

ВВЕДЕНИЕ

Сборные бетонные и железобетонные изделия для жилых, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений составляют 90% общего объёма производства.

Сборные железобетонные изделия могут быть плоскостными, линейными, блочными и пространственными. К линейным относятся колонны, балки, сваи; к плоскостным – плиты перекрытий, панели стен и перегородок. К блочным – массивные изделия фундаментов, стен повалов; к пространственным – объёмные элементы санитарно-технических кабин, шахт лифтов, вентиляционные блоки, кольца колодцев.

С точки зрения процессов тепло-массопереноса и тепловой обработки в целом все изделия можно разделить на 3 группы.

Тела 1 группы (неограниченная пластина) – все изделия, у которых два любых измерения «бесконечно велики» по отношению к третьему, конечному. Характерный пример таких изделий: различные плиты и панели.

Тела 2 группы (неограниченный цилиндр) – все изделия, у которых одно измерение «бесконечно большое», а два других конечны. Характерный пример таких изделий : балки, колонны, ригели.

Тела 3 группы (шар) – изделия, у которых все три размера конечны. Характерный пример – кубы, массивные фундаменты и т.п..

Сборные железобетонные изделия изготавливаются на домостроительных комбинатах и заводах сборного железобетона. На ДСК обычно выпускаются комплекты изделий, необходимые для возведения зданий определённой типовой серии, на заводах железобетонных изделий – определённую номенклатуру изделий для гражданского, промышленного, сельскохозяйственного, гидротехнического и других видов строительства.

Проектирование новых, реконструкция и модернизация действующих заводов по производству железобетонных изделий требуют выбора ресурсо- и энергосберегающих технологий с целью наиболее полного использования потенциальных возможностей этих материалов и сокращения расходов на единицу продукции.

Основные направления технического прогресса в этой области: ускорение твердения бетона, уменьшение расхода цемента, снижение энергозатрат, повышение долговечности конструкций, увеличение оборачиваемости форм, использование добавок в бетон,

автоматизация технологических процессов, внедрение вычислительной техники, роботов и манипуляторов.

Наиболее распространённым приёмом ускорения технологических процессов и сокращения сроков изготовления ж/б изделий является тепловая обработка, занимающая около 80 % технологического цикла и потребляющая около 75 % энергоресурсов. Сокращение любого из данных показателей позволит значительно повысить эффективность технологии. Физические, химические изменения, тепло-массо перенос, структурообразование и деструкция происходят во время тепловой обработки. Все эти изменения оказывают влияние на формирование прочностных и деформативных свойств изделия. Результат этого воздействия зависит от конструктивных особенностей установок, вида теплоносителя, организации его движения и других факторов.

В данном проекте используя теоретические основы термодинамики и теплопереноса, будет разработана технология тепловой обработки данного изделия, определено устройство для её осуществления и тепловой расчёт данного устройства.

1. ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

По стандовой технологии изделия формуются и твердеют в стационарном положении, на стенде или установке без перемещения. А все необходимые материалы или формующее оборудование подаются к станду. При этом требуются большие производственные площади, усложняется использование механизации и автоматизации, трудоёмкость повышается. Несмотря на это стандовая технология единственно целесообразна для изготовления крупногабаритных тяжёлых изделий и конструкций - колонн, балок, ферм длиной 12м и более.

Формование длинномерных линейных конструкций с напряжённым армированием может осуществляться на длинных стандах (длиной 36 и более метров), а также на коротких стандах, рассчитанных по длине на одно изделие, а по ширине обычно на два. Первые обычно широко используются для изготовления элементов с любой напрягаемой арматурой, а вторые – при производстве изделий с прядевой и проволочной арматурой.

Различают станды для формования изделий и конструкций в горизонтальном либо в вертикальном (рабочем) положении. Различают также станды универсальные, рассчитанные на изготовление различных видов изделий в зависимости от парка форм на

заводе, и стенды специализированные, рассчитанные на выпуск определённого сортамента близких по типу и размерам изделий. Разновидностью коротких специализированных стендов являются силовые формы, которые могут быть также и перемещаемыми. Конструкция их отличается от обычных форм повышенной жесткостью, поскольку все усилия от натяжения арматуры воспринимаются формой, и её деформации при этом не должны превосходить допускаемые нормы.

В состав технологических линий стендов входят железобетонные рабочие полосы с упорами для восприятия усилий от натяжения арматуры, механизмы для её протягивания вдоль стенда, бухтодержатели и приспособления для натяжения арматуры, бетоноукладчик, оборудование и приборы для тепловой обработки изделий.

Элементы изготавливают в неподвижной или скользящей опалубке, входящей в формовочный агрегат безопалубочного формования. Натяжение арматуры на стендах осуществляется механическим или электрическим способом. Смесь уплотняют вибраторами бетоноукладчика. Укладывать бетон начинают после натяжения арматуры и установки закладных деталей.

При формовании изделий в вертикальном положении (двускатные балки), используют 2 типа форм: с откидными бортами, шарнирно прикрепленными к поддону, и со сменными переставными бортами. Торцы форм крепят к бортам, которые имеют отверстия для пропуска арматуры.

Бетонную смесь укладывают после натяжения проволочных пакетов напрягаемой арматуры и закладных деталей, сборки форм. Бетонную смесь доставляют к стендам по бетоновозной эстакаде, перегружают в бункер бетоноукладчика, который снабжен устройствами облегчающими распределение бетонной смеси в форме.

2. ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ВЫБОР И РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДСТВА

Тепловлажностная обработка является одним из наиболее длительных и ответственных процессов. Режимы тепловой обработки зависят от вида вяжущего, способа формования, типа заполнителя, геометрических размеров конструкции, В/Ц и ряда других факторов. Сущность её состоит в том, что при повышении температуры среды до 80- 100°C, скорость реакции гидратации значительно увеличивается. Поэтому

изделие в более короткий срок приобретает механическую прочность, допускающую его транспортировку и монтаж.

В производстве сборного железобетона применяются весьма разнообразные установки для тепловлажностной обработки. При стендовой технологии производства используются специальные ямные камеры, заглубленные в землю и укрытые сверху. При такой конструкции необходима хорошая теплоизоляция ограждений – главным образом крышек и тщательная герметизация. Для этого в местах примыкания крышки к стенкам камеры, устанавливают гидравлический затвор, наполняемый водой жёлоб в верхней части стенок камеры, куда входит гребень нижней поверхности крышки.

Камера разделена на секции : каждая секция в плане на одно изделие, а по высоте – на несколько рядов изделий. Пар в камеры подаётся кольцевыми паропроводами, укладываемыми у пола. Камеру для отсасывания из них паровоздушной смеси (после каждого цикла пропаривания), и регулирования этим интенсивности остывания изделий, образует принудительная вытяжная вентиляция.

Загружать отформованные изделия в камеры следует так, что бы при максимально возможном их заполнении, обеспечить обтекание изделий паром со всех сторон. Расстояние от пола камеры до днища форм должно быть не менее 15 мм, а между их рядом и потолком – не более 5 см.

Загрузку и разгрузку ямных камер рационально делать с помощью автоматического захвата – траверсы с централизованным управлением четырьмя захватывающими рычагами, осуществляемым простым механизмом фиксации.

Захват при подъёме форм автоматически захватывает её за борта и отпускает её при установке на дно камеры, а при повторном подъёме уже не захватывает.

Ямные камеры удобны в эксплуатации, имеют хороший коэффициент использования ёмкости и малые теплопотери, но в них трудно создать равномерную температуру по всему объёму и пространству, поэтому необходимо на каждом этапе пропаривания увеличивать температуру.

Подаваемый в камеру снизу острый пар, смешивается с содержащимся в неё воздухом, образуя паровоздушную смесь, которая поднимается вверх, конденсируется на всех открытых поверхностях, отдавая тепло. Отработавший теплоноситель отводится в виде конденсата из нижней части камеры.

Режимы тепловлажностной обработки характеризуются различной длительностью отдельных стадий процесса пропаривания и температурой изотермического прогрева. С режимом ТВО бетона тесно связаны его строительные-эксплуатационные свойства, расход цемента и энергии.

Общий цикл пропаривания – складывается из времени от момента окончания формирования изделия до подъема его температуры в камере (предварительная выдержка), времени подъема температуры среды в камере, изотермического прогрева (выдерживание при наивысшей начальной температуре), и времени охлаждения.

Основной стадией ТВО при которой идет интенсивный набор прочности, является изотермический прогрев, оптимальная температура прогрева 80 – 85°C (для бетона на портландцементе) и 90-95 °C (для бетонов на шлакопортландцементе).

Предварительное выдерживание изделий до начала тепловой обработки, позволяет бетону сформировать начальную структурную прочность, необходимую для восприятия им теплового воздействия.

Режим твердения выражается суммой отдельных периодов в часах.

Несмотря на разнообразие режимов тепловой обработки все они имеют следующие периоды - нагрев изделия, изотермическое выдерживание и охлаждение, т.е. общее время тепловой обработки.

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_n + \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{из}} + \tau_{\text{охл}}$$

где: τ_n - время предварительной выдержки изделий, ч;

$\tau_{\text{н}}$ - время нагревания изделий, ч;

$\tau_{\text{из}}$ - время изотермического выдерживания (постоянной скорости сушки), ч;

$\tau_{\text{охл}}$ - время охлаждения изделий, ч.

Продолжительность первого периода - нагрева изделий - необходимо рассчитать, ибо в этом периоде материал имеет относительно малую прочность и под действием возникающих при нагреве температурного градиента и градиента влагосодержания может разрушаться.

Время охлаждения изделий в камере без внешнего теплового воздействия принимается два часа. При принудительном охлаждении время этого периода может быть уменьшено.

В данном курсовом проекте в соответствии с требованиями ТКП 45-5.03-13-2005 ИЗДЕЛИЯ БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ СБОРНЫЕ Правила тепловлажностной обработки принимаем следующий ориентировочный режим тепловой обработки :

τ_n - время предварительной выдержки изделий – 2 ч;

τ_H - время нагревания изделий - 3 ч;

$\tau_{из}$ - время изотермического выдерживания -3 ч;

$\tau_{охл}$ - время охлаждения изделий -2, ч.

Характеристики производства:

При агрегатно-поточной схеме организации производства и в соответствии с нормами технологического-проектирования принимаем ритм производственного процесса 20 минут.

Количество изделий в форме -1 штука.

Количество изделий в камере 5 штук.

Производительность линии:

в час

в смену

в сутки

в год

Характеристики изделия:

Размеры

Масса

Масса бетона

Масса арматуры

Состав бетона:

Количество камер ТВО необходимых для обеспечения технологического процесса:

3. РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ УСТАНОВКИ

От правильно выбранной ограждающей конструкции тепловой установки зависит качество тепловой обработки, эффективность её проведения, стоимость изготовленной конструкции.

Основные требования к расчету и устройству теплоизоляции ограждающих конструкций тепловых установок согласно ТКП 45-5.03-13-2005

С целью сокращения расхода тепловой энергии при тепловой обработке изделий в камерах и установках периодического действия рекомендуется применять термосные (без стадии изотермического прогрева) режимы выдерживания изделий, которые возможны при осуществлении надежной теп-ло- и влагоизоляции ограждающих конструкций камер. Скорость остывания среды в таких камерах в период снижения температуры изделий составляет 3–10 °С/ч.

В качестве элементов ограждающих конструкций камер с повышенным термическим сопротивлением следует применять конструкции из легкого керамзитобетона, защищенного от увлажнения слоем пароизоляции; сборного или монолитного тяжелого бетона с экранной теплоизоляцией с внутренней стороны камер; слоистых элементов с теплоизоляционным слоем, паро- и гидрозащитными устройствами. При этом коэффициент полезного использования тепла должен быть для керамзито-бетонных ограждающих конструкций не менее 0,55 и для теплоизолированных ограждающих конструкций — не менее 0,70.

Теплозащитные свойства днищ камер следует повышать путем устройства теплоизоляции из материалов с повышенными механическими свойствами (пеностекла и др.) и с применением слоистых конструкций с воздушной прослойкой (с ребристыми и плоскими железобетонными плитами).

Крышки камер должны иметь металлический каркас и теплоизоляционный слой, защищенный с двух сторон металлическими листами.

Гидравлические затворы камер рекомендуется выполнять из швеллера с высотой полки 150 мм, но не менее 100 мм. Для камер длиной более 10 м, камер, расположенных в один ряд, или при наличии в блоке более четырех камер гидравлический затвор следует выполнять индивидуально для каждой камеры.

Снижение расхода тепловой энергии в теплоизолированных камерах в полном объеме может быть обеспечено применением систем автоматического регулирования

подачи расчетного количества пара или установкой дроссельных диафрагм со своевременным прекращением подачи пара.

Для регулирования процесса тепловой обработки изделий в камерах могут применяться любые проверенные в производственных условиях автоматизированные системы, обеспечивающие снижение расхода тепловой энергии на 15 %–25 % по сравнению с аналогичными тепловыми установками, режим тепловой обработки в которых поддерживается вручную.

Расчет термического сопротивления ограждающих конструкций камер тепловой обработки, а также разработку и осуществление конструктивных решений теплоизолированных камер следует производить по СНБ 2.04.01.

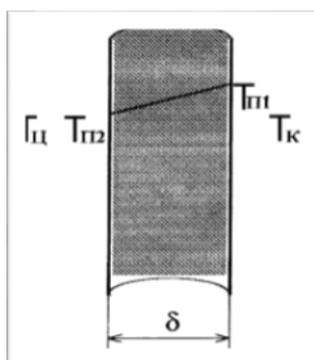
Принимаем экономически целесообразное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций камеры тепловой обработки на уровне $1,5 \text{ м}^2\text{С/Вт}$

Принимаем ограждающую конструкцию камеры ТВО из керамзитобетона ($\lambda = 0,2 \text{ Вт/м}^0\text{С}$ при плотности 800 кг/м^3) и рассчитываем её необходимую толщину:

$$\delta = 1,5 * 0,2 = 0,3 \text{ м};$$

Для расчёта используем метод последовательных приближений.

Исходные данные: стенка камеры керамзитобетонная,



$T_{ц} = 16 \text{ }^{\circ}\text{С}$ (температура в цехе), $T_{к} = 85 \text{ }^{\circ}\text{С}$ – температура в камере $^{\circ}\text{С}$

$T_{п2}$ - менее $40 \text{ }^{\circ}\text{С}$ (температура поверхности тепловой установки);

Коэффициент теплопередачи равен :

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^i \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{нар}}}$$

где: $\alpha_{\text{вн}}$ - коэффициент теплоотдачи от среды в установке к внутренней поверхности ограждения камеры, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\alpha_{\text{вн}} = \infty$

$\alpha_{\text{нар}}$ - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждения в окружающую среду, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\alpha_{\text{нар}} = 9 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \ll \sum_{i=1}^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}$$

поэтому $T_{\text{вн}} \approx T_{\text{к}}$

отсюда:
$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}}}} = \frac{1}{\frac{0,3}{0,47} + \frac{1}{9}} = 1,33$$

где:
$$\alpha_{\text{нар}} = \alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}$$

$\alpha_{\text{л}}$ - коэффициент теплоотдачи при лучистом потоке, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$\alpha_{\text{к}}$ - коэффициент теплоотдачи при конвективном потоке, $\text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Задаёмся произвольным $\alpha'_{\text{нар}}$ (6...10) и при этом значении рассчитываем температуру наружной поверхности камеры:

$$T_{\text{нар}} = \frac{K}{\alpha'_{\text{нар}}} (T_{\text{вн}} - T_{\text{ц}}) + T_{\text{ц}} = \frac{1,33}{9} (85 - 16) + 16 = 26,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для полученной температуры определяем $\alpha_{\text{л}}$ и $\alpha_{\text{к}}$ и сравниваем с принятым значением.

$$\alpha_{\text{л}} = \frac{q_{\text{л}}}{T_{\text{нар}} + T_{\text{ц}}}$$

$$q_{\text{л}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot c_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{п2}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ц}}}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 0,97 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{26,2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{16 + 273}{100} \right)^4 \right] = 57 \text{ Вт/м}^2$$

$\alpha_{\text{к}}$ - определяем из критериального уравнения :

$$\text{Nu} = c(\text{Gr} \times \text{Pr})^n$$

где: $\text{Nu} = \frac{\alpha_{\text{к}} \cdot x}{\lambda}$ - критерий Нуссельта;

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{x} = \frac{c \cdot (\text{Gr} \cdot \text{Pr})^n \cdot \lambda}{x}$$

x - линейный размер тела по направлению потока среды (теплоносителя), м;
 λ - коэффициент теплопроводности среды, омывающей наружную поверхность ограждения, Вт/м⁰С;

c и n - коэффициенты, зависящие от произведения $Gr Pr$;

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot x^3}{T_{ж} \cdot \nu^2} - \text{критерий Грасгофа};$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

ΔT - разность температуры между поверхностью тела и окружающей средой ($T_{п}$ - $T_{ж}$ - при охлаждении тела, $T_{ж}$ - $T_{п}$ при нагревании тела);

$T_{п}$ - температура поверхности тела, °С;

$T_{ж}$ - температура окружающей среды, °С;

ν - коэффициент кинематической вязкости, м²/с;

$Pr = \nu/a$ - критерий Прандтля

$$Gr = \frac{9,81 \cdot 10,2 \cdot 0,3^3}{(273 + 26,2) \cdot (15,645^{-6})^2} = 36983699,27$$

$$Pr = 0,702$$

$$Gr Pr = 25953481,09 \quad c = 0,135 \quad n = 1/3$$

$$Nu = c(Gr \times Pr)^n = 0,135 \cdot (25953481,09)^{0,33} = 40$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{x} = \frac{c \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot \lambda}{x} = \frac{0,135 \cdot (25953481,09)^{0,33} \cdot 2,68^{-2}}{0,3} = 3,57 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°С}}$$

$$\alpha_{л} = \frac{\varepsilon_{пр} \cdot c_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{п2}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{п1}}{100} \right)^4 \right]}{t_{нар} - t_0} =$$

$$= \frac{0,97 \cdot 5,67 \cdot \left[\left(\frac{26,2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{16 + 273}{100} \right)^4 \right]}{26,2 - 16} = 4,51 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°С}}$$

$$\alpha''_{нар} = \alpha_{л} + \alpha_k = 3,57 + 4,51 = 8,08 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{°С}}$$

Т.к. разность между рассчитанным и принятым значениями $\alpha_{нар}$ равна 0,92, что меньше 1 то далее принимаем значения, полученные в последнем расчёте ($T_{нар} = 26,2^\circ\text{С}$, $K = 1,33 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$). Средняя температура керамзитобетона $55,6^\circ\text{С}$.

Для многослойных стенок необходимо рассчитать температуры в местах соединения слоев и средние температуры материалов в стене.