Содержание

ВВЕДЕНИЕ 5
1. УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА 6
1.1. Ямная пропарочная камера 6
1.2. Кассетная установка 7
1.3. Пакетная установка 8
1.4. Щелевая пропарочная камера 9
1.5. Вертикальная пропарочная камера 11
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР 13
2.1. Ямная камера 13
2.2. Кассетная установка 14
2.3. Щелевая камера непрерывного действия 15
2.4. Вертикальная камера 17
3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР 19
3.1. Тепловой баланс напольной ямной пропарочной камеры (теплоноситель — влажный пар) ... 21
3.2. Тепловой баланс напольной рециркуляционной ямной камеры (теплоноситель — продукты сгорания природного газа) 28
3.3. Тепловой баланс напольной щелевой камеры при установившемся режиме работы (теплоноситель — влажный пар) 33
3.4. Тепловой баланс напольной щелевой рециркуляционной камеры (теплоноситель — продукты сгорания природного газа) 37
3.5. Тепловой баланс кассетной установки (теплоноситель — влажный пар) 41
3.6. Тепловой баланс пакета термоформ (теплоноситель — влажный пар) 45
3.7. Тепловой баланс вертикальной камеры непрерывного действия (теплоноситель — влажный пар) 48
4. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДЛЯ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР 53
4.1. Расчет и подбор диаметров паропроводов, отверстий дроссельных диафрагм 53
4.2. Расчет вентиляторов для охлаждения изделий в камере 53
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ АВТОКЛАВА 56
5.1. Автоклавные установки 56
5.2. Выбор автоклава и автоклавных вагонеток. Определение размеров и массы форм 58
5.3. Определение толщины, площади и массы ограждающих конструкций автоклава 60
5.4. Определение температуры на границе слоев ограждающих конструкций автоклава и средней температуры в слоях 62
5.5. Тепловой баланс автоклава 63
6. АГРЕГАТЫ ДЛЯ СУШКИ МАТЕРИАЛОВ 68
6.1. Барабанные сушилки 68
6.2. Камерные сушилки 70
6.3. Туннельные сушильные камеры 71
7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ СУШИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ 72
7.1. Сушильный барабан 72
7.2. Камерная сушилка с полками 73
7.3. Камерная сушилка с вагонетками 74
7.4. Туннельная сушильная камера 76
8. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ СУШИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ 78
8.1. Теплотехнический расчет камерной сушилки с однократным использованием сушильного агента 78
8.2. Теплотехнический расчет туннельного сушила 84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 89
Приложения 91

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с направлением подготовки 08.03.01 Строительство и рассчитано на студентов бакалавриата по профилю подготовки «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций».

Создание и усовершенствование прогрессивных технологий производства строительных материалов и изделий путем оптимизации материальных и энергетических затрат по-прежнему являются важными задачами, без решения которых невозможно развитие самых разных отраслей экономики.

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

Известно, что около трети от стоимости строительных материалов составляют затраты на их тепловую обработку, которая потребляет почти четыре пятых всех топливно-энергетических ресурсов, идущих на получение материала.

Вопросам, возникавшим при рассмотрении различных аспектов работы тепловых установок, уделяли внимание (и проводили соответствующие научные изыскания) такие выдающиеся ученые, как М.В. Ломоносов, В.Е. Грум-Гржимайло, Д.И. Менделеев, М.В. Кирпичёв, а исследовательские коллективы ряда НИИ совместно с сотрудниками проектных организаций создали и внедрили в промышленность тепловые установки с высокой производительностью.

При производстве бетонных и железобетонных изделий важную роль играет тепловлажностная обработка, а поскольку она непосредственно влияет на все технологические этапы структурообразования, это сказывается на качестве готового изделия. Данные зависимости были отмечены в работах Ю.М. Баженова.

Основные положения тепловлажностной обработки в технологии бетона и производстве строительных материалов были сформулированы А.В. Волженским, С.А. Мироновым, Н.Б. Марьямовым и др. На развитие науки о сушильных процессах, а следовательно, и на проектирование необходимого оборудования большое влияние оказали работы А.П. Ворошилова, М.И. Лурье, М.Ф. Казанского, П.Г. Романкова и А.В. Лыкова. Процессы, проходящие в материалах при обжиге, описаны в трудах Д.С. Белянкина, П.Г. Будникова, К.А. Нохратяна, О.П. Мчедлова-Петросяна.

Накопленные знания о тесной взаимосвязи тепловых процессов в установках с процессами, происходящими 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.

В учебном пособии «Тепловые агрегаты и установки» описываются конструкции и принципы работы тепловых установок и рассматриваются технологические и теплотехнические расчеты тепловых агрегатов. Это дает возможность обучающемуся ознакомиться с теоретическими основами и получить необходимые знания для проектирования и анализа работы современных, наиболее экономичных автоматизированных тепловых агрегатов в производстве строительных материалов и изделий.

1. УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА

Установки для тепловлажностной обработки (ТВО) предназначены для ускоренного твердения изделий. В зависимости от технологической схемы производства, объема и типа выпускаемых изделий применяется та или иная тепловая установка. При поточно-агрегатном способе изготовления изделий с использованием в качестве теплоносителя пара применяются установки периодического действия (ямные камеры, кассетные установки, термоформы и др.), а при использовании продуктов сгорания природного газа — рециркуляционные ямные камеры.

На заводах, работающих по конвейерной технологической схеме производства, тепловлажностная обработка железобетонных изделий производится в установках непрерывного действия (щелевая камера, вертикальная камера непрерывного действия и др.).

1.1. Ямная пропарочная камера

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

Камеры, которые изготавливают из железобетона (рис. 1), имеют прямоугольную форму, их стены снабжают теплоизоляцией *17* для снижения уровня потерь теплоты. Пол камеры *1* делают с уклоном для стока конденсата. Для вывода конденсата в полу предусмотрен трап *2*. В приямке трапа, куда стекает конденсат, делают конденсатоотводящее устройство *3* — чаще всего ставят водоотделительную петлю.

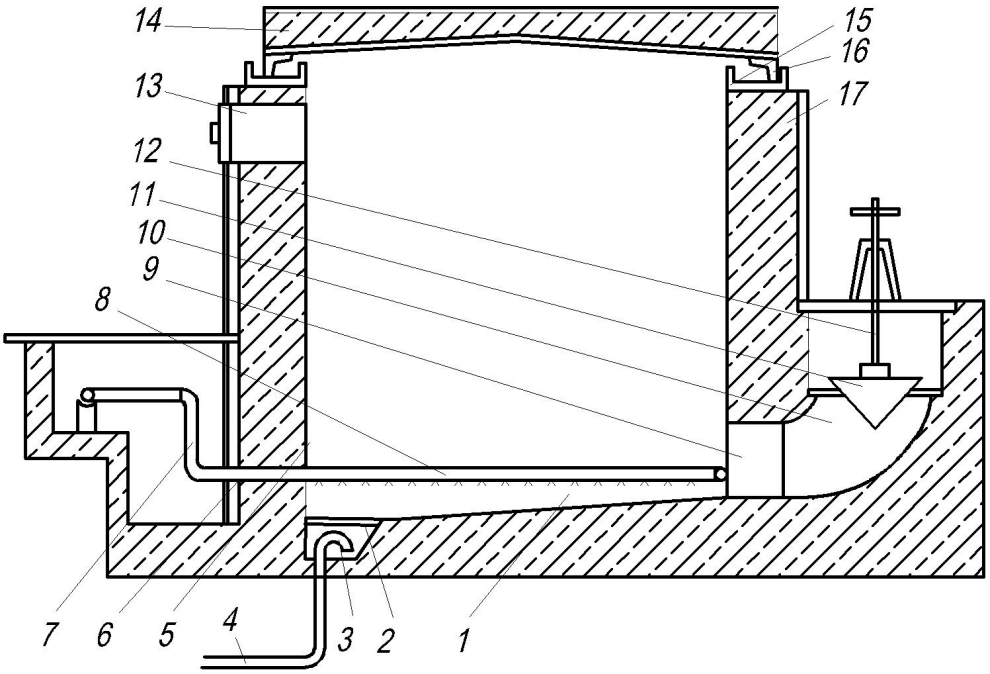

Рис. 1. Схема пропарочной камеры ямного типа:
1 — пол камеры; *2* — трап для вывода конденсата; *3* — конденсатоотводящее устройство; *4* — система отвода конденсата; *5* — стены камеры; *6* — отверстие для ввода пара; *7* — трубопровод; *8* — трубы с отверстиями; *9* — отверстие для вентиляции; *10* — канал; *11* — герметизирующий конус; *12* — червячный винт; *13* — приточный затвор; *14* — крышка; *15* — водяной затвор; *16* — упоры крышки; *17* — теплоизоляция

Назначение конденсатоотводящего устройства — выпускать конденсат в систему отвода конденсата *4* и не пропускать пар. Стены камеры *5* имеют отверстие *6* для ввода пара, который подается в низ камеры по трубопроводу *7* от сети. Трубопровод заканчивается уложенными по периметру камеры трубами *8* с отверстиями — перфорациями, через которые пар поступает в камеру. Кроме отверстия для ввода пара, в стене камеры делают отверстие *9* для вентиляции в период охлаждения. Оно соединяется каналом *10* с вентилятором, который отбирает паровоздушную смесь

из камеры. Для изоляции камеры во время подогрева и изотермической выдержки от системы вентиляции устраивают герметизирующий конус *11*, который с помощью червячного винта *12*, снабженного маховиком, может подниматься и опускаться. При поднятом конусе происходит вентиляция, при опущенном камера надежно изолирована от этой системы. Кроме герметизирующего конуса, в этих же целях могут применяться различные затворы.

В камеру с помощью направляющих, в качестве которых используют опорные стойки, краном загружают изделия в формах. Каждая форма изолируется от следующей прокладками из металла, чтобы пар обогревал формы со всех сторон. Высота камеры достигает 2,5–3 м, ширину и длину обычно выбирают с учетом размещения в камере 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.

После загрузки камера закрывается крышкой *14*, представляющей собой металлический каркас, заполненный теплоизоляционным материалом. Низ и верх крышки изолируют металлическим листом. Крышку, как и пол, делают с уклоном i = 0,005–0,01 для стока конденсата. Для герметизации крышки служит водяной затвор.

Работа камеры заключается в следующем. После разгрузки ее чистят и проверяют работу вентилей подачи пара, а также надежно ли закрывается герметизирующий конус. После проверки камеру загружают изделиями, закрывают крышкой и включают подачу пара. Пар, поступая снизу в камеру, где находится воздух, поднимается вверх, смешивается с воздухом и нагревает его, образуя паровоздушную смесь. Одновременно пар конденсируется на изделиях, стенах, крышке, нагревает их, а сам в виде конденсата стекает в конденсатоотборное устройство.

Далее изделия выдерживают в камере при достигнутой температуре, при этом в материале продолжаются химические реакции и структурообразование, а также снимается напряженное состояние. При изотермическом прогреве, как только температура в камере достигает максимальной. количество подаваемого пара уменьшают, ибо потребность в нем снижается. После изотермической выдержки начинают охлаждение. Для этого отключают подачу пара, поднимают конус и соединяют вентиляционный канал камеры с вентиляционной системой. Пар из камеры и с поверхности материала вместе с воздухом удаляется в вентиляционную сеть, а крышка камеры начинает пропускать воздух из цеха благодаря испарению влаги из швеллера в камеру. Кроме того, в камерах, в стенке, противоположной каналу *10*, выводящему паровоздушную смесь, иногда устраивают приточный затвор *13* для впуска воздуха в камеру во время охлаждения. Увеличивая или уменьшая отбор паровоздушной смеси через канал *10*, изменяют темп охлаждения продукции.

Ямная камера работает по циклу порядка 12–15 часов. Он включает в себя время на загрузку, на разогрев изделий, на изотермическую выдержку и охлаждение, а также на выгрузку материала. Удельный расход пара в таких камерах 200–300 кг/м^3 бетона.

1.2. Кассетная установка

Эти установки применяются для формования и тепловлажностной обработки панелей, плит, лестничных маршей и некоторых других изделий. Как формование, так и тепловлажностная обработка осуществляется 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 состоит из двух этапов: 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 добирать прочность. К концу такого добора они имеют такие же параметры, как и изделия, выгружаемые из ямных камер, и, согласно принятым нормам, могут быть отправлены на строительные площадки.

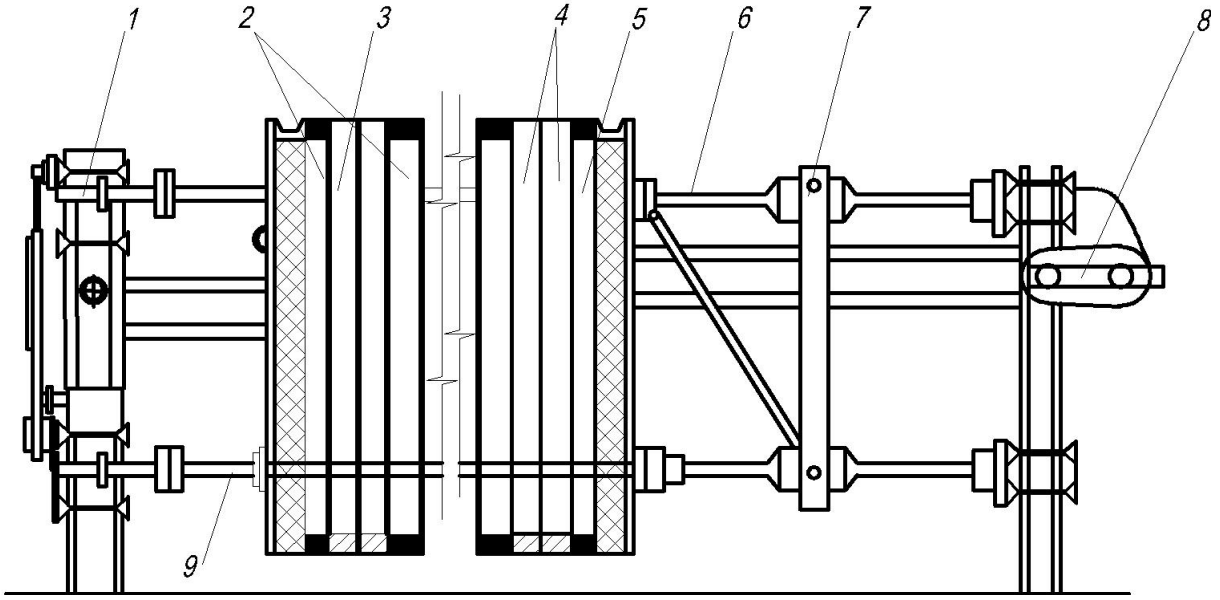

Рис. 2. Схема кассетной установки:
1 — станина; *2* — отсеки для подачи пара; *3* — разделительная стенка; *4* — отсеки для формования изделий; *5* — теплоизолирующие стенки; *6* — фиксирующие упоры; *7* — механизм сжатия; *8* — приводной механизм; *9* — упорный дожимной винт

Прогрев изделий через стенку в кассетах паром из-за большого расслоения температур по высоте в 30–40 °С затруднен, поэтому применяют эжекторное пароснабжение кассетных установок. Это дает возможность сократить расхождение между температурами верха и низа 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. Поэтому с теоретической точки зрения такой прогрев может быть отнесен к прогреву в закрытой форме.

Нагревать тепловые отсеки кассет по тем же причинам можно любыми источниками тепла. Так, в промышленности, кроме пара, можно применять обогрев горячим воздухом или дымовыми газами, высококипящими жидкостями, масляным теплоносителем и электронагревателями. 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 м^3 бетона.

1.3. Пакетная установка

Для бескамерной тепловой обработки бетона наиболее широко применяют пакеты, установленные в штабель на специальном устройстве — пакетировщике (рис. 3). 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, которые во время 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 фор-

ма с изделием поднимается аналогичным образом, только форма, стоящая на упорах, оказывается над 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.

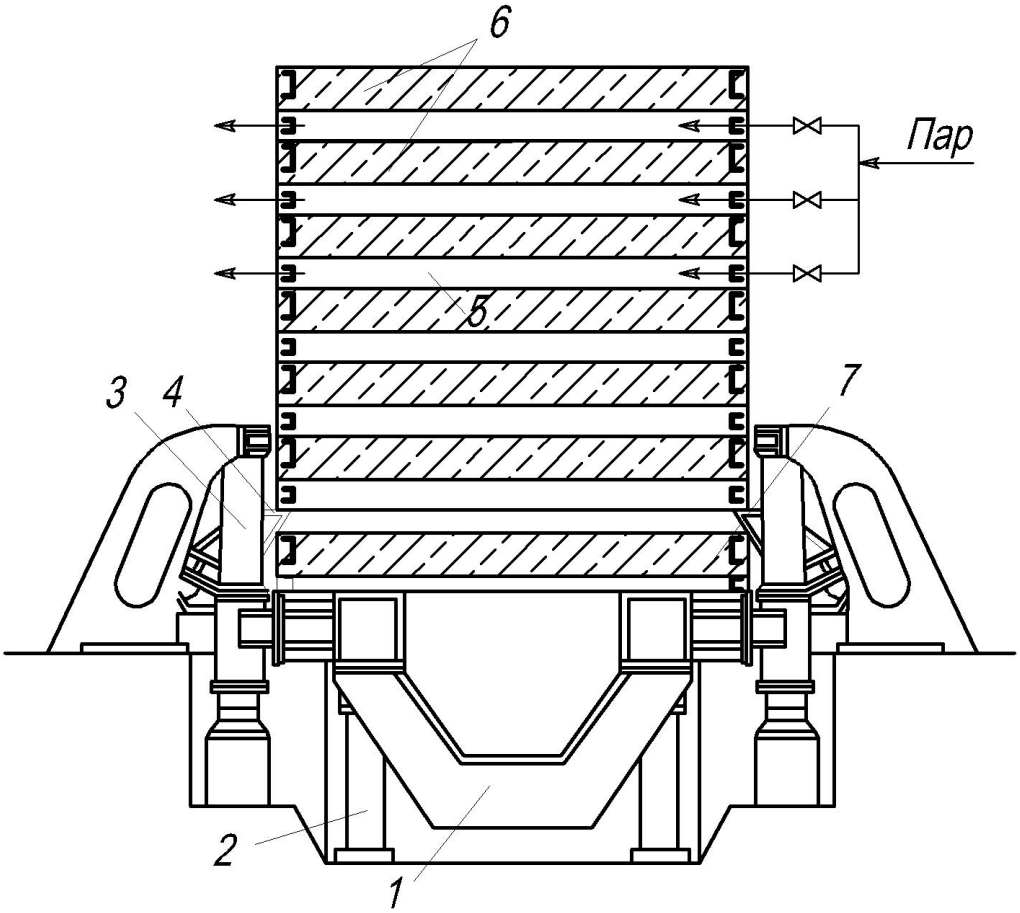

Рис. 3. Схема пакетировщика:
1 — подъемный стол-траверса; *2* — гидродомкраты; *3* — направляющие колонны; *4* — упоры-отсекатели; *5* — паровые отсеки форм; *6* — нагреваемые изделия; *7* — изделие в форме, подготовленное к загрузке

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. Температуру поднимают до 90–95 °С за 2 ч. Однако прогрев изделий в таких формах неравномерен. В местах, удаленных от подачи пара, температура бетона в течение первых 2–3 ч меньше на 30–40 °С. Поэтому прочность на сжатие изделий, прошедших тепловую обработку в пакетировщиках, в разных точках бывает разной.

Для нагрева в пакетных установках применяют пока только пар. Наиболее выгоден и целесообразен переход на эжекционное пароснабжение с рециркуляцией части паровоздушной смеси, применяемое для нагрева кассетных установок. Расход пара на обогрев термоформ составляет 200–300 кг на 1 м^3 бетона.

1.4. Щелевая пропарочная камера

В конвейерной технологии производства сборного железобетона в сочетании с вертикально-, наклонно- и горизонтально-замкнутыми тележечными конвейерами применяют одно- или многоярусные горизонтальные камеры тепловой обработки. Изделия, находящиеся на поддонах-вагонетках, проходят тепловлажностную обработку в камерах, расположенных параллельно формовочному кон-

вейеру на уровне пола цеха, ниже или выше его, а подаются в камеру соответственно передаточной тележкой, снижателем или подъемником. Изделия, прошедшие обработку в горизонтальных камерах непрерывного действия, отличаются равномерностью обработки. Камеры по длине разделены на три следующие зоны: нагрева, изотермического выдерживания и охлаждения.

Горизонтальная щелевая пропарочная камера представляет собой туннель длиной 80–100 м. Ширина его проектируется в расчете на движение через него одного-двух изделий, загружаемых в один ряд на каждой форме-вагонетке, и составляет 5–7 м; высота туннеля 1–1,5 м. В зависимости от длины камеры в ней размещается 12–25 вагонеток с изделиями.

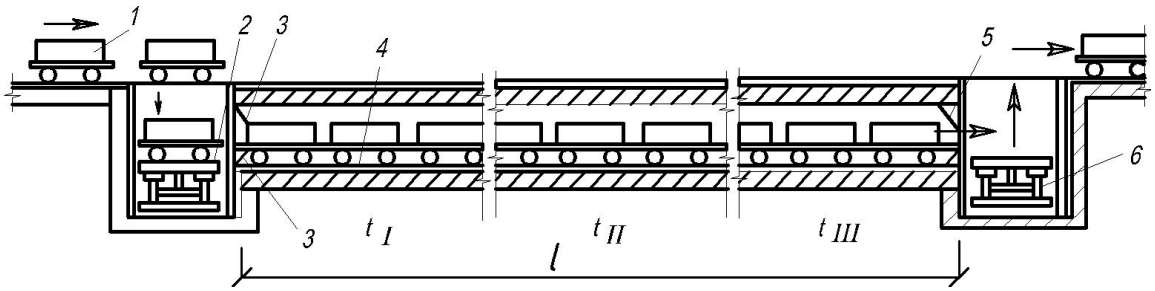

Рис. 4. Схема горизонтальной щелевой пропарочной камеры:
1 — форма-вагонетка; *2* — снижатель; *3* — механическая штора; *4* — камера; *5* — герметизирующая штора; *6* — подъемник

Горизонтальная щелевая пропарочная камера работает по следующему принципу (рис. 4). Форма-вагонетка с отформованным изделием поступает на снижатель, который опускает ее на уровень рельс, проложенных в камере. Камера в целях уменьшения площади цеха, занятой под технологический процесс, заглублена в землю. Снижатель оборудован толкателем вагонетки в камеру. Вагонетка проходит под механической шторой и проталкивает весь поезд вагонеток по камере на одну позицию. Вагонетка, находившаяся на последней позиции, поднимает герметизирующую штору и выкатывается на подъемник, который поднимает вагонетку с готовой продукцией на уровень пола цеха и скатывает ее на рельсовый путь. Загрузка и выгрузка вагонеток происходят с интервалом.

Время нахождения вагонетки в щелевой пропарочной камере соответствует времени тепловой обработки. Изменяя интервал загрузки, можно менять время тепловой обработки изделий. По длине l камеру условно делят на три зоны. Первая, начиная от места загрузки, является зоной нагревания l_1, вторая зона, где материал выдерживается при достигнутой в зоне нагревания температуре, называется зоной изотермической выдержки l_2, в третьей зоне l_3 материал охлаждается. В зоне нагревания и зоне изотермической выдержки в качестве теплоносителя используется пар. Зоны отделены одна от другой воздушными завесами, которые устанавливаются и на торцах камер. Назначение воздушных завес — предотвращать переход паровоздушной смеси из одной зоны в другую и выход смеси в цех или засасывание в камеру холодного воздуха из цеха. Ограждения камер выполняют из кирпича и железобетона. Торцы закрывают гибкими шторами: брезентовыми, резиновыми, пластиковыми и др. Изделия охлаждают наружным воздухом. Для движения наружного воздуха зона охлаждения с каждой стороны оборудуется дополнительными каналами. Схема зоны охлаждения, отличающаяся только наличием боковых каналов, показана на рис. 5.

В одном из боковых каналов *3* зоны охлаждения устраивают две-три заборные шахты *2*, снабженные жалюзийными решетками *1* для регулирования количества забираемого наружного воздуха. Воздух через шахты *2* поступает в канал *3*, откуда через окна *4* поступает в зону охлаждения и отбирает теплоту от изделий *5*. Отработанный (нагретый) воздух через окна *6* попадает в канал *7*, из которого через патрубок *8* забирается вентилятором *9* и через трубу *10* выбрасывается в атмосферу.

При использовании пара для его подачи применяют двусторонние стояки-коллекторы, причем их первая пара размещена на расстоянии 18–20 м от входа в камеру.

Кроме того, на заводах применяют щелевые камеры с расположенными на разных уровнях зонами тепловой обработки. На рис. 6 показана щелевая камера, где изделие на вагонетке *1* 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 вагонетка с изделием попадает в зону III, где охлаждается за счет просасывания холод-

ного воздуха, и через подъемник *3* транспортируется на пост распалубки. Принцип подачи и отбора воздуха аналогичен принятому для горизонтальной щелевой камеры (рис. 5). Тепловлажностная обработка в камерах, расположенных на разных уровнях, может осуществляться паром или ТЭНами. Такая камера занимает меньше места и легче компонуется с остальным оборудованием.

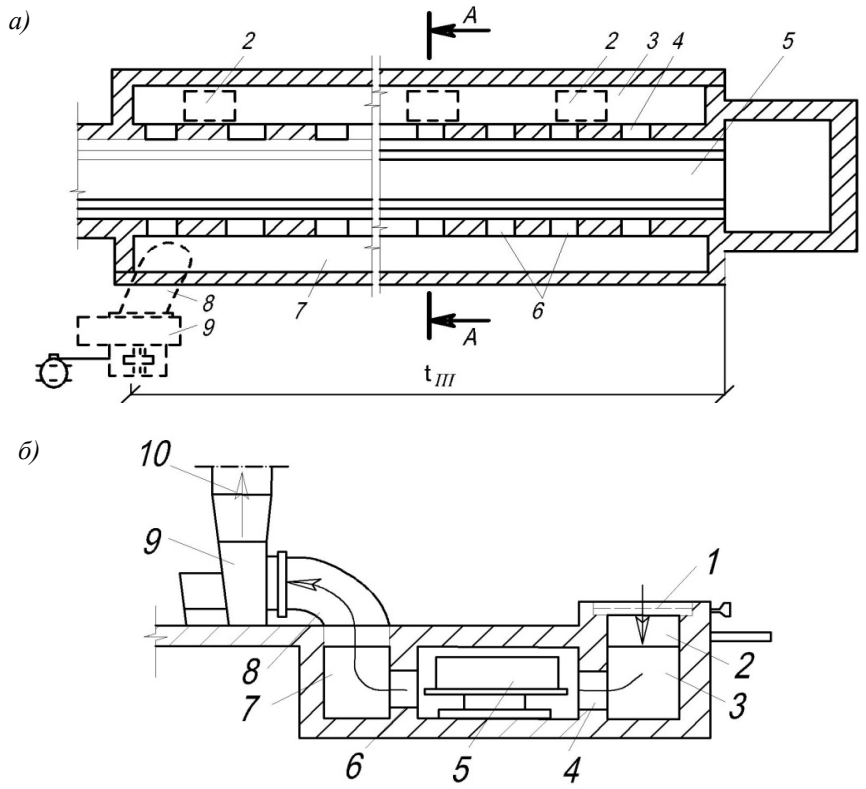

Рис. 5. Схема зоны охлаждения горизонтальной щелевой пропарочной камеры (*а* — план; *б* — разрез):
1 — жалюзийная решетка; *2* — заборная шахта; *3*, *7* — каналы;
4, *6* — окна; *5* — изделие; *8* — патрубок; *9* — вентилятор; *10* — труба

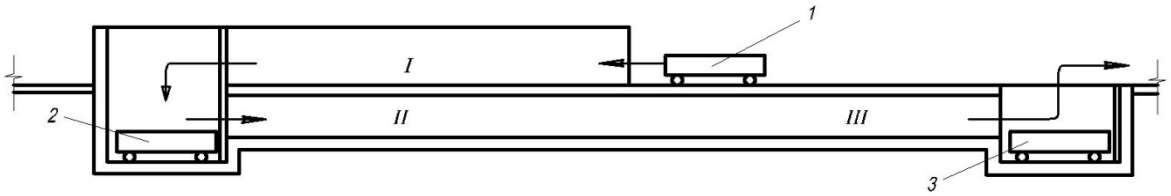

Рис. 6. Схема двухъярусной пропарочной камеры:
1 — вагонетка; *2* — снижатель; *3* — подъемник

К недостаткам щелевых камер можно отнести сложность подачи кондиционированной паровоздушной смеси; необходимость нижнего подогрева камер глухим паром для устранения недогрева изделий, расположенных внизу; недостаточную защиту торцовых проемов камер от выброса греющей среды вверху и засоса холодного цехового воздуха снизу, что увеличивает затраты тепла.

1.5. Вертикальная пропарочная камера

В поисках способа более рационального использования теплоты и уменьшения площади цеха была предложена вертикальная пропарочная камера, схема которой дана на рис. 7.

Принцип работы такой камеры следующий. 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 покрывают герметичной стальной крышкой *7*. В положении *3* изделие останавливается концевым выключателем. Он же включает в работу загрузочные гидродомкраты *14*, которые поднимают изделие из положения *3*, форма

с изделием утапливает защелки *13*, а штабель оказывается выше защелок. При этом защелки вновь занимают положение, показанное на схеме. После выхода защелок гидродомкраты начинают опускаться, проходят между защелками, оставляя штабель изделий на защелках. Сами гидродомкраты уходят в крайнее нижнее положение и выключаются, включая другим концевым выключателем передаточную тележку *8*, расположенную в верхней части камеры. Передаточная тележка захватами *9* забирает верхнее изделие из штабеля, передвигается по ходу камеры и ставит изделие на верх другого — разгрузочного — штабеля. Выгрузив изделие, передаточная тележка возвращается в исходное положение, где и выключается. Одновременно с выключением тележки включаются разгрузочные гидродомкраты *11*. Гидродомкраты идут в верхнее положение, при этом поднимают штабель над защелками *12*, находящимися на выгрузочной стороне; они освобождаются и под действием привода убираются, отводятся в сторону, после чего гидродомкраты начинают опускаться, пока нижняя форма, находящаяся в штабеле, полностью не пройдет вниз и не станет ниже защелок. В этот момент гидродомкраты останавливаются. Защелки встают на свое место, попадают в пазы *10* между нижней формой и всем остальным штабелем, отсекая его от нижней формы, после чего гидродомкраты с одним изделием начинают опускаться дальше, а остальной штабель остается на защелках. Пройдя в крайнее нижнее положение, гидродомкраты оставляют форму с изделием на выгрузочном роликовом конвейере, который включается после того, как гидродомкраты займут крайнее нижнее положение. Затем этот конвейер выкатывает изделие из камеры.

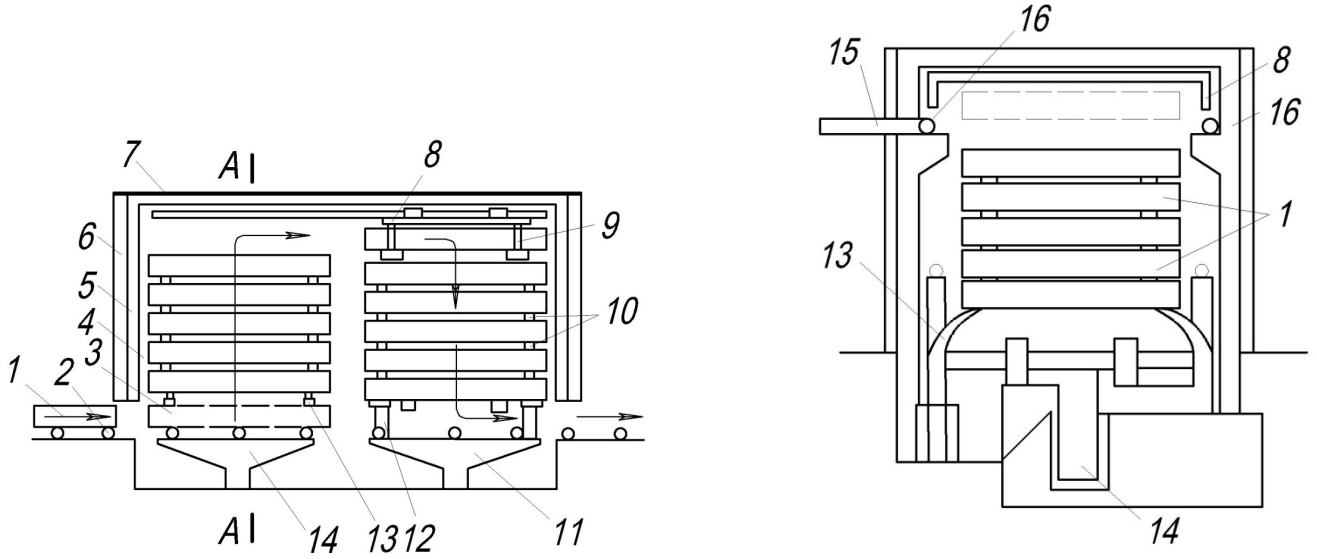

Рис. 7. Схема вертикальной пропарочной камеры

1 — форма; *2* — рольганг; *3* — положение формы; *4* — камера; *5* — бетонная коробка; *6* — теплоизоляция; *7* — стальная крышка; *8* — передаточная тележка; *9* — захваты; *10* — пазы; *11* — разгрузочные гидродомкраты; *12*, *13* — защелки; *14* — загрузочные гидродомкраты; *15* — трубопровод; *16* — перфорированная труба

Такие камеры применяются лишь на ограниченном числе предприятий. Тепловлажностная обработка в них осуществляется просто. Пар через трубопровод *15* подается в перфорированную трубу *16*, расположенную в верхней части по всему периметру камеры. В момент пуска камеры в ней находится воздух, пар смешивается с ним, образуя паровоздушную смесь. Новые порции пара, который непрерывно подается в камеру и легче паровоздушной смеси, занимают верхнюю часть камеры, вытесняя паровоздушную смесь книзу.

Таким образом, в верхней части камеры образуется и все время поддерживается среда чистого пара с температурой 100 °С. Ниже в камере есть паровоздушная смесь с меньшей температурой. Таким образом, изделия, проходя путь по камере, показанный стрелками на рис. 7, сначала нагреваются, потом выдерживаются при 100 °С, а затем, опускаясь вниз, охлаждаются. Режим, созданный в камере, экономичен. Расход пара в вертикальных камерах 100–150 кг/м^3, что в 1,5–2 раза меньше, чем в ямных камерах.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР

В качестве теплоносителя для этих камер может применяться влажный пар, ТЭНы и продукты сгорания природного газа (ПСПГ). Применение последнего более эффективно, так как позволяет увеличить коэффициент использования теплоты топлива и уменьшить расход топлива — природного газа в 5 раз, а также уменьшить технологические затраты по сравнению с пропариванием.

Исходные данные для расчета камер включают следующие параметры: тип конструкции установки и используемый теплоноситель; производительность цеха; конструкция ограждения; вид бетона, подвергаемого ТВО; номенклатура выпускаемой продукции (тип изделия, его масса и объем, объем бетона в изделии, расход арматуры, габаритные размеры изделия, марка бетона) — принимаются самостоятельно по альбомам, каталогам, ТУ и ГОСТам или даются преподавателем; расход материалов (цемент, крупный и мелкий заполнители, вода) — принимается на основании расчетов, справочных данных, реальных рецептур, используемых на заводах ЖБИ и т. д.; температура окружающей среды (цеха или атмосферного воздуха для условий полигона); режим ТВО (по справочным материалам).

Ниже приведены расчеты размеров и необходимого количества тепловых установок, обеспечивающих требуемую производительность цеха.

2.1. Ямная камера

Габариты камеры определяются типоразмерами изделий, которые будут в ней пропариваться. При этом следует стремиться к максимальной загрузке камеры, что выражается коэффициентом загрузки $К_з$.

$$К_з = \frac{V_б}{V_К}, \tag{1}$$

где $V_б$ — объем бетона в плотном теле в камере, м^3;

$V_К$ — объем камеры, м^3.

Величина коэффициента загрузки камеры зависит от формы и габаритов изделий и составляет для панелей перекрытий 0,22–0,35, для лестничных площадок, прогонов, балконных плит — 0,14–0,23.

Изделия в формах следует устанавливать в камерах таким образом, чтобы была обеспечена наибольшая равномерность ТВО во всем объеме камеры.

Камеру можно проектировать для размещения в плане двух, трех или более изделий, однако ее площадь должна быть такой, чтобы грузоподъемность крана обеспечивала подъем крышки камеры. Высота камеры проектируется такой, чтобы в ней разместилось определенное число форм с изделиями при установке их в штабель на прокладки, образующие зазор между формами. Камера может быть напольной или заглубленной в землю так, чтобы ее стены выступали над поверхностью пола цеха на высоту не менее 0,7 м.

Расчет размеров ямной камеры

Длина камеры (L):

$$L = L_{изд} + 2B_з + 2B_б, \tag{2}$$

где $L_{изд}$ — длина изделия, м;

$B_з$ — величина зазора между формой и стенкой камеры (при использовании влажного пара $B_З$ составляет 0,20–0,25 м, при использовании ПСПГ — 0,4–0,5 м);

$B_б$ — толщина борта формы, равная 0,1–0,15 м.

Ширина камеры (B):

$$B = B_{изд} + 2B_з + 2B_б, \tag{3}$$

где $B_{изд}$ — ширина изделия, м;

$B_з$ — величина зазора между формой и стенкой камеры (величину зазора $B_З$ принимают равной 0,2–0,25 м);

$B_б$ — толщина борта формы, равная 0,1–0,15 м.

В ряде случаев в форме может одновременно формоваться два и более изделий. Кроме ширины и длины всех изделий, необходимо учесть и толщину разделяющих их вкладышей, которая обычно равна 0,10–0,20 м.

Высота камеры (H):

$$H = nH_ф + (n - 1)\, H_з + H_1 + H_2, \tag{4}$$

где n — количество форм в камере по высоте, шт.;

$H_ф$ — высота формы, которая складывается из толщин изделия и поддона, м;

$H_з$ — величина зазора между формами (принимается при использовании пара равной 0,05–0,1 м, при использовании ПСПГ — 0,1 м);

H_1, H_2 — величины зазоров между нижней формой и дном камеры и между верхним изделием и крышкой камеры, м (принимаются соответственно равными 0,15–0,2 м и 0,05–0,1 м).

Расчет количества камер

Годовая производительность камеры (Q_k):

$$Q_k = \frac{V_к T_ф K_з}{\tau_ц}, \tag{5}$$

где $V_к$ — объем пропарочной камеры, м^3;

$T_ф$ — годовой фонд времени работы камеры, ч;

$K_з$ — коэффициент загрузки камеры, доли ед.;

$\tau_ц$ — продолжительность полного цикла работы камеры, ч.

Объем пропарочной камеры (V_k):

$$V_k = LBH. \tag{6}$$

Продолжительность полного цикла работы камеры $\tau_ц$:

$$\tau_ц = \tau_{загр} + \tau_{нагр} + \tau_{из} + \tau_{охл} + \tau_{выгр}, \tag{7}$$

где $\tau_{загр}$ и $\tau_{выгр}$ — продолжительность загрузки и выгрузки камеры, ч;

$\tau_{нагр}$, $\tau_{из}$, $\tau_{охл}$ — соответственно продолжительность нагрева, изотермической выдержки и охлаждения, ч.

Необходимое количество камер с учетом одной-двух резервных (N):

$$N = \frac{G_г}{Q_к} + (1 \div 2), \tag{8}$$

где $G_г$ — заданная годовая производительность завода, м^3/год;

$Q_к$ — годовая производительность одной камеры, м^3/год.

Толщина стен и пола, выполняемых из бетона, обычно составляет 300–350 мм.

При монтаже стен камеры с использованием теплоизоляции наиболее распространена следующая конструкция: внутри камеры металлический лист толщиной 2–3 мм, служащий паро- и гидроизоляцией, теплоизоляционный слой толщиной 100–150 мм (минераловатные плиты или теплостойкий, до 120–150 °С, пенопласт), несущий наружный слой толщиной 100–150 мм из тяжелого бетона или керамзитобетона. При проектировании камеры с применением теплоизоляции надо помнить, что теплозащитный слой устанавливается только на внутреннюю поверхность несущей стенки, так как в противном случае расход теплоты не уменьшается, а, наоборот, увеличивается.

2.2. Кассетная установка

Размеры установки (ширина и высота), как правило, выбираются исходя из размеров формуемого изделия (длины и ширины).

Длина кассетной установки складывается из суммы толщин формуемых изделий и суммы толщин отсеков, в которые подают теплоноситель (тепловые отсеки). Обычно одновременно в кассетной ус-

тановке формуют 8–10 изделий толщиной более 200–250 мм или 16–20 изделий толщиной 100–180 мм. Возможно формование в одной кассете изделий разной толщины. Для изготовления изделий небольшой толщины между двумя тепловыми отсеками размещают два формовочных, между которыми устанавливают разделительный стальной лист. Крайние (торцевые) отсеки в кассете — тепловые. Они, как правило, защищаются теплоизоляцией. Боковые стенки кассеты (по которым производится ее разборка), днище и верх ввиду сложности монтажа такой теплоизоляции не имеют.

Толщина тепловых отсеков, в зависимости от используемого источника теплоты составляет 100–200 мм.

Далее представлен **расчет размеров и количества установок**.

Длина кассеты (L_k):

$$L_k = n_1 \cdot \Pi + n_2 \cdot \Phi, \tag{9}$$

где n_1, n_2 — количество тепловых и формовочных отсеков, шт.;

П — толщина тепловых отсеков, м;

Ф — толщина формовочных отсеков, равная толщине формуемого изделия, м.

Высота кассеты ($H_к$) и ее ширина ($B_к$) равны высоте и ширине формуемых изделий.

Годовая производительность кассетной установки (Q):

$$Q = V \cdot n \cdot К_{исп} \cdot \frac{Т_ф}{\tau_{об}}, \tag{10}$$

где V — объем одного изделия, м^3;

n — количество изделий в кассете, шт.;

$K_{исп}$ — коэффициент использования кассеты, равный 0,9;

$Т_ф$ — годовой фонд времени работы установки, ч;

$\tau_{об}$ — продолжительность одного цикла работы (оборота) кассеты, ч.

Продолжительность одного цикла работы кассеты складывается из времени распалубки, подготовки к формованию (чистка, смазка, установка арматуры и закладных деталей, сборка кассеты), укладки и уплотнения бетонной смеси и продолжительности ТВО (нагрев, изотермическая выдержка, охлаждение).

Количество кассетных установок (N):

$$N = \frac{G_г}{Q} + (1 \div 2), \tag{11}$$

где $G_г$ — заданная годовая производительность завода, м^3/год;

Q — производительность одной кассетной установки, м^3/год.

2.3. Щелевая камера непрерывного действия

Число камер определяется в зависимости от производительности формовочной линии (линий) и продолжительности цикла ТВО. Если камеры размещены под формовочной линией, их длина, как правило, равна длине формовочной линии, что связано с работой передаточных тележек, которые перемещают изделия от формовочной линии к камерам. В этом случае в камерах можно производить часть предварительной выдержки до ТВО продолжительностью 1–2 ч. Если камеры размещены в стороне от формовочной линии, например вынесены из пространства цеха, их длина может отличаться от длины формовочного конвейера (в меньшую сторону) и определяться исходя из технологических соображений. Однако в любом случае длина камеры должна обеспечивать принятый режим ТВО.

Размеры щелевой камеры

Часовая производительность всех камер ($N_ч$):

$$N_ч = \frac{G}{(T_ф \cdot V)}, \tag{12}$$

где G — годовая производительность, м^3/год;

$T_ф$ — годовой фонд времени работы камер, ч;

V — объем одного изделия, м^3.

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru