

# Твердение ЖБ изделий



- **Сокращение времени набора отпускной прочности ЖБ изделий необходимо для**
  - **большей обрачиваемости форм,**
  - **более эффективного использования оборудования**
  - **повышения производительности предприятий.**

- **Твердение железобетонных изделий** может происходить в **естественных условиях** при нормальной температуре и в условиях тепловой обработки (искусственные условия твердения).
- **Тепловая обработка, позволяющая ускорить твердение бетонной смеси, является, неременной операцией при заводском изготовлении железобетонных изделий.**
- В настоящее время применяют следующие виды тепловой обработки:
  - а) **пропаривание изделий** при нормальном давлении при температуре 60—100°С;
  - б) **запаривание изделий в автоклавах**, насыщенным водяным паром при давлении 0,9—1,3 МН/м<sup>2</sup> (9—13 атм) и температуре 175—191° С;
  - в) **контактный обогрев** изделий;
  - г) **электропрогрев** путем пропускания электр. тока через толщу бетона;
  - д) **обогрев бетона инфракрасными лучами.**
- Кроме того, **исследуется горячее формование**, при котором бетонную смесь перед укладкой в форму в течение 8—12 мин

- **Для формирования структуры бетона особенно важным являются влажностные условия твердения, поэтому во многих случаях следует отдать предпочтение тепловлажностной обработке железобетонных изделий (пропариванию и запариванию). Тепловую обработку железобетонных изделий проводят до достижения бетоном прочности около 70% проектной, что позволяет транспортировать изделия на строительную площадку и монтировать конструкции из них.**
- **Пропаривание при нормальном давлении производят в камерах периодического или непрерывного действия, оно является наиболее экономичным способом тепловой обработки. Из камер пропаривания периодического действия широкое применение имеют камеры ямного типа**  
**Станки камеры обычно делают бетонными**

- **Отформованные изделия, находящиеся в формах или на поддонах, загружают в камеру в несколько рядов по высоте, после чего камеру закрывают крышкой, препятствующей потере тепла и пара. Пар в камеру подается из котельной постоянно в зависимости от установленного режима пропаривания так, что обеспечивает скорость повышения температуры в камере от 20 до 35° С в 1 ч, до максимальной— 85—100° С. При этом изделие прогревается на всю толщину и выдерживается при этой температуре 6—8 ч, после чего постепенно охлаждается. Продолжительность пропаривания зависит от состава бетона и свойства цемента и составляет около 14— 20 ч для пластичных бетонных смесей и 4—8 ч — для жестких.**
- **Применение быстротвердеющих цементов позволяет сократить продолжительность изотермической выдержки (при более низкой температуре прогрева 70—80° С) и уменьшить общее время пропаривания до 8—10 ч.**

- **Изделия из легких бетонов вследствие их меньшей теплопроводности требуют более продолжительного времени тепловой обработки. Камера пропаривания непрерывного действия представляет собой туннель, обеспечивающий установленный режим пропаривания для изделий, вкатываемых на вагонетках с одной стороны туннеля и выкатываемых с другой. За время пребывания в камере туннельного типа изделия проходят зону подогрева, изотермического прогрева при максимальной температуре и зону охлаждения. Туннельные камеры применяют главным образом при конвейерном способе производства. Тепловая обработка бетона в камерах пропаривания ускоряет время твердения его по сравнению с твердением в естественных условиях примерно в 7—8 раз.**

- **Контактный обогрев изделий осуществляют путем непосредственного соприкосновения изделия с источником тепла или с нагревательными приборами, обогреваемыми стенками формы или основанием станда (при стандовой технологии) и т. п. В качестве источника тепла используют насыщенный водяной пар, горячую воду, масла и др. Этот способ тепловой обработки применяют при изготовлении тонкостенных изделий в кассетах при достаточной их герметизации. Кроме того, с помощью этих теплоносителей осуществляется обработка некоторых видов изделий в термобассейнах (твердение изделий в горячей воде). После тепловой обработки технология изготовления железобетонных изделий, если не требуется дальнейшая отделка поверхности, заканчивается. Отдел технического контроля**

- **Запаривание изделий в автоклавах — специальных, герметически закрывающихся аппаратах, состоит в том, что при давлении насыщенного водяного пара  $0,9—1,3 \text{ МН/м}^2$  (9— 13 атм) вода сохраняется в жидкой фазе даже при температуре  $175—191^\circ \text{ С}$ . Это создает благоприятные условия ускорения твердения и образования соединений, имеющих свойства цементирующих веществ высокой прочности.**
- **Поскольку бетон набирает прочность в автоклаве в первые 4—6 ч прогрева, то в автоклавах с давлением в  $1,1—1,3 \text{ МН/м}^2$  (11 —13 атм) можно сократить длительность изотермического прогрева до 3—5 ч.**



- **Тепловая обработка бетонных и железобетонных изделий**

**1.** Тепловая обработка сборных бетонных и ЖБ конструкций и изделий производится с применением режимов, обеспечивающих минимальный расход тепловой энергии и ускоренное достижение заданной прочности бетона.

**2.** Тепловая обработка тяжелого бетона может осуществляться тепловых установках периодического и непрерывного действия (пропарочные камеры периодического и непрерывного действия, кассетные установки, термоколпаки).

**3.** В качестве теплоносителя в этих камерах могут применяться насыщенный водяной пар, паровоздушная смесь, аэрированная горячая вода.

**4.** Во избежание значительных влагопотерь при тепловой обработки изделий с открытыми поверхностями обязательным является обеспечение влажности среды не менее 90-96% или защита открытых поверхностей изделий влагонепроницаемыми материалами или пленкообразующими составами.

**5.** Расчетные режимы тепловой обработки изделий (подъем температура + изотермическое выдерживание + остывание) для достижения 70 % отпускной прочности бетона. Период предварительного выдерживания должен приниматься равным 1-2 час.

**6.** Скорость нагрева бетона на поверхности изделий не должна превышать 20°С/ч. Исходя из этого условия следует назначать

скорости подъема температуры среды в камере

**Режимы тепловой обработки изделий подбираются для каждого вида**

**изделий и приводятся в технологических картах.**

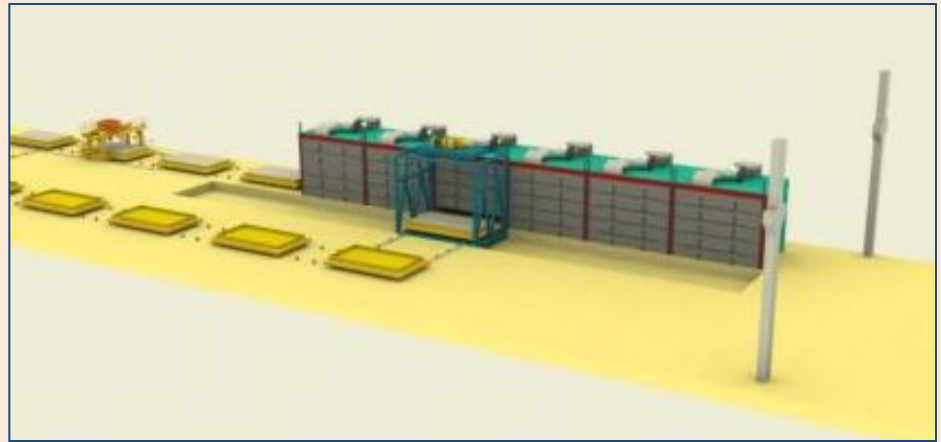
**График тепловлажностной обработки**



**Примечание:**

- 1. Предварительная выдержка изделий**
- 2. Подъем температуры до  $80^{\circ}\text{C}$**
- 3. Изотермическая выдержка при температуре  $80^{\circ}\text{C}$**
- 4. Остывание изделия**

# Тупиковые камеры



- **Вариант расположения тупиковых камер в технологической линии в середине пролета производственного цеха.**
- **Камеры имеют возможность быть разделёнными на любое количество отсеков и ярусов. Ограничением служит только габариты здания и теплогенерирующие мощности.**

**Каждый отсек камеры может иметь автономную систему теплоснабжения, т.е. может работать независимо и режим термообработки может регулироваться.**

**Каждый ярус камеры оснащается специальными шторными воротами, которые открываются или закрываются при загрузке (разгрузке) яруса. Для термической обработки изделий в камере могут быть использованы: пар, горячая вода, продукты сгорания природного газа, а также электричество.**

**Конструктивной особенностью данного вида камер служит широкая возможность автоматизации процессов тепловой обработки с централизованной диспетчеризацией.**





Конвейерное производство  
доборных элементов



**Тупиковые камеры  
(в торце линии)**

# Тупиковые камеры (в торце линии)

## **Многоярусная тупиковая вертикальная камера ТО.**

**Термообработка изделий осуществляется в 8-ми ярусной вертикальной тупиковой камере периодического действия. Камера разделена на 4 отсека и 2 яруса. Каждый отсек имеет автономную систему теплоснабжения, т.е. работает независимо и режим термообработки может регулироваться. Ограждающие конструкции камеры выполняются из эффективного теплоизоляционного материала. Каждый ярус оснащается шторными воротами, которые открываются или закрываются при загрузке (разгрузке) яруса. Работа лифта подъемника предусматривается в 3-х режимах: в ручном, автоматическом (релейная автоматика) и программно-электронном (компьютерном). Теплоноситель — «горячий» воздух, подаваемый в камеру калориферной паровоздушной**

# Тоннельные камеры

- Вариант применения тоннельных камер при производстве трехслойных железобетонных панелей наружных стен на агрегатно-конвейерной линии.
- **8-ми ярусная вертикальная тоннельная камера периодического действия.** Камера разделена на 4 отсека и 2 яруса. Каждый отсек имеет автономную систему теплоснабжения, т.е. работает независимо и режим термообработки может регулироваться. Конструкция камеры позволяет установить непрерывной режим ТО. Ограждающие конструкции камеры выполняются из эффективного теплоизоляционного материала. Каждый ярус оснащается шторными воротами, которые открываются или закрываются при загрузке (разгрузке) яруса. Работа подъемника и снижателя предусматривается в 3-х режимах: в ручном, автоматическом (релейная автоматика) и программно-электронном (компьютерном). Теплоноситель – «горячий» воздух, подаваемый в камеру калориферной паровоздушной системой. Процесс термообработки автоматизирован.





Производство наружных стеновых панелей по конвейерной технологии



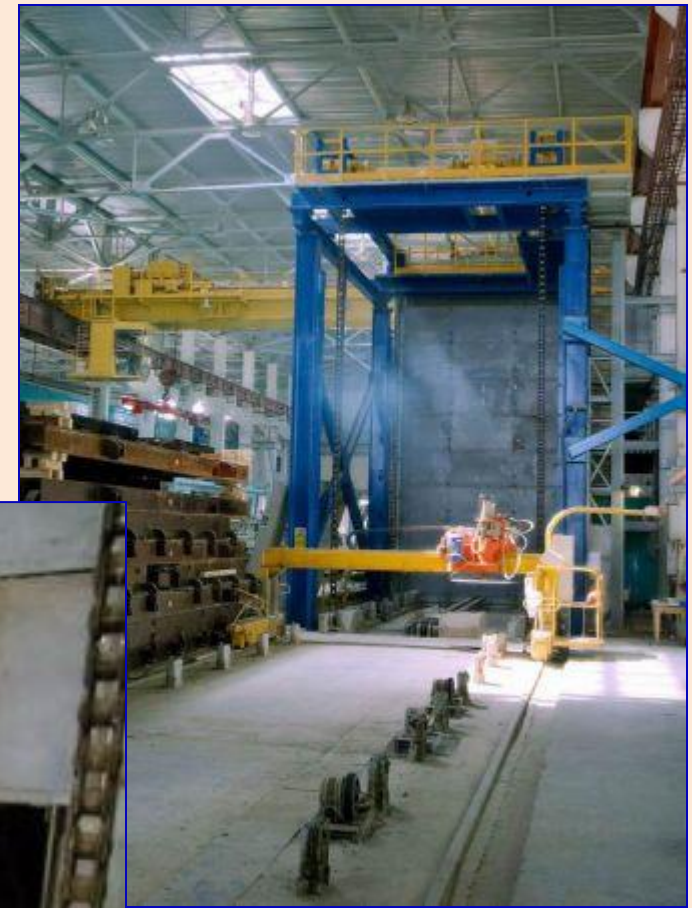
количество поддонов в камере т.о.	40
количество отсеков в камере, шт	4
количество ярусов в каждом отсеке, шт	2
продолжительность ТО, ч	15,3
температура среды при термообработке, °С	70



# Шторки пропарочной камеры

- Все ярусы камеры заперты сдвижными крышками-створками, имеющими по два кармана на одном уровне.  
Механизм устанавливается на подъемной платформе подъемника-снижателя.

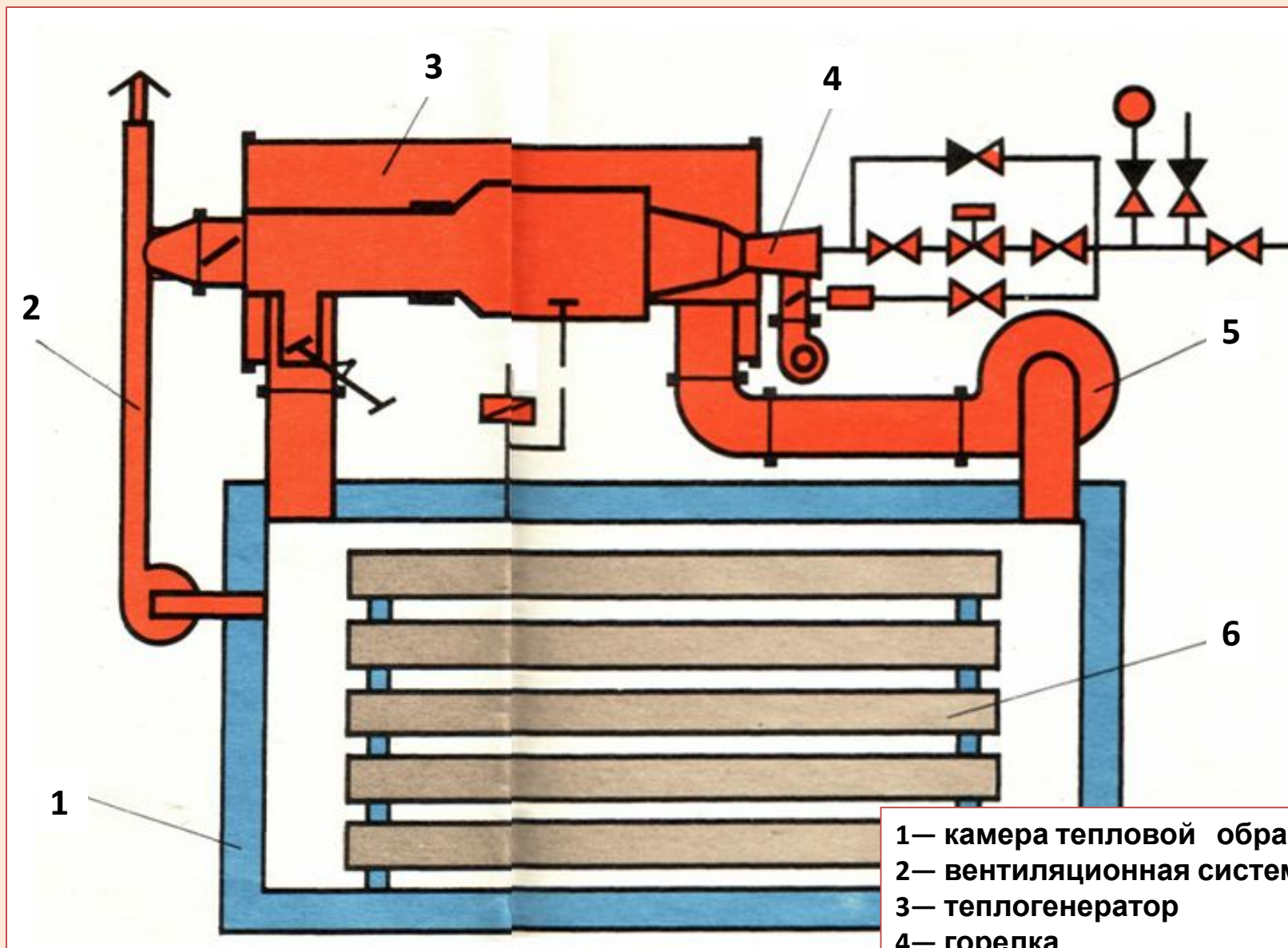




# Принцип работы

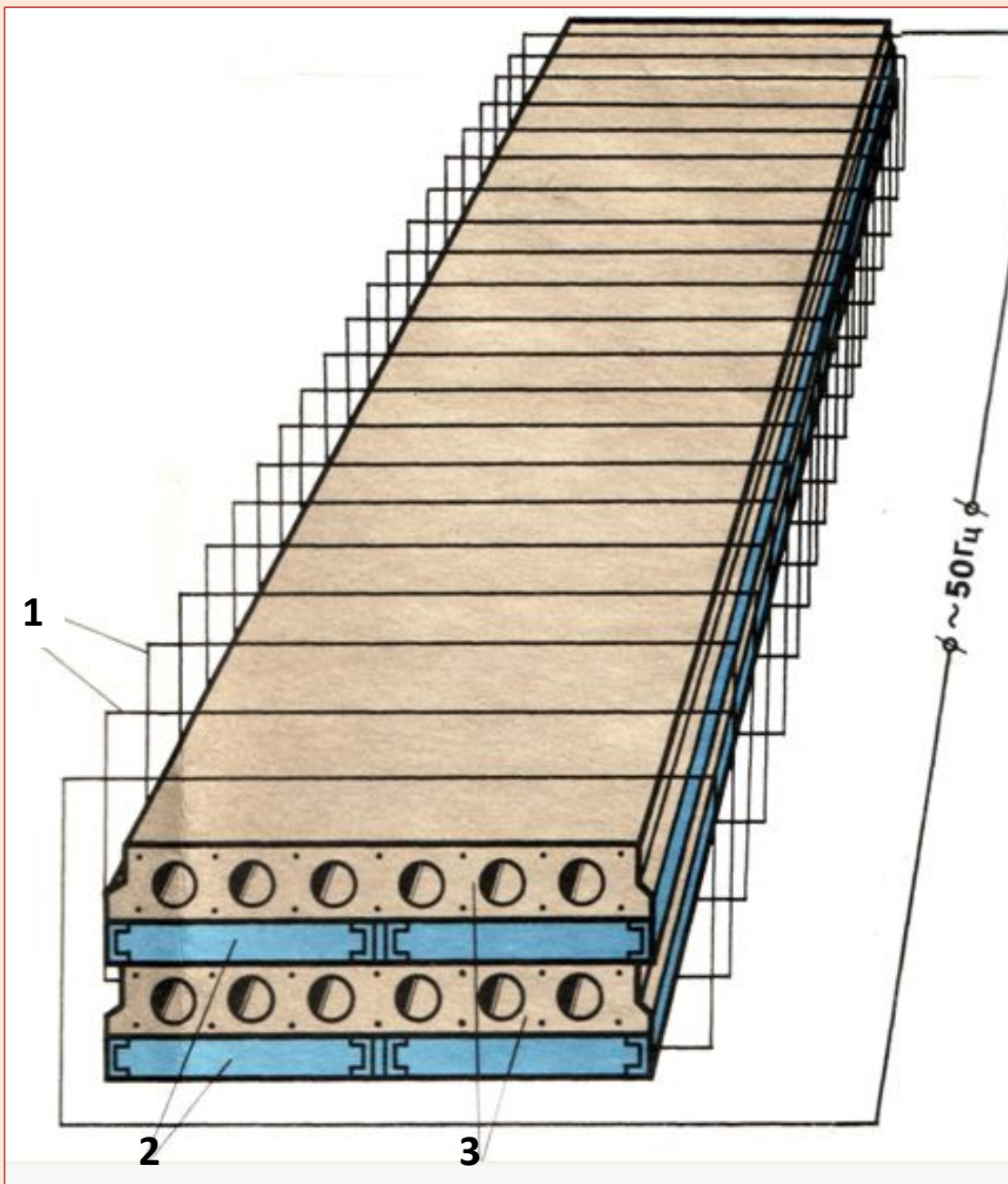
- В исходном положении все ярусы пропарочной камеры закрыты. Для открывания определенной камеры подъемная платформа подъемника-снижателя выводится на заданную высоту относительно яруса.
- При включении привода подъема звездочки приводного вала перемещают тяговые цепи, которые приводят в движение вертикальные штанги, воздействующие на нижние плечи рычагов; штанги вводят верхние плечи рычагов в карманы выбранной створки; затем упоры штанг упираются в рамы кареток и перемещаются вместе с ними вверх на шаг, соответствующий открытию камеры для дальнейших транспортных операций. Каретки удерживаются в неподвижном положении встроенным в мотор-редуктор тормозом. Вместе с каретками перемещаются и створки камеры. Для опускания створок операции повторяются в обратном порядке.
- Для открывании яруса происходит подъем створки выбранного яруса и створок, которые находятся над ней. Створки нижних ярусов остаются закрытыми. Высота подъема

# КАМЕРА С ГАЗОВЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ И УВЛАЖНЕНИЕМ



- 1— камера тепловой обработки
- 2— вентиляционная система
- 3— теплогенератор
- 4— горелка
- 5— рециркуляционный вентилятор
- 6— железобетонные изделия

# ИНДУКЦИОННАЯ КАМЕРА



- 1— индукционная обмотка
- 2— металлические формы
- 3— железобетонные изделия

- **Камеры пропаривания ямного типа** полностью или частично располагают ниже отметки пола цеха или полигона. Стенки камер выполняют из ЖБа. Сверху камеры закрывают съемными крышками, которые должны быть паронепроницаемыми и обеспечить надежную теплоизоляцию.
- Полы камер выполняют из бетона с уклоном, для удаления конденсата через гидравлический затвор (сифон) с уловителем (отстойником). Подача пара в камеры производится через кольцевые перфорированные паропроводы, укладываемые вдоль стен или в специальных нишах. Понижение температуры среды в камерах может производиться путем поливки изделий водой, отсосом пара и горячего воздуха вентиляторами и естественным остыванием. Изделия укладывают в ямных камерах в несколько ярусов по высоте на прокладках или на специальные стойки с автоматическими



# Технология пропаривания

Чтобы избежать возникновения значительных напряжений в бетоне за счет перепада температур в наружных и внутренних его слоях, подъем температуры среды в камерах и установках для пропаривания следует производить постепенно с учетом состава и консистенции бетонной смеси.

- В случае автоматического регулирования при пропаривании распалубленных изделий, изделий в формах, но с большой долей открытой поверхности, а также недостаточном сроке выдерживания перед тепловой обработкой подъем температуры в камере независимо от толщины изделий рекомендуется производить со скоростью: в 1-й час —  $10^{\circ}\text{C}$ , во 2ч —  $15\text{—}20^{\circ}\text{C}$ , в 3ч —  $20\text{—}30^{\circ}\text{C}$  и т. д.
- При ручном регулировании подачи пара используют ступенчатый подъем температуры: 1,5 ч — до  $35\text{—}40^{\circ}\text{C}$ , 1—2 ч — выдерживание при этой температуре, 1 ч — дальнейший подъем температуры до максимальной.

# Технология пропаривания

Продолжительность подъема температуры при пропаривании бетонов, приготовленных из смесей с подвижностью более 7 см, увеличивается на 20—30%, а полученных из жестких смесей (более 60 с) — сокращается на 15—20% по сравнению с рекомендуемой. Если свежесформованные изделия загружают в предварительно подогретую или не успевшую остыть от предыдущего цикла камеру, целесообразно в течение 1—2 ч выдерживать их в камере без пуска пара, а это время включать в период подъема температуры.

- ТВОу предварительно напряженных конструкций на стендах для достижения отпускной прочности рекомендуется вести по ступенчатому режиму:  
подъем температуры до 50° С — 2 ч,  
изотермический прогрев при 50° С — 4 ч, повышение температуры до 80—85° С — 1ч, выдержка



[WWW.BIKORGBI.RU](http://WWW.BIKORGBI.RU)



[WWW.BIKORGBI.RU](http://WWW.BIKORGBI.RU)



WWW.BIKORGBI.RU



[WWW.BIKORGBI.RU](http://WWW.BIKORGBI.RU)



[WWW.BIKORGBI.RU](http://WWW.BIKORGBI.RU)



**Установка подачи теплоносителя  
программируется  
в зависимости от внешних условий**



**Оборудование тепловой обработки** предназначено для контроля температуры под изотермическим чехлом с помощью термопары ТП, сигнал с которой поступает на прибор ТРМ 151-3 и сравнивается с заданной установкой технолога.

**Клапан регулирующий 25ч945нж** предназначен для непрерывного регулирования параметров рабочей среды (давления, расхода, температуры и т.д)



Универсальный программный ПИД-регулятор ТРМ 151-3

регулятор ТРМ 151-3

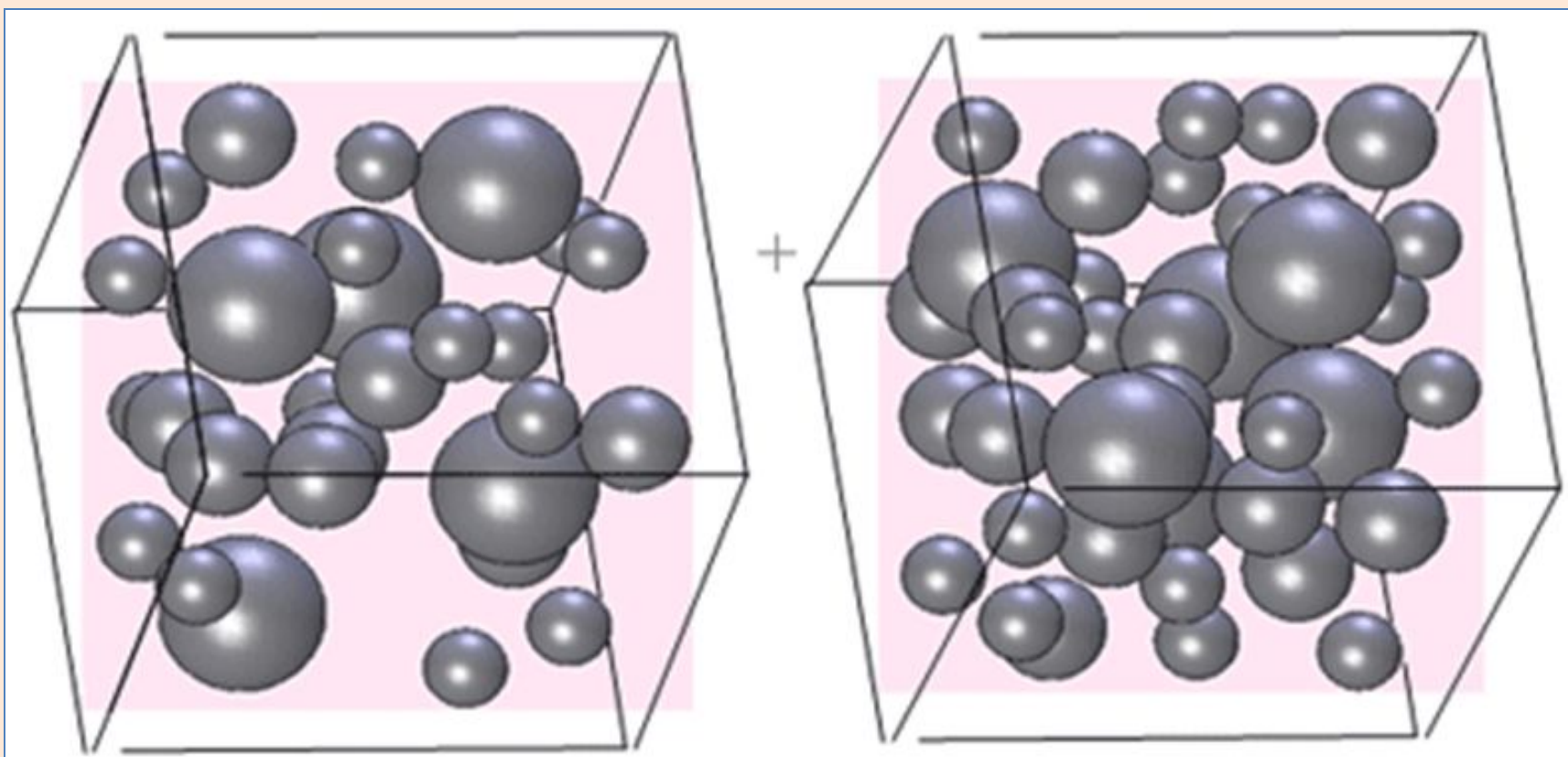
Клапан регулирующий



Термопара

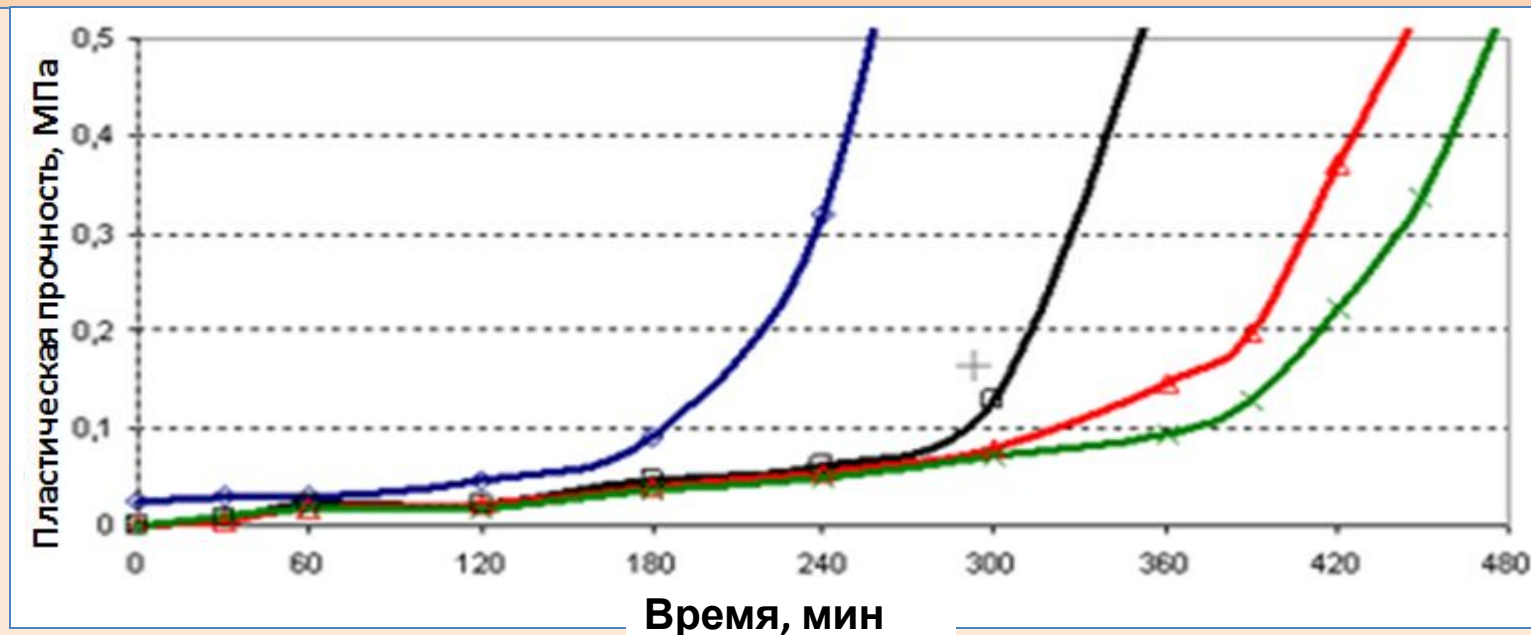
**Беспарочная  
технология при  
производстве  
бетона и  
железобетона**

- В России 85% сборного бетона и железобетона производится по технологии, основанной на тепловлажностной обработке изделий при температуре около  $80^{\circ}\text{C}$ , что позволяет обеспечить быстрый набор прочности бетона в раннем возрасте.
- Эта технология имеет ряд недостатков:
  - ухудшение структуры цементного камня и снижение конечной прочности и морозостойкости бетона,
  - большие энергозатраты,
  - ослабление контактной зоны цементного камня с преднапряженной арматурой и полимерными закладными элементами .
- Наиболее перспективным является внедрение беспрогривной или малопрогривной технологии



**Влияние водоцементного отношения на объем межзернового пространства цементного теста (слева- без добавки суперпластификатора, справа- с добавкой суперпластификатора)**

- К сожалению, все пластифицирующие добавки увеличивают индукционный период твердения портландцемента, т.е. замедляют набор пластической прочности цементного теста в ранний



—◆— Без добавок     
 —+— С-3 0,5%     
 —+— С-3 0,7%     
 —+— С-3 0,9%

**Влияние суперпластификатора С-3 на нарастание пластической прочности цементного теста при постоянном В/Ц**

- На кафедре «Строительные материалы и технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения разработана комплексная добавка «Петролафс», предназначенная для внедрения **в беспрогревных и малопрогревных технологиях** производства бетона. Сравнительные испытания бетонов с различными комплексными добавками, твердевших при температуре 30°С, приведены в таблице.

Эффективность влияния комплексных добавок на раннюю прочность бетона (температура твердения 30° С)

Добавка	Кол-во добавки, % массы цемента	Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	Водоцементное отношение	Жесткость, с	Предел прочности в возрасте 12 ч, МПа %
Без добавок	—	470	0,35	5-7	<u>24,8</u> 100
Петролафс	1,25	470	0,30	5-7	<u>36,1</u> 145,6
Лигнопан	1,25	470	0,30	5-7	<u>29,9</u> 120,6
Реламикс	1,25	470	0,30	5-7	<u>28,1</u> 113,3
Мегалит С-3 РТ	1,0	470	0,30	5-7	<u>27,0</u> 108,9

- Внедрение беспроепарочной и малопроепарочной технологии производства железобетонных конструкций на основе применения комплексных добавок в настоящее время технически возможно и экономически оправдано. **Кроме экономии ресурсов и снижения себестоимости достигается упрощение технологии и повышение качества и долговечности продукции.**