источником выделения пыли должны быть укрыты и максимально герметизированы;

выделяющиеся из устройств технологические выбросы в виде пыли, поров и вредных газов перед выпуском в атмосферу должны быть подвергнуты эффективной очистке.

В формовочных цехах и других помещений, где используют вибрационные механизмы, особое внимание надо уделять

устранению воздействия вибрации на работающих и снижению уровня шума.

Во всех случаях, когда уровни шума и вибрации на рабочих местах превышают допустимые пределы, необходимо принимать меры к их уменьшению до нормируемых путем устройства звуковой и вибрационной изоляции помещений, рабочих мест и машин, использования средств индивидуальной защиты работающих:

а) установка виброплощадок и вибростолов на массивные фундаменты, изолированные от пола и по периметру упругими прокладками;

б) установка машин с вибрационными механизмами на пружинные или резиновые виброизоляторы;

в) изоляция пультов управления и смотрительных кабин от воздействия вибрационных механизмов;

д) обязательное крепление форм на виброплощадках и ударных столах;

е) укрытие виброплощадок акустическими кожухами и устройство звуко изоляционного укрытия для ударных столов и облицовка приемников звукопоглощающими материалами;

ь

ж) размещение источников шума в изолированных помещениях или закрытие рабочих постов с вибрационными механизмами шумозащитным кожухом;

з) своевременный профилактический осмотр, ремонт и наладка вибрационного оборудования.

В качестве средств индивидуально защиты от вибрации и шума необходимо использовать специальную обувь, на толстой подошве из губчатой резины, рукавицы с прокладкой пенопласта, противошумные наушники (антифоны).

На складах цемента и в бетоносмесительных цехах для пылеосаждения используют центробежные пылеосадители типа НИИОГАЗ, которые улавливают от 70 до 90% пыли. Окончательно воздух от пыли очищают матерчатыми фильтрами ФР-30, Ф^-60, ФР-90.

Для индивидуальной защиты работающих от высокой концентрации

пыли рекомендуются респираторы Ф-45, Ф-46, герметичные защитные очки и спецодежда из пыленепроницаемой ткани.

С целью обеспечения безопасных условий труда и предупреждения травматизма на основных технологических переделах необходимо соблюдать следующее требования:

ь

- при работе правильно-отрезных станков и станков для очистки и правки стержневой арматуры подключать их кожух к местной системе аспирации;

- при сварочных работах заземлять сварочные аппараты, изоляцию токопроводов, защищать глаза работающих очками и щитками со светофильтрами, укладывать резиновые коврики или деревянные решетки на рабочих местах, включать вытяжную вентиляцию у сварочных аппаратов и ограждать сварочные посты защитными экранами;

- при изготовлении бетонной смеси проводить периодический профилактический осмотр и ремонт системы вентиляции, следить за герметизацией кабин пультов управления смесителями и дозаторами, исправным состоянием системы сигнализации указателей уровня, сводообрушителей и других устройств автоматизации, ремонтировать смесители после изъятия предохранителей из электропроводки и установки сигнала, запрещающего включение машины;

- при натяжении арматуры электротермическим способом, укладывать и снимать нагретые стержни при выключенном токе, включать сигнальную лампу на время стержней, устраивать защитныекозырьки у опоров силовых форм;

- при формовании включать звуковую сигнализацию при пуске самоходных бетоноукладчиков или машины для распалубки кассет, осуществлять дистанционное управление формовочными машинами, включая и кассеты с виброизолированных площадок;

- при тепловой обработке следить за отсутствием утечки пара через неплотности в стенках камер, гидравлических затворах камер и трубопроводов, загружать и выгружать изделия из камер автоматическими траверсами, ограждать ходовые мостики между камерами твердения.

Для обеспечения выполнения противопожарных требований необходимо:

- соблюдать при размещении временных зданий и сооружений противопожарные резервы между ними во избежание переноса огня;

- обеспечивать возможность подъезда пожарной машины к любому объекту завода;

- использовать сети водоснабжения для огнетушения, для чего во всех сетях должны быть предусмотрены пункты пожарного водозабора;

- обеспечить все объекты первичными средствами огнетушения.

Во всех производственных, бытовых и административных помещениях на случай возникновения пожара должна быть обеспечена возможность безопасной эвакуации людей через эвакуационные выходы.

Тепловые установки на заводах строительных материалов и изделий являются агрегатами повышенной опасности, так как их работа связана с выделением теплоты, влаги, пыли, дымовых газов. Поэтому условия труда при эксплуатации таких установок строго регламентируются соответствующими правилами и инструкциями. Контроль за соблюдением правил и инструкций по охране труда и технике безопасности осуществляется органами государственного надзора и общественными организациями, которые и разрабатывают эти нормы.

Согласно действующим нормативам, в цехах, где размещаются тепловые установки, необходимо иметь: паспорт установленной формы с протоколами и актами испытаний, осмотров и ремонтов на каждую установку; рабочие чертежи находящегося оборудования и схемы размещения КИП; исполнительные схемы всех трубопроводов с нумерацией арматуры и электрооборудования; инструкции по эксплуатации и ремонту. В таких инструкциях должно быть краткое описание установок, порядок

их пуска, условия безопасной работы, порядок остановки, указаны меры предотвращения аварии. Кроме того, инструкции

должны содержать четкие указания о порядке допуска к ремонту установок, о мерах безопасного обслуживания и противопожарных мероприятиях.

На стадии проектирования предусматриваются нормы безопасной работы и эксплуатации тепловых установок. Каждая тепловая установка разрабатывается с таким расчетом, чтобы она создавала оптимальные условия ведения технологического процесса и безопасные условия труда. Для этого необходимо, чтобы поверхности установок были теплоизолированы и имели температуру не выше 40 °С.

Проектировать топки, сушила, печи, в которых используются продукты горения топлива, разрешается только на давление менее атмосферного (разрежение). Установки для тепловлажностной обработки проектируют с обязательной герметизацией. Эти установки оборудуют вентиляцией рабочего пространства, которая включается перед выгрузкой изделий и тем самым позволяет удалять пар из установки.

Оборудование тепловых установок проектируют с ограждением, а его включение в работу должно сопровождаться звуковой и световой сигнализацией. Площадки для обслуживания, находящиеся выше уровня пола, оборудуют прочным ограждением и сплошной обшивкой по нижнему контуру.

Отопление и вентиляция цехов, в которых устанавливают тепловые установки, необходимо рассчитывать с учетом выделения теплоты, испарения влаги и выделения пыли. Электрооборудование тепловых установок проектируют с заземлением. Все переносное освещение делают низковольтным.

Электрооборудование тепловых установок должно быть запроектировано с ограждением и заземлением.

Особое внимание при проектировании тепловых установок следует уделять очистке работающих теплоносителей от уносов пыли и мелких

частиц материала. Согласно нормативным указаниям, для тепловых установок следует проектировать специальные очистные устройства.

При эксплуатации тепловых установок в цехах, где они расположены, кроме соблюдения требований, упомянутых в общих положениях, обязательно должны быть вывешены на видном месте инструкции по правилам эксплуатации установок и охране труда. Весь обслуживающий персонал тепловых установок допускается к работе только после изучения, а также после обязательного документального оформления проверки его знаний.

Требования к охране труда при эксплуатации ямных пропарочных камер, пакетов, термоформ и кассет

ь

Крышки ямных пропарочных камер должны быть достаточно герметичны и оборудованы водяными затворами. На стенах ямных камер предусматривают скобы для спуска рабочих при ремонте и чистке. Каждую такую камеру оборудуют вентиляцией.

Туннельные и щелевые камеры снабжают блокировкой снижателей и подъемников для загрузки форм-вагонеток. Все камеры, пакеты и кассеты должны иметь герметичные системы подвода пара, оборудованные надежными вентилями. В цехах, где расположены камеры, кассеты, пакеты и другие установки, обязательно устраивают приточно-вытяжную вентиляцию.

Электрооборудование и электроприборы, размещенные в цехах, где производят тепловлажностную обработку, должны быть рассчитаны на работу во влажной среде. Электродвигатели должны иметь обязательное заземление.

В цехах, где расположены установки для тепловлажностной обработки, вывешивают инструкции по охране труда при обслуживании данных тепловых установок.

ь

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гершберг О.А. Технология бетонных и железобетонных изделий, Москва «Стройиздат» ,1971г.*
2. *Вознесенский А.А. Тепловые установки в производстве стройматериалов и изделий, Москва «Стройиздат» ,1964г.*
3. *Казакова О.С., Казаков П.В. Охрана труда и противопожарная безопасность на предприятиях ЖБИ, Москва «Высшая школа» 1980г.*
4. *Константопуло Г.С. Механическое оборудование заводов железобетонных изделий и теплоизоляционных материалов, Москва «Высшая школа» ,1988г.*
5. *Никифорова Н.М. Основы проектирования тепловых установок при производстве строительных материалов, Москва «Высшая школа» ,1974г.*
6. *Никифорова Н.М. Теплотехника и теплотехническое оборудование предприятий промышленности строительных материалов и изделий, Москва «Высшая школа» ,1981г.*
7. *Битюков В.К., Волчкевич Л.И., Голоденко Б.А. Автоматизация технологических процессов промышленных производств: учебное пособие. – Воронеж: ВГТА, 2007. – 212 с.*
8. *Сизов В.Н. Технология бетонных и железобетонных изделий, Москва «Высшая школа» ,1972г.*

ь

9. *Справочник по производству сборных железобетонных изделий под редакцией Скраттаева Б.Г. и Балатьева П.К.,Москва «Стройиздат» ,1965г.*
10. *Пере*
11. *СниП*
12. *СниП*
13. *ГОСТ*
14. *ГОСТ*
15. *СНиП*
16. *Охра*

Интернет ресурсы

1. *http://tehlib.com/storitel-ny-e-materialy/stal-ny-e-konstruktsii/tyazhelye-i-legkie-silikatnye-betony-yacheistye-silikatnye-betony/*
2. *http://stroy-spravka.ru/article/tekhnologiya-proizvodstva-izdelii-iz-silikatnykh-betonov*
3. *https://otherreferats.allbest.ru/construction/00458580_1.html*
4. *http://studentlib.com/chitat/kursovaya_rabota_teoriya-189006-proektirovanie_tehnologicheskoy_linii_po_proizvodstvu_izdeliy_iz_yaichnogo_betona_avtoklavnym_sposobom.html*
5. *https://beton-house.com/vidy/specialnye/silikatnyj-beton-1013*
6. *http://tehlib.com/storitel-ny-e-materialy/stal-ny-e-konstruktsii/tyazhelye-i-legkie-silikatnye-betony-yacheistye-silikatnye-betony/*
7. *https://www.bestreferat.ru/referat-146573.html*

ь

8. *http://docs.cntd.ru/document/gost-10037-83*
9. *http://docs.cntd.ru/document/1200000330*

ь