# Содержание

Введение

1. Характеристика материалов (с расчетом состава бетона) и габаритные размеры изделий

1.1 Материалы для бетона

1.2 Подбор состава бетона

1.3 Габаритные размеры изделий

2. Описание технологического процесса изготовления изделий

3. Выбор и обоснование режима ТВО

4. Определение габаритных размеров и требуемого количества тепловых агрегатов

5. Описание конструкции установки и порядок ее работы

6. Теплотехнический расчет

6.1 Расчет теплоты для нагрева изделий определяем по формуле

6.2 Расчет теплоты для нагрева форм

6.3 Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции установки

6.4 Теплота экзотермических реакций гидратации цемента

7. Определение удельных часовых расходов теплоты и теплоносителя

8. Расчет системы теплоснабжения

9. Методы контроля расхода пара дифманометром

10. Охрана труда и техника безопасности

Литература

# Введение

Тепловую обработку строительных материалов и изделий целесообразно рассматривать в двух аспектах. С одной стороны следует проанализировать пути превращения сырьевых материалов и готовую продукцию или полуфабрикат в процессе тепловой обработки. Эта задача сугубо технологическая. С другой стороны необходимо рассмотреть работу тепловых установок (пропарочных, сушильных, обжиговых), которая определяется законами теплотехники.

При тепловой обработке в материалах и изделиях происходят физико-химические превращения, формируется структура, идут процессы тепло и массопереноса, возникает напряженное состояние. Взаимозависимость и сложность этих явлений предопределили на начальных этапах эмпирический характер развития данной отрасли науки. Постепенно накапливались экспериментальные данные об этих явлениях, причем из-за их сложности в основном изучалась динамика качественных изменений отдельных процессов.

Результаты исследований с использованием законов физики, химии и прикладных наук позволили создать предпосылки для математического описания процессов с целью создания теоретических основ, без которых невозможно определить пути оптимизации тепловой обработки. Создание прогрессивных технологий с минимальными затратами материальных и энергетических средств — одна из главных задач всех отраслей народного хозяйства, в том числе и строительной индустрии, к которой относится и производство строительных материалов и изделий. Одной из основных составных частей технологии строительной индустрии является тепловая обработка, на которую затрачивается около 30 % стоимости производства строительных материалов и изделии. Кроме того, тепловая обработка потребляет около 80 % от расходуемых на весь производственный цикл топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, создание экономичных тепловых процессов, позволяющих получать изделия отличного качества с минимальными затратами топлива и электроэнергии, даст возможность существенно уменьшить капиталовложения в сферу строительства. Для создания таких тепловых процессов необходимы глубокие знания в области тепловой обработки строительных материалов и изделии, устройства тепловых установок, их конструирования и эксплуатации.

Рассматривая в целом процессы, проходящие в материалах и изделиях при тепловой обработке, необходимо помнить, что они являются следствием процессов, проходящих в тепловых установках. Изучение этой достаточно сложной взаимосвязи, порой еще мало исследованной, является главной задачей, которую приходится решать нашим ученым.

Первые попытки проанализировать работу тепловых установок были сделаны еще М. В. Ломоносовым и успешно продолжены В.Е. Грум-Гржимайло, который создал научную теорию, объясняющую работу печей и сушил. Д.И. Менделеев предложил формулу для определения теплотворной способности топлива.

Наука о процессах, проходящих в материалах при тепловой обработке, начала развиваться значительно позднее. Например, положения о кинетике процесса сушки были выдвинуты в 20-х годах П.С. Косовичем и А.В. Лебедевым применительно к испарению влаги из почвы. Представления о формах свели влагу с материалом, определяющие сушку, были впервые сформулированы акад. П.А. Ре-Линдером. Проф. Л.К. Рамзнн также впервые и 1918 г. предложил 1 – d – диаграмму влажного воздуха и создал методику расчета сушильных установок.

Большое значение для развития науки о сушильных процессах имели работы А.П. Ворошилова, М.И. Лурье, М.Ф. Казанского, П.Г. Ромапкова и А.В. Лыкова. Процессы, проходящие в материалах при обжиге, описаны в трудах Д.С. Беляпкина, П.П. Будникова, К.А. Нохратяна, О.П. Мчедлова-Петросяна н ряда других ученых. Эта область науки является пока еще наименее изученной.

Большое значение для производства сборного бетона и железобетона имеют исследования, связанные с тспловлажностной его обработкой, получившие широкое развитие в 50-е годы. Ряд основных положений об этих процессах сформулированы были несколько ранее А.В. Волженским и П.И. Боженовым, первым применительно к тепловой обработке силикатного, а вторым — автоклавного бетонов. С дальнейшим развитием представлений о процессах, проходящих при тепловлажностной обработке связаны труды С.А. Миронова, Л.А. Малининой, А.Д. Дмитровнча, И.Б. Заседателева, Н.Б. Марьямова и других ученых.

Накопленные знания о взаимосвязи тепловых процессов, проходящих в установках, с развивающимися в материалах, обширный экспериментальный материал, обобщенный на основе законов физики, химии и математики, создают основу для перехода к созданию моделей этих взаимосвязанных процессов и, следовательно, к решению конкретных задач по оптимизации тепловой обработки.

При производстве строительных изделий, деталей и материалов почти во всех случаях для перевода сырья в новое качество — готовую продукцию — применяют тепловую обработку. В большинстве случаев тепловая обработка дает возможность придать сырью новые, качественно отличные свойства, необходимые в строительстве. Такой процесс происходит за счет физических и физико-химических превращений в обрабатываемом материале, течение которых зависит от воздействия тепла.

Для теплового воздействия материал помещают в установку, которую в общем случае называют тепловой установкой. Различные физические и физико-химические превращения в материале требуют различного теплового воздействия. Поэтому в каждой тепловой установке создают свой необходимый для обработки продукции тепловой режим. Под тепловым режимом понимают совокупность условий теплового и массообменного воздействия на материал, как-то: изменение температуры среды, скорость течения газов или жидкости, омывающих материал, концентрацию газов, их давление. Следовательно, тепловые режимы представляют собой совокупность тепловых, массообменных и гидродинамических процессов, происходящих в тепловой установке.

Тепловой режим установки будет воздействовать на сырье и за счет физических и физико-химических превращений в нем оно превратится в готовую продукцию. Очевидно, изучая данную дисциплину, необходимо выяснить, как различные тепловые режимы воздействуют на разные материалы, какие процессы происходят в материалах при тепловой обработке, а также научиться определять наиболее эффективные режимы.

#

# 1. Характеристика материалов (с расчетом состава бетона) и габаритные размеры изделий

##

## 1.1 Материалы для бетона

Керамзит - это экологически чистый утеплитель. В переводе с греческого языка на русский "керамзит" переводится как "обожженная глина". Он представляет собой легкий пористый материал, получаемый при ускоренном обжиге легкоплавких глин.

По внешнему виду керамзит напоминает гравий, то есть представляет собой гранулы преимущественно округлой или овальной формы различного размера, поэтому часто его называют керамзитовый гравий. В технологическом процессе изготовления керамзита наблюдаются два явления: при резком тепловом ударе, подготовленной специальным образом глины, она вспучивается, чем достигается высокая пористость материала, а внешняя поверхность быстро оплавляется, что придает материалу достаточно высокую прочность и устойчивость к внешним воздействиям и создает почти герметичную оболочку. Поэтому качество керамзита во многом определяется точностью исполнения технологического процесса.

В зависимости от режима обработки глины можно получить керамзит различной насыпной плотности (объемным весом) - от 200 до 400 кг/куб. м. и выше. Чем ниже плотность вещества, тем он более пористый, а значит, обладает более высокими теплоизоляционными свойствами. Но тем сложнее при производстве получить необходимую прочность. Материал также характеризуется величиной керамзитовых гранул, которая колеблется от 2 до 40 мм, и в зависимости от их размера подразделяется на фракции, например 5-10 мм или 10-20 мм. Основываясь на размерах, продукцию делят на керамзитовые гравий, щебень и песок.

Гравий - это частицы округлой формы диаметром 5 - 40 мм, получаемые вспучиванием легкоплавких глин. Он морозоустойчив, огнестоек, не впитывает воду и не содержит вредных примесей. Керамзитовый щебень - это наполнитель произвольной формы (преимущественно угловатой) с размерами частиц 5 - 40 мм. Он получается путем дробления кусков вспученной массы керамзита.

Таким образом, керамзит - это уникальный керамический пористый гравий, который обладает следующими свойствами:

- легкость и высокая прочность;

- отличная тепло и звукоизоляция;

- огнеупорность, влаго- и морозоустойчивость;

- кислотоустойчивость, химическая инертность;

- долговечность;

- экологически чистый натуральный материал;

- высокое отношение качество/цена.

Анализ теплоизоляционных и механических свойств керамзита позволяет использовать этот материал на российском и зарубежном рынке для теплоизоляции крыш, полов и стен, фундаментов и подвалов. Установлено, что рациональное использование керамзита в качестве теплоизолирующего материала при строительстве обеспечивает сокращение теплопотерь более чем на 75 %.

Необходимо особенно отметить такое важное свойство керамзита как экологическая чистота материала. Ведь состав керамзита - это только глина и ничего более. Таким образом, керамзит - абсолютно безопасный, природный материал.

Таблица 1.1

Технические характеристики

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Показатели | Гравий керамзитовый |
| Технические требования | Достигнутые показатели |
| 8/20 мм | 4/10 мм |
| 1 | Марка по насыпной плотности (насыпная плотность), кг/мі | M350М400 | 320 – 340360 – 370 | 330 – 350360 – 370 |
| 2 | Марка по прочности (прочность), МПа | П50 (М350)П50 (М400) | 1,2-1,3 П501,6-1,7 П75 | 1,3-1,4 П501,6-1,7 П75 |
| 3 | Зерновой состав, % по массе | 85 < d < 100D < 102D не допускается | D от 8 до 10 |
| 4 | Морозостойкость 15 циклов (F15), потеря массы гравия, % | 8 | 1,35 | 1,6 |
| 5 | Содержание водорастворимых сернистых и серно- кислых соединений в пересчете на SO3, % | 1 | 0,04 | 0,04 |
| 6 | Потеря массы гравия при кипячении, % | 5 | 1-3 | 0,3-0,7 |
| 7 | Радиационное качество, Аэфф., Бк/кг | I класс материала |
| < 370 | 281 | 241 |
| 8 | Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С | От 0,10 до 0,12 |

Вода для затворения бетонной смеси должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

Рекомендуется применять питьевую воду. Можно использовать технические оборотные и природные минерализованные воды с допустимым содержанием примесей.

Количество солей, ионов ,, взвешенных частиц не должно превышать значений, приведенных в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Допустимое содержание примесей в воде

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Назначение бетонов | Растворимые соли | Ионы | Взвешенные частицы |
|  |  |
| Для напряженных железобетонных конструкций, а также бетоны на глиноземистом цементе | 2000 | 600 | 350 | 200 |
| Для конструкций с напрягаемой арматурой, в том числе для водосбросных сооружений и зоны переменного уровня воды массивных сооружений | 5000 | 2700 | 1200 | 200 |
| Для неармированных конструкций, к которым не предъявляются требования по ограничению образования высолов | 10000 | 2700 | 3500 | 300 |

Водородный показатель рН воды должен быть не менее 4 и не более 12,5.

Допускается не более 10 мг/л органических поверхностноактивных веществ, сахаров, фенолов.

Для улучшения свойств бетонной смеси, затвердевшего бетона, ускорения твердения бетона, замедления или ускорения сроков схватывания вводятся химические добавки, применение которых регламентируется.

## 1.2 Подбор состава бетона

Различают номинальный лабораторный состав бетона, рассчитанный для сухих материалов, и производственно-полевой — для материалов в естественно-влажном состоянии. Лабораторный состав бетона определяют расчетно-экспериментальным методом, для чего вначале рассчитывают ориентировочный состав бетона, а затем уточняют его по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

**Исходные данные:**

Керамзитовый бетон М250;

Фракция 10-20мм;

ОК=1-4 см;

Песок: сН=1450 кг/м3; сИ=2450 кг/м3;

Цемент: сН=1100 кг/м3; сИ=3100 кг/м3;

Керамзит: сН=600 кг/м3; сИ=1100 кг/м3;

Rц=40 МПа; Rb=19,3 МПа; Мк=2 мм.

Расчет состава керамзитобетона выполняют в такой последовательности:

вычисляют водоцементное отношение, расход воды, расход цемента, определяют расходы крупного и мелкого заполнителя на 1м3 бетонной смеси

1. Определим водоцементное отношение В/Ц – отношение массы воды к массе цемента из условий получения требуемого класса бетона в зависимости от активности цемента и качества материалов по формуле:

 (1)

где А1 и А2 – коэффициенты, учитывающие качество материалов, которые принимаются по таблице 4;

Rb – предел прочности бетона на сжатие, МПа (кгс/см2);

Rц – активность цемента, МПа (кгс/см2).

Таблица 1.3

Значения коэффициентов, учитывающих качество материалов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика материалов для бетона | А1 | А2 |
| ВысококачественныеРядовые Пониженного качества | 0,650,60 0,55 | 0,430,40 0,37 |
| Примечанияа) К высококачественным материалам относят: портландцемент высокой активности с минимально допустимым количеством гидравлической добавки, щебень из плотных пород, песок плотный повышенной крупности, крупный и средней крупности. Заполнители должны быть не загрязненными, оптимального зернового состава.б) К рядовым материалам относят: портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент, заполнители среднего качества, в том числе гравий.в) К материалам пониженного качества относят: цементы низкой активности, непрочные крупные заполнители, мелкие пески |

Рассчитаем водоцементное отношение по формуле (1).

2 Определим расход воды В, кг/м3, в зависимости от удобоукладываемости бетонной смеси, вида и крупности заполнителя ориентировочно по таблице 2.4.

Таблица 1.4

Водопотребность бетоннойсмеси

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марки по удобоукла-дываемости | Подви-жностьОК, см | Жест-кость**,** Жс. | Расход воды, кг/м3,при крупности, мм |
| гравия | щебня |
| 10 | 20 | 40 | 70 | 10 | 20 | 40 | 70 |
| Ж4 | – | 31 и | 150 | 135 | 125 | 120 | 160 | 150 | 135 | 130 |
|  |  | более |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ж3 | – | 21-30 | 160 | 145 | 130 | 125 | 170 | 160 | 145 | 140 |
| Ж2 | – | 11-20 | 165 | 150 | 135 | 130 | 175 | 165 | 150 | 145 |
| Ж1 |  | 5-10 | 175 | 160 | 145 | 140 | 185 | 175 | 160 | 155 |
| П1 | 1-4 | 4 и ме- | 190 | 175 | 160 | 155 | 200 | 190 | 175 | 170 |
| П2 | 5-9 | нее | 200 | 185 | 170 | 165 | 210 | 200 | 185 | 180 |
| ПЗ | 10-15 | – | 215 | 205 | 190 | 180 | 225 | 215 | 200 | 190 |
| П4 | 16 и | – | 225 | 220 | 205 | 195 | 235 | 230 | 215 | 205 |
|  | более |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Примечанияа Значения водопотребности приведены для бетонной смеси на портландцементе с нормальной густотой цементного теста 26-28 % и песке с Мк = 2.б На каждый процент повышения нормальной густоты цементного теста расход воды увеличивается на 3-5 кг/м3 при уменьшении НГЦТ - уменьшается на 3-5 кг/м3.в Увеличение модуля крупности песка на каждые 0,5 вызывает необходимость уменьшения расхода воды на 3-5 кг/м3, уменьшение - повышения расхода воды на 3-5 кг/м3 |

Согласно таблице 1.4, водопотребность для бетонной смеси с нормальной густотой цементного теста 26-28%, песком с модулем крупности Мк=2 и щебнем фракцией 10 – 20 составит В = 175+5=180 л.

3 Определим расход цемента Ц ,кг/м3, по известному В/Ц и водопотребности бетонной смеси:

Ц = В/(В/Ц)=180/0,77=234 кг

где В – расход воды, кг/м3;

В/Ц - отношение массы воды к массе цемента.

4 Определим расход крупного заполнителя Щ, кг/м3, по формуле

446 кг,

где а – коэффициент раздвижки зерен щебня, который принимается по таблице 2.5;

Vпуст – пустотность щебня в рыхлонасыпанном состоянии, подставляется в формулу в виде коэффициента;

– насыпная плотность щебня, кг/м3;

– средняя плотность зерен щебня, кг/м3;

Таблица 1.5

Коэффициенты раздвижки зерен для пластичных бетонных смесей на песке с Вп = 7 %



|  |  |
| --- | --- |
| Расход цемента, кг/м3 | Водоцементное отношение |
| 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 |
| 250 | - | - | - | 1,26 | 1,32 | 1.38 |
| 300 | - | - | 1,30 | 1,36 | 1,42 | - |
| 350 | - | 1,32 | 1,38 | 1,44 | - | - |
| 400 | 1,31 | 1,40 | 1,46 | - | - | - |
| 500 | 144 | 1,52 | 1,56 | - | - | - |
| 600 | 1,52 | 1,56 | - | - | - | - |

Примечания

а При других значениях В/Ц коэффициент а находят интерполяцией.

б При применении крупного песка с Вп < 7 % коэффициент а увеличивается на 0,03 на каждый процент увеличения Вп. При использовании мелкого песка с Вп > 7 % коэффициент а уменьшают на 0,03 на каждый процент увеличения Вп.

в Для жестких бетонных смесей при расходе цемента менее 400 кг/м3 коэффициент а принимают 1,05-1,15, в среднем 1,1.

5 Определим расход песка П, кг/м3, по формуле

 кг

где Ц, В, Щ – расход цемента, воды щебня в килограммах на 1м3 бетонной смеси;

сц, св, сп – истинная плотность цемента, воды, песка, кг/м3;

– средняя плотность зерен щебня, кг/м3.

6 Определим теоретическую среднюю плотность бетонной смеси.

Определив расход всех компонентов (воды, цемента, крупного и мелкого заполнителя) на 1м3 бетонной смеси, вычисляем её расчетную среднюю плотность по формуле.

 кг/м3.


##

## 1.3 Габаритные размеры изделий

Рисунок 1 – Внутренняя стеновая панель

Vбет=1,82 м3,

mбет=3076кг.


#

# 2. Описание технологического процесса изготовления изделий

При формовании на кассетной установке с применением вибрации арматурного каркаса или виброгребенки, бетонную смесь следует равномерно распределить по всей длине формовочного отсека. При этом обеспечиваются лучшие условия для выхода защемленного в ней воздуха. Бетонную смесь необходимо подавать в формовочные отсеки небольшими порциями, в результате чего достигается минимальное вовлечение воздуха в формуемое изделие.

Под действием вибрации бетонная смесь ведет себя как вязкая жидкость и создает давление, передающееся на стенки. Чем интенсивнее вибрация, тем больше это давление.

Если же бетонная смесь подвергается слабой вибрации или вибрируется не весь ее объем (как это происходит при вибрации через арматурный каркас), то боковое давление бетонных смесей будет значительно меньше.

Увеличение времени вибрации вызвано необходимостью равномерного распределения смеси по формовочному отсеку.

После укладки и уплотнения бетонной смеси верхнюю поверхность изделий заглаживают и покрывают пленкой или брезентом, чтобы предотвратить интенсивное испарение влаги с поверхности бетона, уменьшить усадку, термические напряжения из-за неравномерности прогрева бетона и снизить охлаждение бетона. Получить дополнительный прирост прочности бетона можно, применяя выдержку бетонной смеси в формовочных отсеках, включая подачу пара в паровые рубашки через 2-6 ч. после окончания формования. При этом прирост прочности колеблется от 5 до 20%, существенно удлиняется время оборачиваемости установки и снижается ее производительность.

Повторное вибрирование свежеуложенной бетонной смеси, не подвергающейся тепловой обработке, приводит, в конечном счете, к улучшению свойств бетона. Прочность бетона на сжатие увеличивается на 20-70%, уменьшается усадка, в большинстве случаев улучшается или не изменяется сцепление арматуры с бетоном, повышается морозостойкость.

После тепловой обработки производят распалубку изделия при достижении им распалубочной прочности. Существенно улучшаются условия распалубки за счет применения вибрации. В этом случае механизм перемещения небольшим усилием, приложенным к разделительной стенке, отрывает ее от изделия. Примерно на 5 сек. включают вибратор, установленный на отодвигаемой стенке. После отвода первой стенки изделие слегка приподнимают мостовым краном, тележку мостового крана откатывают на небольшое расстояние. При этом возникает незначительное усилие отрыва. Затем включают на короткое время вибратор, если изделие не отделилось от стенки, вибрацию повторяют. Длительную вибрацию при распалубке применять не рекомендуется, т.к. некоторые панели могут подвергнуться большим резонансным колебаниям, приводящим к трещинам.

Затем происходит чистка и смазка форм. От состояния поверхности разделительных стенок формовочного отсека, бортовой оснастки и вида смазки зависит качество изделия. Наличие на стенках даже тонкого слоя цементного раствора приводит к увеличению количества пузырьков защемленного воздуха и их размеров на поверхности изделия. Чистка ведется щеткой, тельфером чистка ведется снизу вверх.

Для смазки на предприятиях применяют прямую эмульсию следующего состава: 20% продукта ЭКС-А (эмульсол кислый синтетический с кислотным числом 8-10), 79,5% воды мягкой или конденсата, 0,5% кальцинированной соды. При ее применении поверхность получается хорошего качества. Также применяют обратные эмульсии.

После чистки и смазки установка готова к укладке и формованию бетонной смеси. Цикл повторяется.

# 3. Выбор и обоснование режима ТВО

При назначении режима ТВО изделий из легких бетонов существенное влияние оказывают не только особенности применяемого цемента, класса бетона, удобоукладываемость бетонной смеси, но и структура бетона, наличие в его составе вовлеченного воздуха и его объем, прочность и объемная концентрация крупного заполнителя, гидравлическая активность мелкого заполнителя.

Для обеспечения минимальной отпускной прочности следует правильно выбирать режим тепловой обработки бетона.

Такой режим может, осуществляется в тепловых установках периодического и непрерывного действия (в камерах ямного, туннельного и щелевого типов), оборудованных регистрами, ТЭНами, колориферами или теплогенераторами для сжигания природного газа. Максимальная температура среды в камерах сухого прогрева может быть повышена в зависимости от необходимой длительности тепловой обработки до 150°С. С целью обеспечения заданной влажности изделий камеры рекомендуется оборудовать системой вентиляции.

При тепловой обработке в термоформах не следует укрывать открытую поверхность изделий.

В целях экономичного использования тепловой энергии при назначении режимов ТВО следует учитывать последующее нарастание прочности бетона изделий вследствие его остывания в цехе в течение 12 ч.

В зависимости от способа тепловой обработки выбираем температуру и продолжительность изотермического прогрева. Для пропаривания в камерах паром температура tИЗ=85°С. При этом продолжительность изотермического прогрева τ2=10ч. продолжительность изотермического прогрева должна определятся временем, необходимым для достижения в центре изделий температуры больше 80°С.

Скорость остывания поверхности изделий после изотермического прогрева не должна быть больше 40°С/ч. При выгрузке изделий из камеры температурный перепад между поверхностью изделий и температурой окружающей среды не должен превышать 40°С.

Температуру окружающей среды принимаем равной t0=20°C. Так как толщина изделия δ=140 мм, следовательно длительность охлаждения в камере τ3=4 ч.

Выбранный режим проверяем расчетом средних температур по сечению изделий к концу основных периодов ТВО:

1. подъема температуры;
2. изотермической выдержки.

Расчет производим, используя критериальные зависимости теплопроводности при нестационарных условиях. Определяем критерий Фурье:

,

где:

ф – продолжительность расчетного периода ТВО, ч;

R –определяющий размер изделия, м;

,

б – коэффициент температуропроводности бетонной смеси, м2/с. Определяем по формуле:

,

где:

л – коэффициент теплопроводности твердого бетона (л=1,95), Вт/мМєС;

 – удельная теплоемкость бетона (=0,84),к Дж/кгМєС;

 – средняя плотность бетона, кг/м3.

Для первого периода ТВО:

 ,м2/с,

.

Определяем критерий Био:

,

где:

б=150 – коэффициент теплопроводности от паровоздушной среды к поверхности изделия, Вт/м2·С.

Для первого периода ТВО:

.

С помощью критериев и монограмм находим безразмерные температуры на поверхности и в центре изделия:

,

,

где:

– температура паровоздушной среды;

– температура поверхности изделия;

– температура бетона в начале расчетного периода;

– температура в центре изделия.

Из графика для определения температуры на поверхности изделия:

.

Температура паровоздушной среды в первый период ТВО =90°С, а температура бетона в начале расчетного периода =20°С, следовательно:

,

°С.

Определим температуру в центре изделия в I-й период ТВО аналогичным образом, т.е. из графика для определения температуры в центре изделия известно, что:

,

,

 °С.

Режим ТВО выбран правильно, если к концу I периода температура поверхности изделия равна температуре среды (допускается +10 –10 °С). Проверка:

 °С

условие выполняется. Следовательно, режим ТВО выбран верно.

Произведем аналогичный расчет для второго периода ТВО. Критерии Фурье и Био:

,

.

Находим безразмерные температуры на поверхности и в центре изделия:

, ,

Следовательно:

; ;

°С.

 °С.

Вывод: режим ТВО выбран правильно, так как к концу второго периода

-=84–78=6 °С, что в пределах допустимого, т.е. (-) и

(-) °С.

В результате получаем:

, ч.

Рассчитаем средние температура бетона за соответствующие периоды ТВО:


# 4. Определение габаритных размеров и требуемого количества тепловых агрегатов

Габариты кассетной установки выбираем по габаритам пропариваемых изделий из таблицы 11.8 (ТКП 45-5.03-13-2005):

Габариты панели внутренней стеновой :

- длина—5200 мм;

- ширина—2500 мм;

- толщина—140 мм.

Следовательно выберем кассетную установку типа СМЖ-3212:

- габаритные размеры - м;

- количество изделий – 10;

-т/мі

Определяем число установок:

где:

 – годовая производительность цеха (), м3;

 – продолжительность цикла работы установки;

время загрузки и выгрузки изделия ();

– суммарный объем бетона одновременно обрабатываемого в одной установке, м3; м3

м – число рабочих дней в году (м=253), дн;

z – продолжительность рабочей смены (z=8), ч;

к – число смен (к=2);

Если D>5, то резерв 1-2шт.

.

Требуемое количество кассетных установок составляет 4 камеры. Т.к. число установок Д<5, то резерв не предусматривается.

# 5. Описание конструкции установки и порядок ее работы

Рисунок 2 – Схема кассетной установки

1 – станина; 2 – паровые отсеки (рубашки); 3 – разделительная стенка;

4 – отсек для формования изделия; 5 – теплоизолирующая стенка;

6 – фиксирующие упоры; 7 – механизм сжатия; 8 – механизм привода.

Кассетные установки применяются для формования и тепловлажностной обработки панелей, лестничных маршей, ребристых плит и ряда других изделий, применяемых в строительстве. Как формование, так и тепловлажностная обработка осуществляются в кассетах в вертикальном положении. Масса сформованного бетона находится в кассете в замкнутом пространстве, что способствует более интенсивной тепловлажностной обработке. Форма-кассета (рис. 2) состоит из ряда отсеков, образованных стальными вертикальными стенками, причем отсеки, используемые для формования бетона, чередуются с отсеками для пара (паровая рубашка). Крайние отсеки теплоизолируют. Бетон подают в отсеки 4 и после уплотнения подвергают тепловой обработке. Для тепловой обработки пар подают в отсеки 2 и прогревают с двух сторон сразу два изделия, разделенные стальной перегородкой 3.

Тепловлажностная обработка складывается из двух периодов: первый — прогрев, второй — изотермическая выдержка, после чего кассету разбирают, а изделия распалубливают. В кассетах изделия не охлаждают. Время тепловой обработки бетона в кассетах, составляет 6—8 ч, поэтому выгружают изделия с прочностью 50-60% проектной. Отправлять такие изделия на стройку невозможно, однако дальнейшая выдержка в кассетах приводит к снижению их оборачиваемости. Поэтому распалубленные изделия ставят в специальную яму-камеру вертикально, вплотную друг к другу. При этом изделия охлаждаются очень медленно и продолжают в течение 15—18 ч набирать прочность. К концу такого добора прочности они набирают так же, как и изделия, выгружаемые из камер, прочность, равную 0,7—0,75 марочной, и, согласно принятым нормам, могут быть отправлены на строительные площадки.

Прогрев изделий через стенку в кассетах паром из-за большого расслоения температур по высоте 30—40°С затруднен, поэтому применяют эжекторное пароснабжение кассет. Схема такого пароснабжения показана на рис. 3. Пар из паропровода 1 подается в эжектор 2 и эжектирует паровоздушную смесь, отбираемую из паровых отсеков по трубопроводу 13. Смесь подается в паровые отсеки, отдает теплоту, а сама через трубопроводы 11 отбирается за счет разрежения, создаваемого эжектором. Часть отработанной смеси через трубопровод 12 выбрасывается в атмосферу. Такое пароснабжение кассетных установок дает возможность снизить неравномерность температур между верхом и низом кассет до 5—7°С, что вполне приемлемо для тепловлажностной обработки.

Обогревают изделия в кассетах через металлическую разделительную стенку, верх изделия на время тепловой обработки изолируют. Таким образом, массообмена между теплоносителем и материалом и материалом и окружающей средой практически не происходит. Наиболее выгоден и прост в исполнении электрообогрев. В этом случае в паровые отсеки вместо подачи пара монтируют ТЭНы или любые другие электронагреватели и уже ими через стенку нагревают бетон. При любом способе изделия из бетона нагревают до 80—90 °С в течение 1,5—2 ч и далее выдерживают при этой температуре 4—6 ч. Расход в кассетах пара или любого другого источника теплоты в пересчете на теплоту, выделяемую паром, составляет 150—250 кг на 1 м3 бетона.

Рисунок 3 – Схема эжекторного пароснабжения кассетной установки

1 - подача свежего пара в эжектор; 2 - эжектор; 3 - диффузор; 4 - подача смеси пара и рециркулята в паровые отсеки; 5 - отбор конденсата; 7 - конденсатопровод; 8 - паровые отсеки; 9 - нагреваемые изделия; 10 - прокладка; 11 - отбор паровоздушной смеси из паровых отсеков; 12 - трубопровод с вентилем для выпуска части отработанного теплоносителя в атмосферу; 13 - подача паровоздушной смеси (рециркулята) в эжектор.

# 6. Теплотехнический расчет

В ходе теплотехнического расчета составляются уравнения теплового баланса для каждого периода ТВО или для каждой из зон ТВО. Уравнение составляется для одного теплового агрегата, работающего в неблагоприятных условиях.

Количество теплоты, расходуемое за каждый период или в каждой зоне ТВО, определяется по следующей формуле:

,

где:

 – суммарный расход теплоты за период или в соотвествующей зоне ТВО, кДж/ч;

– количество теплоты, необходимое соответственно для нагрева бетона, формы, ограждений, на потери в окружающую среду, на испарение воды затворения, на нагрев среды установки;

 – количество теплоты, выделяющееся в процессе реакции гидратации цемента;

в – коэффициент запаса на нерасчитываемые затраты теплоты

(в=0,5-1,2), принимаем в=1,1.

Проведем теплотехнический расчет для установки периодического действия.

## 6.1 Расчет теплоты для нагрева изделий определяем по формуле:

, кДж,

где:

– средневзвешенная теплоемкость бетонной смеси

(=0,84), кДж/кг∙К;

 – масса бетонных изделий, кг.

сбVб=18,2·1690=30758 кг,

Vб – суммарный объем бетона изделий в зоне;

 – средние значения температур в начале и конце соответствующего периода или зоны, єС.

Расчет теплоты для нагрева изделий производится по периодам:

Для первого периода:

; °С,

следовательно, для первого периода теплота для нагрева изделия равна:

, кДж.

Для второго периода:

; °С,

Следовательно, для второго периода теплота для нагрева изделий равна:

, кДж.


## 6.2 Расчет теплоты для нагрева форм

Определяется по формуле:

, кДж,

где:

 – теплоемкость материала формы (СФ=См=0,46), кДж/кг·К;

 – масса форм, кг.

, кг,

где:

– объем бетона одного изделия, м3;

 – удельная металлоемкость форм. Для балок принимаем

=1,4 т/м3.

 – конечные и начальные температуры форм, °С; (принимаются равным температуре поверхности изделий в конце и начале периода).

 кг;

Для первого периода:

 кДж.

Для второго периода:

, кДж.


## 6.3 Расчет потерь теплоты через ограждающие конструкции установки.

где К=;

Ri - термическое сопротивление слоя ограждения ;

Fi – площадь поверхности ограждения;

tср – температура среды установки, С;

tн - температура наружного воздуха, С.

 - коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждения,

 и =10 Вт / м2 С

 и - толщины слоев ограждения и коэффициент теплопроводности материалов.

Т.к. утепляем минераловатными плитами, то=0,05 =0,05

Рассчитаем R1

R1 =

Для первого периода

QIпот=кДж/ч

Для второго периода

Q11пот= кДж/ч


## 6.4 Теплота экзотермических реакций гидратации цемента

, кДж/ч,

где:

=250 – теплота гидротации цемента при его твердении в нормальных условиях в течении 28 суток (принимается равной марке цемента), кДж/кг;

– расход воды и цемента в бетоне, кг/м3;

 – средняя температура бетона за период обработки,°С;

 – объем бетона в соответствующий период обработки, м3.

Для первого периода:

 кДж.

Для второго периода:

 кДж.

Следовательно, суммарный расход теплоты:

 кДж.

 кДж.


#

# 7. Определение удельных часовых расходов теплоты и теплоносителя

1. Часовые расходы теплоты, кДж/ч:

кДж/ч,

 кДж/ч,

где:

 и – расходы тепла в соответствующий период обработки, кДж/ч.

2. Часовые расходы теплоносителя (пара), кг/ч:

кг/ч,

кг/ч,

где:

Δh – используемое теплосодержание единицы теплоносителя, кДж/кг;

кДж/кг,

где:

кДж/кг;

, кДж/кг;

=640 кДж/кг – теплосодержание теплоносителя при заданном Рц=0,58 МПа;

=2109 – теплота парообразования при заданном Рц;

 – степень сухости пара в соответствии с заданием (=0,86).

3. Удельный расход тепла и теплоносителя (пара) определяем по формулам:

, кДж/м3,

, кг/м3.


#

# 8. Расчет системы теплоснабжения

В ходе расчета определяются диаметры магистральных и подводящих паропроводов.

Площадь поперечного сечения паропровода определяется по формуле:

, м2

где GП – расход пара на расчетном участке паропровода, кг/ч;

 кг/ч;

ρСР=3,169 – средняя плотность пара на участке, кг/м3 (принимается по заданному давлению PЦ);

υ - скорость пара, м/с (υ=35 м/с – магистральный паропровод; υ=30 м/с - подводящий).

Расчет диаметров производим из условия обеспечения принятой скорости движения пара.

 м2;

 м;

по ГОСТ 3262-75 принимаем диаметр трубы 101,3 мм.

 м2;

 м;

по ГОСТ 3262-75 принимаем диаметр трубы 114 мм.

# 9. Методы контроля расхода пара дифманометром

Давление — наиболее распространенный измеряемый параметр. Без измерения давления сжигаемого газа невозможна безопасная работа газотопливного хозяйства. В котельных установках измеряют давление пара в барабане, по которому контролируют эффективность сжигания топлива и теплоотдачи к трубам в топке, а также безопасность работы котельного оборудования, давление перегретого первичного и вторичного пара для определения экономичности работы энергоблока, отложений солей на внутренней поверхности трубопроводов. Для оценки работоспособности насосов и вентиляторов измеряют давление питательной воды, пара для эжекторов и продувки форсунок, воздуха после воздухоподогревателя, т. е. во всех напорных линиях трубопроводов, и разрежение дымовых газов в верхней части топки, вакуум в конденсаторе турбины.

Давление как физическая величина определяется в виде энергии вещества (жидкость или газ), отнесенной к единице объема, и является наряду с температурой основным параметром его физического состояния. Воздействие давления вещества на внешний объект проявляется в виде силы F, действующей на единицу площади S, т. е. Р=F/S.

В СИ за единицу давления принят Паскаль (Па). Паскаль давление силы в один Ньютон на площадь в один квадратный метр (Па= 1 Н/м2). Широко применяют кратные единицы кПа и МПа.

При измерениях различают абсолютное, вакуумметрическое и избыточное давления. Под **абсолютным** давлением понимается полное давление, которое равно сумме атмосферного и избыточного Рабс=Р + Ратм. **Вакуумметрическое** давление ниже атмосферного РВ=Ратм — Рабс

Приборы давления в зависимости от измеряемой величины разделяют на манометры (для измерения избыточного или абсолютного давления), барометры (для измерения атмосферного давления), вакуумметры (для измерения вакуумметрического давления).

Манометры, предназначенные для измерения малых избыточных давлений (до 40 кПа), называют напоромероми, а предназначенные для измерения малых вакуумметрических давлений (до 40 кПа) — тягомерами. Приборы давления, которые имеют двустороннюю шкалу с пределами измерения ±20 кПа, называют тягонапоромерами (значение нуль на шкале соответствует атмосферному давлению). Для измерения разности давлений используют дифференциальные манометры (дифманометры).

Дифманометр - дифференциальный манометр, прибор для измерения разности (перепада) давлений; применяется также для измерений уровня жидкостей и расхода жидкости, пара или газа по методу перепада давлений. По принципу действия различают дифманометры: жидкостные, в которых измеряемое давление или разрежение уравновешивается столбом жидкости, и механические, в которых давление уравновешивается силами упругости различных чувствительных элементов — мембраны, пружины, сильфона. Упругая деформация чувствительного элемента — величина, пропорциональная измеряемому давлению.

Жидкостные дифманометры разделяются на трубные, поплавковые, кольцевые и колокольные. Трубные дифманометры бывают двухтрубные (U-образные) и однотрубные (с сосудом и вертикальной трубкой и с сосудом и наклонной трубкой, служащей для увеличения точности отсчёта при измерении малых величин). Действие двухтрубного дифманометра (рисунок 4) основано на использовании сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью, столб которой одновременно является гидравлическим затвором и создаёт гидростатическое давление, противодействующее измеряемому. Один конец U-образной трубки, заполненной жидкостью, соединяют с замкнутым пространством, в котором надо измерить избыточное давление, а второй остаётся открытым (под барометрическим давлением). Разность уровней жидкости в трубках показывает избыточное давление ризб = рабс — рбар = р; р = hсg, где h — разность уровней жидкости, с — плотность заполняющей жидкости, g — ускорение свободного падения. Уравнение для однотрубного дифманометра с сосудом и вертикальной трубкой (рисунок 5) аналогично уравнению для двухтрубного дифманометра. Величина перемещения жидкости в трубке однотрубного дифманометра прямо пропорциональна измеряемому перепаду давлений и зависит от соотношения квадратов диаметров или площадей сечения трубки и сосуда: f/F = d2/D2. Чтобы упростить измерения, обычно принимают соотношение, при котором h2 будет отличаться от h1 не более чем на 1%; поэтому величиной h1 пренебрегают и отсчёт производят только по уровню жидкости в трубке. Для исключения погрешности шкала изготовляется с делениями, равными не 1 мм, а меньше (0,9 мм). Диапазон измерений U-образных дифманометров до 93 кн/м2 (700 мм рт. ст.) при давлении среды до 15 Мн/м2 (150 кгс/см2). Точность отсчёта в двух трубках ± 1 мм.

Поплавковый дифманометр по принципу действия аналогичен однотрубному дифманометру с сосудом и вертикальной трубкой, только для измерения служит поплавок, передающий изменение уровня жидкости в сосуде на стрелку прибора. Диапазон измерения перепадов давления от 0 до 133 кн/м2 (от 0 до 1000 мм рт. ст.), при давлении среды до 16 Мн/м2 (160 кгс/см2). Основная приведённая погрешность ± 1,5—2%.

Кольцевой дифманометр, или «кольцевые весы», имеет чувствительный элемент в виде полого кольца с перегородкой (рисунок 6). В нижней части кольца, заполненного жидкостью (вода, масло, ртуть), укреплён компенсационный груз. При p1 = p2 уровень жидкости в обеих частях кольца одинаков, а центр тяжести груза находится на вертикальной оси, проходящей через центр кольца. При p1 > p2 жидкость в левой части опустится, а в правой поднимется. Усилие, создаваемое действием разности давлений на перегородку, вызывает момент, стремящийся повернуть кольцо по часовой стрелке. Диапазон измерения перепадов давлений: для низкого давления (с водяным заполнением) до 1,6 кн/м2 (160 кгс/м2) при давлении среды до 150 кн/м2 (15000 кгс/м2); для среднего (с ртутным заполнением) — до 33 кн/м2 (250 мм рт. cт.) при давлении среды 3,2 Мн/м2 (32 кгс/см2). Основная приведённая погрешность ± 0,5—1,5%.

Колокольный дифманометр (рисунок 7) представляет собой колокол, погружённый в жидкость и перемещающийся под влиянием разности давлений внутри (большее) и снаружи (меньшее) колокола. Противодействующая измеряемому давлению сила создаётся утяжелением колокола (гидростатическое уравновешивание) или деформацией пружины, на которой подвешивается колокол (механическое уравновешивание). Диапазон измерения перепада давлений от 40 н/м2 до 4 кн/м2 (от 4 до 400 кгс/м2) при давлении среды от 10 кн/м2 до 0,3 Мн/м2 (от 1000 кгс/м2 до 3 кгс/см2).

Механические дифманометры разделяются на мембранные с плоской упругой металлической мембраной (рисунок 8) и с неметаллической мембраной и сильфонные. В мембранных дифманометрах упругая металлическая мембрана прогибается под влиянием измеряемого давления, по величине прогиба определяют давление. В некоторых конструкциях дифманометров мембрана служит только для разделения камер. Противодействующую силу при деформации создаёт тарированная цилиндрическая спиральная пружина, которая разгружает мембрану. Некоторые мембранные дифманометры имеют защиту от односторонней перегрузки и могут применяться для измерения не только перепадов, но и избыточных давлений. Диапазон измерения давления от 0 до 6,3 кн/м2 (0—630 кгс/м2) и от 0,16 до 0,63 Мн/м2 (1,6—6,3 кгс/см2); диапазон перепада давлений до 133 кн/м2 (1000 мм рт. cт.) при максимальном давлении среды до 60 Мн/м2 (600 кгс/см2). Основная приведённая погрешность ± 1,5%. Д. с неметаллическими мембранами (из резины и т.п. материалов) имеют только цилиндрическую спиральную пружину, не воспринимают изгибающих моментов и сжимающих усилий и работают только на растяжение. Для увеличения перемещения они изготовляются гофрированными и имеют жёсткий центр, образованный двумя металлическими дисками. Диапазон измерений перепада давлений до 133 кн/м2 (1000 мм рт. cт.) при давлении среды до 6,4 Мн/м2 (64 кгс/см2). Основная приведённая погрешность ± 1—2%.

Сильфонные дифманометры имеют чувствительный элемент — гофрированную металлическую коробку (сильфон) с тарированной цилиндрической спиральной пружиной. Сильфон разделяет полость дифманометра на две камеры. Большее давление подводится в полость над сильфоном, а меньшее — внутрь. Под действием разности давлений сильфон прогибается на величину, пропорциональную измеряемому давлению. Диапазон измерений до 25 кн/м2 (2500 кгс/м2) при давлении среды до 32 Мн/м2 (320 кгс/см2). Основная приведённая погрешность ± 0,5—1%.

Поплавковые, кольцевые, колокольные и механические дифманометры изготовляются показывающими, самопишущими и бесшкальными (с электрической или пневматической дистанционной передачей показаний), с электрическим контактным устройством. Дифманометры для измерения расхода по методу переменного перепада выпускаются с интегрирующими и суммирующими устройствами. Дальнейшее развитие конструирования дифманометров идёт по пути усовершенствования механического дифманометра.

Рисунок 4 - Двухтрубный U-oбразный дифманометр

Рисунок 5 - Дифманометр с сосудом и вертикальной трубкой

Рисунок 6 - Схема кольцевого дифманометра

Рисунок 7 - Схема колокольного дифманометра

Рисунок 8 - Дифманометр с упругой мембраной и электрической передачей показаний

**10. Охрана труда и техника безопасности**

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.

Настадии 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**

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.

# Литература

1. В.В. Перегудов, М.И. Роговой «Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей». М., Стройиздат, 1983.

2. В.Н. Чубуков, В.Н. Основин, Л.В. Шуляков «Строительные материалы и изделия» Мн., Дизайн ПРО, 2000.

3. Справочник по технологии сборного железобетона. Под общ. ред. Стефанова Б.В., Киев, Вища школа, 1978.

4. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона (ОНТП-7-80). М., Стройиздат, 1983.

5. Рекомендации по снижению расхода тепловой энергии в камерах для тепловой обработки железобетонных изделий. ВНИИЖБ., М., Стройиздат, 1984.

6. Пособие по тепловой обработке сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85). ВНИИЖБ., М., 1989.