

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра строительного производства

**Современные технологии в условиях
реконструкции и геотехнического
строительства**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине

**Современные технологии в условиях
реконструкции и геотехнического
строительства**

Для студентов-магистрантов по направлению подготовки
08.04.01 Строительство

Направленность
Архитектурное проектирование, реконструкция и
геотехническое строительство

Краснодар
КубГАУ
2019

Составитель: Г.С. Молотков.

Современные технологии в условиях реконструкции и геотехнического строительства: метод. указания для самостоятельной работ/ сост. Г.С. Молотков : КубГАУ, 2019. – 283 с.

В методических указаниях описываются строительные технологические системы, современное строительство дорог, работы нулевого цикла, методы устройства свай и фундаментов, защита и усиление сооружений, новые технологии строительства малоэтажных зданий с применением тонкостенных стальных профилей, энергосберегающие и энергоэффективные технологии строительства, инновационные технологии разноэтажного строительства, строительство в сложных климатических и геологических условиях, зарубежный опыт инновационного строительства.

Предназначено для студентов-магистрантов специальности 08.04.01 «Строительство». Направленность: «Архитектурное проектирование, реконструкция и геотехническое строительство (программа магистратуры)».

Рассмотрено и одобрено методической комиссией архитектурно-строительного факультета Кубанского государственного аграрного университета, протокол № 2 от 22.10.2019.

Председатель
методической комиссии



А. М. Блягоз

© Молотков Г.С.
составление, 2019
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилына», 2019

Оглавление

Введение.....	9
Глава 1. Строительные технологические системы.....	11
Прогресс техники и науки в строительстве в XXI веке.....	11
Нанотехнологии в строительстве.....	19
Усиление металлических и каменных конструкций углеволокном.....	20
Приготовление легкого бетона на древесном заполнителе	20
Усиление деревянных конструкций углехолстами.....	22
Прозрачные наногели (аэрогели) и термопена для теплоизоляции стен и крыш зданий	22
Жидкая резина — гидроизоляция будущего	24
Вакуумная теплоизоляция строительных конструкций	25
Инновационная стеклопластиковая арматура в технологии строительных работ ...	26
Стеклопластиковая арматура и ее виды	26
Внешнее стеклопластиковое армирование	27
Стеклопластиковая арматура: коррозионная стойкость.....	27
Стеклопластиковая арматура: применение при ремонте железобетонных конструкций	28
Энергосберегающая технология утепления наружных стен зданий базальтофибробетоном	28
Глава 2. Современное строительство дорог, работы нулевого цикла	35
Новые способы устройства дорожного покрытия	36
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	36
Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве.....	37
Устройство асфальтобетонных покрытий методом высокотемпературной запрессовки	39

Цементобетонное покрытие дорог.....	40
Современные методы прокладки инженерных сетей.....	41
Бестраншейные технологии подземного строительства	41
Подземная прокладка коммуникаций.....	42
Бестраншейные методы в России	44
Глава 3. Методы устройства свай и фундаментов	45
Устройство фундаментов методом вибропогружения	45
"Стена в грунте"	46
Технология "полого шнека" (CFA).....	46
Технология "непрерывного шнека" (CFA) для сооружения свайных фундаментов.....	47
Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки	48
Технология подземного строительства top-down (Бельгия)	50
Погружение шпунтовых свай.....	52
Инновационные решения для свайного фундаментостроения	53
Способ устройства буроинъекционных свай по технологии Гидроспецстроя (микросваи).....	55
Стальные трубчатые сваи, открытые снизу.....	58
Способ сооружения пакета буронабивных свай	58
Способ устройства инъекционной сваи	59
Сваи вдавливания	60
Буроинъекционные сваи	61
Глава 4. Защита и усиление сооружений	63
Укрепление оснований и фундаментов.....	63
Метод восстановления трубопроводов.....	63
Способ защиты свайного фундамента от морозного пучения	64
Способ выравнивания сооружений.....	65
Способ исправления положения здания, сооружения, подвергшегося неравномерному морозному пучению.....	66
Способ усиления фундамента здания.....	66
Грунтовые анкеры	66
Противофильтрационные завесы	67

Способы закрепления слабых грунтов	68
Закрепление грунта совместным затвердеванием грунтоцементной и буронабивной свай	68
Способ глубинного компенсационного уплотнения грунта.....	69
Способ закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов	70
Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах.....	71
Укрепление грунтов методом "Геокомпозит"	72
Закрепление грунтов методом Jet-grouting	73
Способ закрепления слабых грунтов при вибрационном подгружении инъектора.....	75
Способы гидроизоляции подземной части здания и сооружения	76
Инъекционная система JOCO (Германия).....	77
Способ гидроизоляции подземной части с помощью гидроизоляционной мембраны	79
Способ защиты пористых материалов от проникновения влаги	80
Новые способы усиления конструкций.....	80
Усиление конструкций с использованием композиционных материалов на основе углеродных волокон	80
Применение вклеенных стержней системы ЦНИИСК для соединения и усиления клееных деревянных конструкций	86
Эффективные решения утепления конструкций.....	87
Эффективные решения утепления стен подвала от промерзания	87
Способ утепления конструкций пенным теплоизоляционным материалом SEALECTION Agribalance.....	90
Применение порошковой теплоизоляции с вакуумированием в строительстве	91

Глава 5. Новые технологии строительства малоэтажных зданий с применением тонкостенных стальных профилей.....

95

Сооружения строительства по системе Genesis	96
Технология системы Талдом-Профиль	97
Технология быстровозводимых бескаркасных зданий из высокоэффективных стальных конструкций.....	101
Бескаркасные ангары	104
Быстровозводимые здания ангарного типа Ruukki (Финляндия).....	105
Здания системы Трасскон.....	109

Глава 6. Энергосберегающие и энергоэффективные технологии строительства	111
Энергосберегающие строительные системы.....	111
Энергоэффективный дом	111
Пассивный дом	114
Активный дом (Дания).....	116
Возведение купольных домов	117
Экодом (Россия).....	122
Энергосберегающие инженерные системы.....	123
Инновационные технологии энергосбережения систем теплоснабжения.....	123
Интеллектуальный дом	124
Использование биотоплива	126
Лучистая система отопления	127
От тэнов к тепловым трубам и термосифонам	128
Инновационное решение защиты кровли от снега.....	129
Кабельная антиобледенительная система Теплоскат	131
Технология защиты крыши от снега и наледи DEVI (Дания).....	132
Способ защиты водоотводящих систем кровель зданий от обледенения.....	134
Инфракрасные потолочные панели Finnstrip.....	135
Инновационное отопление дома греющей фольгой Alson (Финляндия).....	136
Инфракрасная греющая пленка Hot Film для теплых полов и обогрева.....	138
Энергоэффективные системы нагрева воды Корди	139
Использование солнечной энергии для нагрева	141
Применение стеклопрофилита в строительстве общественных зданий	142
Виды фасадного остекления.....	145
 Глава 7. Инновационные технологии разноэтажного строительства	 153
Сборно-каркасное домостроение.....	153
Армированные плиты Eltomation.....	154
Технология Фибролит (Россия).....	155
Утеплитель Polarit Comfort	157
Технология клееных деревянных конструкций HAUS-KONZEPT (Германия).....	159
Технология Durisol (Бельгия).....	161
Технология Геокар (Германия)	167

Технология SIP (Канада).....	170
Инновационная строительная система Термокаркас	173
Система утепления фасада Capatect	175
Утепление дома эковатой	176
Утепление дома пенополиуретаном (ППУ)	177
Современные технологии монолитного домостроения.....	178
Система Velox (Австрия).....	178
Система Фортмастер (Италия)	180
Технология PLASTBAU (Германия)	185
Технология ABS бетонирования в несъемной опалубке	187
Технология ИЗОДОМ (Россия).....	190
ARXX — несъемная опалубка из пенополистирола	193
Технология строительства Теплый дом	195
Технология армосистемы COTA (США)	197
Технология поризованного (аэрированного) монолитного бетона (Россия).....	200
Система ТеРем.....	203
Блоки несъемной опалубки, выполненные из облицовочных плит	213
Несъемная опалубка из древесно-минеральных материалов	214
Технология GRUBER (Австрия)	215
Технология Симпролит (Россия)	215
Опалубка Dobeles panelis	217
Энергоэффективные, малозатратные и экологически чистые технологии сборно-монолитного домостроения.....	220
Технология сборно-монолитного каркасного домостроения.....	224
Сборно-монолитное строительство зданий повышенной этажности.....	233
Металлокаркас	236
Сравнительный анализ технико-экономических показателей различных типов жилых домов	237
Сравнительные характеристики различных видов каркасных зданий.....	238
Безшовная технология сборного домостроения	240
Технологическая линия Тенсиланд под производство железобетонных изделий.....	242
Способ возведения монолитной строительной конструкции здания или сооружения "БЛИСС ХАУС"	244
Способ возведения монолитных стен жилых домов, зданий и сооружений в комбинированной опалубке	245
Возведение наружных стен из строительных блоков.....	245

Технология полистиролбетона и блоков из него (Россия)	245
Технология газо-, пенобетона Сибит (Россия)	251
Пенобетон.....	254
Система блоков Теплостен (Россия).....	263
Технология НИИ "Техноблок" (Россия)	268

Глава 8. Строительство в сложных климатических и геологических условиях. Зарубежный опыт инновационного строительства 271

Строительство в условиях Крайнего Севера и жаркого климата	271
Возведение зданий и сооружений под куполом	271
Инверсионные кровли	272
В сейсмоопасных районах	275
Устройство для защиты зданий и сооружений от вибрации	275
Китай. Высокоскоростная технология строительства	276
Новая Зеландия. Технология скоростной сборки мобильного завода металлоконструкций	276
Швеция. Роботизированная разборка зданий	277
Канада. Крыша, которая производит энергию	278
Италия. Новейшие конструктивные схемы и технологии дома	279
Крупнейшая крыша на солнечных батареях в Италии	279
Германия. Новые строительные материалы	280
США. Новые строительные материалы	282
Самый легкий строительный материал в мире.....	282
Электропроводный бетон	282
Кирпичи из сажи	283
Новый материал для улавливания загрязняющих веществ	283
Справочная информация	285

Введение

В переводе с греческого слово "techne" определяется как искусство, мастерство, умение. Технология — это совокупность приемов и способов обработки и переработки различных сред. Ушедший век стал поворотным в технологическом плане. Если в XX веке думали, *что* сделать, то теперь надо думать, *как* сделать. Раньше при строительстве старались получить максимальную скорость и наивысшую производительность, стремились к большим, рекордным мощностям, новым машинам, приборам и устройствам. Вся потерянная масса — рассеянное тепло, несгоревшие ресурсы — уходила в атмосферу, порождая экологические проблемы. Гигантские силы, деньги, сырье в этом случае уходят "в струю".

В разработке новых технологий все очень непросто. Ряд авторов отмечает факт кризиса фундаментальных инноваций абсолютно во всем мире, причем во многих областях. Например, в технологиях преобразования материалов и энергии — в конечном продукте потребляется не более 7 % добытого природного сырья, остальное уходит в отвал или используется напрасно.

Сложившаяся ситуация привела к новым тенденциям развития строительных производственных технологий:

- ❑ переход от дискретных (циклических) технологий к непрерывным (поточным) производственным процессам, как наиболее эффективным и экономичным;
- ❑ внедрение безотходных технологических циклов в составе производства, как наиболее экологически целесообразных;
- ❑ повышение наукоемкости "высоких" технологий, как наиболее приоритетных в строительстве.

Данная книга предназначена показать практически используемые технологии, направленные на повышение энергоэффективности процессов строительства зданий и сооружений, а также рассказать читателю о возможностях совершенствования традиционных строительных технологий.

Глава 1

Строительные технологические системы

Прогресс техники и науки в строительстве в XXI веке

Начало XXI века ознаменовано интенсивным развитием строительно-технологических систем и внедрением эффективных инновационных технологий при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Под *строительной технологической системой* следует понимать совокупность взаимосвязанных элементов инженерной системы, объединенных единым конструктивно-технологическим решением, направленным на повышение качества, надежности, долговечности и эффективности строительства.

В современных условиях *технология* (techno — искусство, мастерство, logos — мысль, слово) есть способ взаимодействия функционирующих систем, образующих простые и комплексные процессы, определяющим фактором которых является степень потенциала инженерного интеллекта, интеллектуального уровня развития строительной отрасли, наличие инновационных технологий и элементов нанотехнологий.

Концепция развития и самосовершенствования технологии строительного производства состоит в комплексном единстве составляющих элементов системы: *строительные материалы, строительные конструкции, методы и способы производства работ, организация, планирование и управление производством, контроль качества СМР*, которые тесным образом взаимосвязаны между собой. При возведении здания или сооружения реализуются наиболее оптимальные технологии, образуя саморегулируемые (эргатические) системы, которые непрерывно развиваются.

Таким образом, *функциональные системы* состоят из элементов (структурных блоков, *n*), таких как: строительные материалы, конструкции, машины и оборудования, методы организации работ. Строительно-технологическая система может иметь несколько уровней развития. Переход на более высокий уровень технологии может происходить при инновационном прорыве в одном или нескольких факторах технологической цепочки, когда количество переходит в новое качество. Тогда появляется новая, более развитая система нового уровня. Динамичное развитие и появление новых инженерных идей, модернизация строительства, внедрение инноваций и нанотехнологий способствует прогрессу в области строительства и совершенствованию качества во всех элементах и звеньях технологической цепи.

Схематическое изображение "концептуального моста" между системным уровнем технологии строительного производства и элементами строительно-технологических систем по методике академика Анохина А. П. изображено на рис. 1.1.

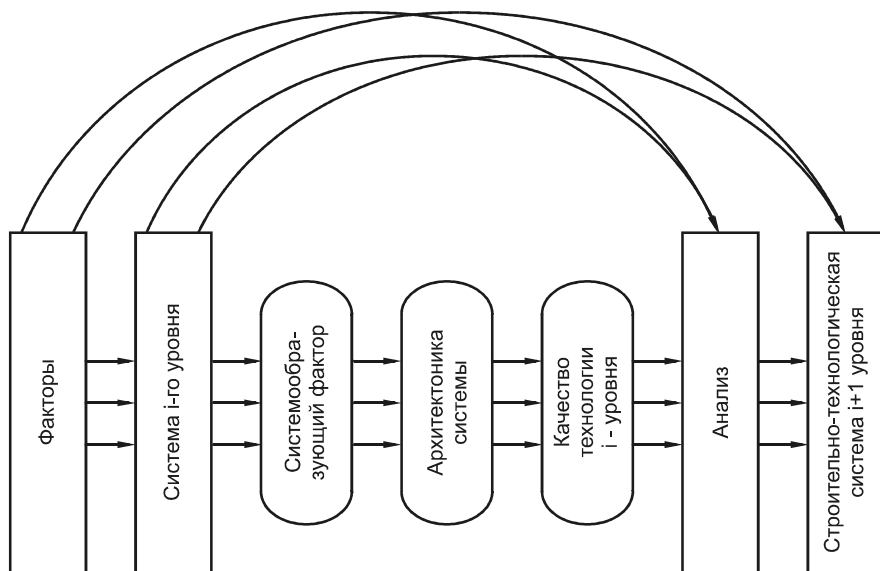


Рис. 1.1. Структура системного изображения различных уровней технологии строительного производства и элементов строительно-технологических систем

Из рис. 1.1 видно, что при динамическом развитии строительного производства оно из одного состояния качества переходит на новый более высокий интеллектуально развитый уровень качества.

Логистическое развитие функциональной системы предполагает соответствующую систему качества на каждом этапе жизненного цикла и дифференциальный критерий оценки качества строительно-монтажных работ.

О качестве технологии можно судить по критериям и значениям различных групп показателей: экологических, экономических, социальных, конструктивно-технологических.

При этом строительная система постоянно изменяется, она может деградировать при определенных условиях и стремительно развиваться высокими темпами. При этом необходима диагностика качества технологии. Оценка "ЦЕНА = КАЧЕСТВО" помогает выявить уровень интеллектуального потенциала и прогнозировать необходимые и достаточные условия дальнейшего развития строительной системы.

Ввод в 1986 году в Японии строительного завода-автомата доказал, что не интенсивный труд рабочих, а потенциал интеллекта специалистов, реализованный в инновационные технологии, является главным источником научно-технического прогресса. Именно с этого этапа начинается в мире технологический бум, а практические науки востребованы сейчас, как никогда. Особенное внимание привлекают инновационные технологии будущего.

Новые технологические идеи, воплощенные в прогрессивные строительные системы, уже качественно отличаются от прежних тем, что они ориентированы, наконец, на человека, на создание комфортных условий работы и проживания в новостройках. Технолог-строитель активно участвует в создании нанотехнологий и нововведений нового поколения строительной продукции. Появились признаки оздоровления строительной отрасли после введения системы саморегулирования.

Приоритетными направлениями в строительстве остаются: снижение тяжелых трудоемких операций, механизация, комплексная механизация и автоматизация строительного производства, контроль качества СМР, жизнеобеспечение, экологические вопросы.

Ресурсосбережение есть основополагающая идея формирования новых технологий. Но эта экономия ресурсов не должна идти в ущерб надежности, качеству, долговечности конструкций.

Анализ современных технологических задач позволил сформулировать два принципа функционирования строительных технологических систем.

- Любая технология строительного производства есть материализованный потенциал интеллектуального развития отрасли и для каждой технологии строительства характерен свой способ перехода в новое качественное состояние.
- Каждая технология имеет свой жизненный цикл функционирования, определяемый величиной интеллектуального развития строительной отрасли.

При общей постановке вопроса все строительные процессы можно классифицировать по 4 классам строительных технологий (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классы строительных технологий

Класс	Строительные операции	
Класс I — процессы, приводящие к уменьшению массы или разрушению строительного материала	1) монтаж, демонтаж (разборка)	12) выдувание
	2) резание, рыхление	13) выщелачивание
	3) откачка, водопонижение	14) распыление
	4) извлечение (очистка, удаление)	15) вакуумирование
	5) бурение	16) испарение
	6) взрывание	17) извержение
	7) выжигание	18) излучение
	8) износ	19) уплотнение
	9) размыв	20) разрыхление
	10) суффозия	21) адгезия и когезия
	11) вытеснение	

Таблица 1.1 (окончание)

Класс	Строительные операции	
Класс II — процессы, приводящие к нарастанию массы материала	1) монтаж, сборка конструкций 2) отсыпка грунта 3) намыв грунта 4) забивка свай 5) нагнетание раствора 6) инъекция 7) погружение 8) втапливание 9) кольматаж 10) напыление 11) поглощение 12) кристаллизация 13) сварка	14) конденсация 15) склеивание 16) наклейка 17) окраска 18) утепление 19) замораживание 20) электрообработка 21) инъектирование 22) торкретирование 23) тампонирование 24) флюатирование 25) силикатизация
Класс III — процессы, связанные с изменением формы или свойств материала	1) уплотнение 2) рыхление (вспашка) 3) дробление 4) замораживание 5) оттаивание (обжиг, плавление) 6) перемешивание 7) прессование 8) разделение	9) растворение 10) трамбование 11) разжижение, расслабление 12) напряжение, сгущение 13) облучение, обработка электромагнитными, УВЧ, СВЧ и другими физическими полями
Класс IV — транспортные процессы	1) погрузка 2) разгрузка (крановая, бескрановая) 3) транспортирование грузов (автотранспортом, водным, воздушным путем, пневмотранспортом)	

Технология является процессом и протекает во времени. Она содержит большое множество элементарных технологических процессов, из которых складываются сложные процессы и комбинированные технологические системы, включающие новые инновационные преобразования (механические, физические, химические, биологические, плазменные, лазерные и др.).

Рассмотрим на различных примерах инновационные преобразования технологий строительного производства.

Пример 1. Влияние +магнитной обработки воды на свойства цементных растворов и бетонов.

Вода является активным участником большинства технологических процессов, в том числе при изготовлении различных искусственных камневидных материалов.

Известно, что электромагнитная обработка воды ускоряет процесс твердения бетонной смеси и повышает прочность бетона и других строительных материалов. Изменение структуры и свойств воды достигается с помощью механических воздействий, электрическим током, нагревом в автоклаве, высокочастотным полем, ультразвуком и т. д. В процессе многочисленных исследований обнаружено, что наиболее эффективные и структурные изменения воды происходят под воздействием электромагнитного поля. Магнитная обработка воды предусматривает протекание ее через одно или несколько магнитных полей. На неподвижную воду магнитные поля действуют гораздо слабее, поскольку обрабатываемая вода всегда обладает некоторой электропроводностью, при ее перемещении в магнитных полях возбуждается небольшой электрический ток. То есть имеет место не магнитная, а электромагнитная обработка водной системы. Это очень важный момент с точки зрения направленного регулирования свойств воды, в том числе повышения активных (реакционных) ее свойств и стабилизации этого эффекта.

Положительного эффекта можно добиться путем введения некоторых поверхностно активных добавок в воду до ее омагничивания. Магнитная обработка воды затворения цементных смесей приводит к положительным результатам по многим свойствам: увеличивает прочность, плотность, морозостойкость, снижает пористость, водопоглощение, повышает удобоукладываемость бетонной смеси и т. д.

Магнитную обработку воды можно проводить магнитами постоянного поля и электромагнитами. Напряженность поля в различных условиях может изменяться от $40 \cdot 10^3$ до $70 \cdot 10^3$ А/м, при этом определяющим фактором является химический состав воды и цемента.

Твердение цементных смесей различного состава значительно ускоряется в первые 7 дней и продолжает интенсивно нарастать в дальнейшие сроки при нормальных условиях и при пропаривании смеси с введением добавок-стабилизаторов эффекта (ЗШ (зольный шлам) и СДБ (сульфитно-дрожже-бражка)) до ее магнитной обработки, в результате чего наблюдалось постоянное увеличение прочности, повышение плотности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона. Данные лаборатории говорят о том, что введение в воду до ее омагничивания добавок СДБ и ЗШ приводит к повышению прочности бетона при естественном твердении на 17–29 % и имеется возможность получения бетона марки 500 с расходом цемента до 500 кг/м^3 бетона.

Схема аппарата омагничивания воды для лабораторных и производственных условий представлена на рис. 1.2. Он состоит из наружного стального магнитопровода, изготовленного из трубы толщиной 2–2,5 мм, и снабжен тремя фланцами. Два фланца служат для присоединения корпуса к питательному трубопроводу, а третий фланец — для крепления с фланцем кожуха, изготовленного из немагнитного ма-

териала. Кожухом 2 является медная труба, закрытая приваренным доньшком. Три небольших скошенных ребра служат для центрирования внутреннего кожуха в стальном магнитопроводе 1. Внутри кожуха 2 вставляется железный сердечник 3 с намотанными катушками 5 на впадинах сердечника. Соединение катушек производится через шлицы в полюсных наконечниках 4.

Схема технологического процесса омагничивания воды с добавкой-стабилизатором эффекта с подключенным магнитным аппаратом представлена на рис. 1.3. Рассмотренный способ позволяет не только улучшить свойства бетона для железобетонных труб (прочность, водонепроницаемость, структура и др.), но и экономить цемент, как минимум, 50 кг на куб. метр бетона.

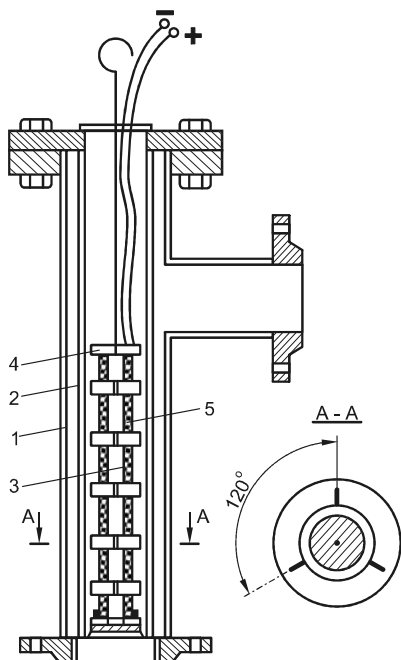


Рис. 1.2. Схема 6-катушечного электромагнитного аппарата:
1 — стальной магнитопровод; 2 — кожух; 3 — железный сердечник;
4 — полюсный наконечник; 5 — катушка

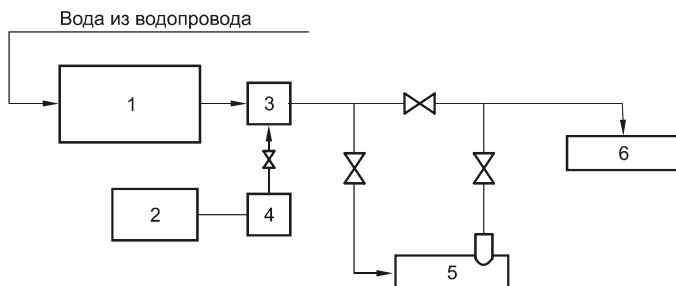


Рис. 1.3. Технологическая схема приготовления бетонной смеси на омагниченной воде с добавкой-стабилизатором: 1 — расходная емкость воды; 2 — расходная емкость добавки; 3 — дозатор воды; 4 — дозатор добавки; 5 — магнитный аппарат; 6 — бетоносмеситель

Пример 2. Приготовление бетонной смеси на воде затворения, предварительно обработанной электрическим полем.

Технология приготовления строительных смесей (цементной, растворной и бетонной) с использованием воды затворения, предварительно обработанной электрическим полем, позволяет повысить интенсивность технологического процесса приготовления смесей и получения бетонов и растворов с улучшенными свойствами (повышение качества и прочности, подвижности смеси, морозостойкости, снижения сроков распалубки конструкций и др.).

Активация воды затворения электрическим полем растворимых электродов позволяет автоматизировать весь процесс приготовления бетонной смеси.

Включенная в технологическую схему приготовления бетонной смеси (рис. 1.4) установка по электрообработке воды затворения 8 снабжена микропроцессором, который регулирует параметры напряженности электрического поля и продолжительность обработки воды в зависимости от параметров бетонной смеси на выходе бетонно-смесительного узла, позволяет получать бетонную смесь улучшенных качеств. Установка по обработке воды является компактной (что важно в построечных условиях монолитного строительства, где отсутствуют свободные строительные объемы), отличается высокой эксплуатационной пригодностью, в том числе ремонтпригодностью, удобна в управлении и обслуживании. Процесс обработки воды легко автоматизируется, а сама установка является экологически безопасной, т. к. не требует применения реагентов.

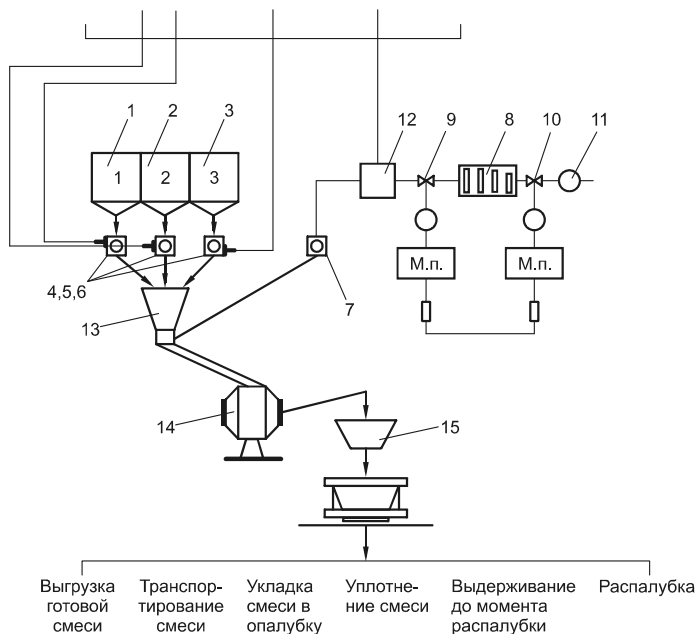


Рис. 1.4. Технологическая схема приготовления бетонной смеси на электрообработанной воде затворения: (автор А. Ф. Юдина, профессор СПбГАСУ): 1, 2, 3 — наполнители и цемент; 4, 5, 6 и 7 — дозаторы цемента, наполнителей и воды; 8 — установка для обработки воды; 9, 10 — задвижки; 11 — насос; 12 — накопитель воды; 13 — сборная воронка; 14 — бетоносмеситель; 15 — раздаточный бункер; М.п. — микропроцессор

Производственные испытания подтвердили эффективность использования обработки воды затворения электрическим полем растворимых электродов с последующим приготовлением на ней строительных смесей.

Пример 3. Электродный прогрев бетона.

Электродный прогрев бетона бывает нескольких видов. Для прохождения тока используют пластинчатые полосовые или стержневые электроды.

Чаще всего бетон подогревают металлическими стержневыми электродами, которые закладывают в него параллельными рядами. Соседние или противостоящие электроды соединяют с проводами разных фаз переменного электротока пониженного или повышенного (120—220 В) напряжения. При этом между электродами образуется электрическое поле, где электрическая энергия превращается в тепловую, прогревающую бетон.

Электроток включают через 1,5—2 ч после укладки бетона, имеющего температуру не ниже 5 °С. Повышение или понижение температуры прогреваемого бетона регулируют изменением напряжения тока или отключением части электродов. Предварительный электроразогрев готовой бетонной смеси проводят в бункерах или в специальных устройствах при значительных затратах электроэнергии (40—60 кВт · ч/м³) до требуемой температуры 60—80 °С за 5—20 мин. Горячую бетонную смесь быстро укладывают, а затем выдерживают термосным способом. Без дальнейшего дополнительного обогрева бетон приобретает прочность около 50 % марочной.

Бетонирование горячими смесями сокращает продолжительность тепловой обработки конструкций или изделий за счет предварительной гидратации и повышенного тепловыделения цемента после его электрообработки.

Один из серьезных недостатков применения горячих смесей в технологии бетона — это образование мелких пузырьков воздуха и водяных паров в бетоне, уменьшения которых можно добиться, уплотняя укладываемую горячую смесь вибраторами, которые способствуют удалению из нее расширяющихся пузырьков воздуха и пара. Ликвидировать появление трещин в бетоне при укладке горячей смеси очень трудно, вследствие различных коэффициентов линейного теплового расширения отдельных неоднородных компонентов смеси (цемента, песка, щебня, гравия, воды, воздуха и добавок).

Термоэлектрические маты (ТЭМ) используют на стройплощадках и полигонах для прогрева бетона, каменной кладки, мерзлого грунта, укрытия, а также обогрева на открытых площадках материалов, механизмов, грузовых контейнеров и другого оборудования в зимних условиях. Кроме того, с помощью ТЭМ можно предварительно отогревать опалубку, арматуру, промерзший грунт и другие места перед укладкой строительных растворов и бетонов. Подлежащие обогреву конструкции и изделия или оборудование укрывают ТЭМ и в изолированном таким образом от внешней среды пространстве поддерживают заданный температурный режим.

Термоэлектрический мат — гибкое обогревательное устройство в виде греющего одеяла, состоящее из внешней оболочки, теплоизоляционного слоя и нагревательного элемента. Внешнюю оболочку ТЭМ выполняют из синтетических пленок (полиамидной, фторопластовой), резины или спецтканей (ткань-500, авиационный повинол на стеклоткани, ткань АХКР и др.). В большей степени основным требо-

ваниям отвечает прорезиненная ткань АХКР с двусторонней пропиткой ($0,5 \text{ кг/м}^2$), температуростойкостью от -70 до 120°C .

Теплоизоляционный слой выполняют из трех чередующихся слоев капронированного волокна ВТ-4С-25 и двух слоев алюминиевой фольги. В качестве тепловой изоляции в ТЭМ могут быть использованы маты типа АСИМ, АТИМС, минеральный утеплитель АТМ 1-20, хлопчатобумажный ватин, пропитанный огнезащитным составом, и др.

Нагревательный элемент изготавливают из асбестовой ткани, пронизанной никромовой проволокой (10 нагревателей из проволоки диаметром $0,8 \text{ мм}$ длиной 11 м каждая).

Нанотехнологии в строительстве

Нанобетон — прогрессивное направление в технологии строительства.

Российские ученые создали новый супербетон: сверхлегкий, особо прочный и стойкий к перепадам температур. Механическая прочность нанобетона на 150% выше прочности обычного, морозостойкость выше на 50% , а вероятность появления трещин в три раза ниже. Вес конструкции, изготовленной из такого бетона, меньше в шесть раз.

Наноструктурами (НС) называют объекты (тела), у которых хотя бы один из размеров в любом направлении имеет величину от одного до ста нанометров (нм). 1 нм равен 10^{-9} м .

Использование планетарных мельниц домолла портландцемента до наночастиц можно считать первым способом получения нанобетона. Второй способ — введение в цементные смеси так называемых наномодификаторов используется в строительстве уже в заметных объемах.

Наиболее широко применяется наномодификатор — *микрокремнезем (МК)*. Одним из направлений использования такой смеси является сооружение высотных зданий. В МК есть заметное количество наноразмерных частиц, хотя в основном это продукт с частицами, размер которых лежит в коллоидном диапазоне (10^{-5} ... 10^{-7} м). На второе место по объемам использования для производства нанобетона можно поставить фуллерены и фуллероиды.

Фуллероиды — фуллереноподобные вещества, значительно более дешевые, чем фуллерены, применяются уже достаточно широко. Учитывая это, было организовано производство модифицированной базальтовой микрофибры. В России активно исследуют способы повышения качества арматуры из базальтовых волокон.

Знаменитый минерал шунгит, который стали называть национальным камнем России, содержит в своем составе фуллерен. Это побуждает исследователей изучать его в качестве наномодификаторов бетона. Наряду с этим, шунгит проявляет себя как сильный бактерицид, так что изделия, изготовленные из материалов, содержащих этот минерал, стойки против биопоражений. Будучи электропроводным, шунгит препятствует возникновению электростатических зарядов.

Профессор П. Г. Комохов разработал рецептуру и технологию нанобетоноконсерванта с использованием шунгита, предназначенного для изготовления емкостей,

в которых радиоактивные отходы должны храниться не менее 30 лет. Особым требованием к стенкам емкостей из такого бетона является проницаемость для газообразных продуктов, образующихся при радиоллизе воды, находящейся в этих отходах, в сочетании с абсолютной водонепроницаемостью. Наряду с этим, бетон должен иметь в своей структуре центры сорбции, способные захватывать и удерживать радионуклиды. Для повышения пластичности этой бетонной смеси, а также вовлечения в нее наноразмерных пузырьков воздуха проф. П. Г. Комоховым была использована смола древесная омыленная, представляющая собой эмульсию полимерных наночастиц в воде.

Усиление металлических и каменных конструкций углеволокном

Нетрадиционный способ усиления строительных конструкций появился благодаря такому высокотехнологичному изобретению, как *искусственное углеродное волокно (углеволокно)*.

Это высокопрочный, высокомодульный, линейно упругий материал. Он применяется в виде холстов (wraps), а также лент или ламинатов (laminats). Усиление углепластиком относят к внешнему армированию, поскольку материалы крепятся на конструкции с помощью монтажного клея (эпоксидного, эпоксиполиуретанового или полимерцементного). Они эффективно реагируют на приращение деформаций конструкции, в них возникают большие приращения усилий.

Монтажу холста или ленты из углеволокна обычно предшествует очистка поверхности металлоконструкции (например, пескоструйная обработка) и нанесение адгезионного слоя — монтажного эпоксидного клея. Холсты или ленты из углеволокна устанавливаются симметрично относительно центра тяжести сечения, однако возможно их несимметричное расположение при восстановлении сечения, поврежденного коррозией.

Внешнее армирование из углеволоконных материалов гораздо эффективнее традиционных способов усиления каменных столбов, пилонов, простенков с помощью стальных обоев. Элементы внешнего армирования из углеволокна дают возможность в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции и при этом сводить к минимуму нарушения ее целостности. Современный способ усиления стен с помощью углеволоконных холстов и лент позволяет избежать установки точечных анкеров, вовлечь больший объем материала в работу отдельного элемента, реализовать имеющиеся резервы конструкции, при этом бережно отнестись к неповрежденным участкам.

Приготовление легкого бетона на древесном заполнителе

Суть способа приготовления легкого бетона на древесном заполнителе (рис. 1.5) заключается в последовательности введения компонентов в бетонную смесь. Все

компоненты вводятся в процессе перемешивания смеси. Вначале древесный заполнитель из щепы смешанных пород смачивают 1/4 частью приготовленного раствора хлорида железа ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$), после чего вводят тонкомолотый порошок извести и половину приготовленного раствора хлорида железа, а затем добавляют цемент и оставшуюся часть раствора хлорида железа. Технический результат: предлагаемый способ позволяет увеличить прочность легкого бетона по сравнению с прототипом в возрасте 1 и 28 суток соответственно в 3,7 и 1,3 раза без привлечения внешних энергетических источников и упрощает технологию изготовления бетона (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Сравнительный анализ бетонов

Вид бетона	Класс прочности	Водопоглощение, %	Теплопроводность в эксплуатац. режиме влажности	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Стоимость 1 м ³ , руб.
Пенобетон	B2—2,5	10—20	0,16—0,19	0,15—0,17	2800—3000
Газобетон	B2,5—3,5	До 40	0,15—0,17	0,16—0,20	3500—3700
Полистиролбетон	B2—2,5	1—2	0,14—0,16	0,06—0,08	3100—3300
Арболит	B2—2,5	40—80	0,15—0,17	0,24—0,28	~ 4000



Рис. 1.5. Легкий бетон на древесном заполнителе

Усиление деревянных конструкций углехолстами

Углехолсты эффективны на участках, где действуют главные растягивающие напряжения и имеется опасность раскалывания вдоль волокон. Также целесообразно их приклеивание на гибкие фанерные стенки в зоне действия поперечной силы.

Эти элементы внешнего армирования обычно либо приклеиваются к поверхности, либо клеиваются в предварительно подготовленные пропилы. Второй вариант предпочтителен, когда необходимо сохранить первоначальный вид балок и сделать незаметным само усиление. Незаметность наряду с технологической простотой и высокой скоростью монтажа относят к основным преимуществам армирования деревянных конструкций углеволоконными элементами.

Прозрачные наногели (аэрогели) и термопена для теплоизоляции стен и крыш зданий

Наногель (или *наноаэрогель*) — это новаторское решение для теплоизоляции стен и крыш зданий, дающее беспрецедентную естественную инсоляцию помещений с рассеивающим световым эффектом и высококачественными теплоизоляционными, а также акустическими свойствами.

Достоинства наногеля состоят в его энергосберегающих свойствах и абсолютной безвредности для человека и окружающей среды.

Наногель является светопроницаемым теплоизоляционным материалом нового поколения, который обладает комплексом полезных функций.

Уникальность пористых гранул, из которых состоит наногель, заключается в том, что они способны регулировать теплопотери, обеспечивать естественную инсоляцию зданий. В конечном итоге, все это влияет на расход электричества, а значит, и на снижение объема выбросов CO_2 , создает защиту от внешних шумов. Светопроводящие частицы аэрогеля пропускают свет и в то же время являются высокоэффективным теплоизоляционным материалом.

Материал можно применять при создании или реконструкции зданий: школы и музеи, музыкальные холлы, театры, частные дома, спортивные центры и бассейны, вокзалы, станции, аэропорты. Это могут быть световые окна-крыши и стены объектов, таких как склады, производственные комплексы, теплицы, фасады зданий.

Пористая структура материала существенно замедляет скорость звука в пространстве, тем самым существенно (в 2—3,5 раза) снижает шум.

Размер частиц наногеля в среднем от 0,5 до 4 мм; диаметр пор — 20 нм; пористость составляет более 90 %; высокая теплопроводность — 0,018 Вт/м·К; светопроводимость более 80 % на 1 см²; малый вес материала, 60—80 кг/м³.

Материал водоотталкивающий: высокая сопротивляемость конденсату сводит на нет развитие грибка в закрытой полости между стеклами.

Наногель позволяет существенно снизить затраты на потребление энергии на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха.

Если сравнить теплоизоляционную панель толщиной 25 мм, наполненную наногелем, с другими материалами такой же толщины, то она будет эффективнее изолировать тепло, чем минеральная вата той же толщины в 1,5 раза, стекловата, роквул, перлит — в 2 раза.

Термопена — превосходный теплоизоляционный материал из пеноизола. Для получения *пеноизола* могут использоваться различные карбамидные смолы, пенообразователи и кислоты. Эти компоненты при помощи специальной установки перемешиваются, превращаясь в густую пену, которой и заполняются полости и пустоты зданий, сооружений.

Теплая, белая, негорючая гелеобразная масса выходит из заливочного рукава установки в готовом объеме, которой на 100 % заполняется воздушный зазор конструкции. Термопена останавливает конвекцию воздуха, но при этом позволяет стене "дышать", не накапливая при этом влагу. Что делает абсолютно безопасным использование пеноизола не только в кирпичных, но и деревянных конструкциях.

Теплоизоляционная эффективность *заливочного пенопласта* (рис. 1.6) выше, чем при использовании готовых плит, т. к. сокращаются тепловые потери через многочисленные мостики холода (пустоты, раковины, воздушные прослойки, возникающие, например, из-за неплотного прилегания плит друг к другу и к несущему каркасу).



Рис. 1.6. Использование заливочного пенопласта

Более того, если суммировать все расходы на покупку, транспортировку, погрузку, складирование, монтаж, то заполнение воздушного зазора пеноизолом обойдется в 2 раза дешевле. Помимо того позволит сэкономить время, избежать многих хлопот и получить качественную теплоизоляцию с гарантией на 25 лет.

Эта технология применима и к старым домам, где ранее заложенный утеплитель уже сгнил, осыпался и превратился в труху. Технология заливки пеноизола в этом случае удобна еще и тем, что не приходится разрушать кирпичную кладку, при этом благодаря низкой плотности материала дополнительная нагрузка на обветшалые несущие конструкции старых зданий минимальна.

Для заполнения таких пустот в наружной кирпичной стене, в швах кладки, так, чтобы не повредить сами кирпичи, в шахматном порядке высверливаются отверстия. Затем пеномасса подается через нижние отверстия, поднимаясь выше. Заполнив весь объем внизу, термопена появляется в отверстиях второго ряда. После этого начинается заливка уже со следующего яруса. Если заказчик сомневается, не осталось ли пустот, то после завершения работы в нескольких местах аккуратно выбиваются кирпичи, чтобы убедиться, что пеноизол заполнил все пространство.

Работы проводятся быстро, утепление двухэтажного дома средних размеров занимает, как правило, 1 день. При этом не остается никаких следов на фасаде.

Пеноизол является одним из полимерных теплоизоляционных материалов, который не способен самостоятельно гореть, плиты сертифицируются по группе горючести Г2, пеноизол, залитый в полость, рассматривается как элемент конструкции и относится к Г1. Для сравнения пенополистирол (пенопласт) — это материал уже горючей группы Г4.

Структура материала способна обеспечивать высокие звукоизоляционные свойства. Также пеноизол не допускает распространение насекомых и грызунов. Стена с пеноизолом — прекрасная защита от сырости, т. к. этот материал "дышит", он не накапливает в себе влагу, а легко ее отдает в атмосферу.

Жидкая резина — гидроизоляция будущего

Жидкая резина является новым материалом, который используется при гидроизоляции различных поверхностей и служит для выравнивания поверхностей и заполнения пустот при герметизации швов и стыков. Материал может герметизировать и заполнить повреждения любого размера (рис. 1.7). Жидкая резина — это защитный материал, имеющий неограниченный срок службы, который сопоставим со сроком эксплуатации поверхности. Данный материал представляет собой жидкий однокомпонентный полиуретан без запаха, отвердевающий однородно по всему объему поверхности в течение приблизительно 4 часов, независимо от применяемой толщины покрытия. Жидкая резина в твердом состоянии является очень прочным материалом с постоянной эластичной упругостью.



Рис. 1.7. Насыление жидкой резины

Наносится жидкая резина вручную или при помощи специальных механических приспособлений на слой П-Флекса и им же покрывается сверху. Отвердевание материала при холодной погоде и высокой влажности происходит за ночь, во всех остальных случаях — за 4 часа. По окончании отвердевания жидкая резина похожа на промышленную краску.

Материал отличается великолепной эластичностью и одновременно высоким пределом прочности, что позволяет предотвратить его отслаивание от поверхности в результате неблагоприятных воздействий давления воды, циклических изменений температуры, резких ударов и вибрации. С течением времени становится тверже, сохраняя при этом свою эластичность.

Важные особенности жидкой резины:

- ☐ устойчивость к саморазрушению под воздействием УФ-лучей;
- ☐ отсутствие растворителей и запаха;
- ☐ низкое содержание органических летучих соединений и веществ;
- ☐ простота использования;
- ☐ материал не трескается, не вздувается, не расслаивается и не шелушится даже при регулярном нахождении под водой. Это же можно отметить о его поведении в условиях пониженной температуры (-43°C) или повышенной ($+100^{\circ}\text{C}$);
- ☐ способность не растворяться в воде, отвердевать и быстро связываться при нанесении каждого последующего слоя поверх предыдущего (старого).

Область применения жидкой резины:

- ☐ в местах расходящихся стыков;
- ☐ в качестве водоотталкивающей пленки под черепицей;
- ☐ для заделки трещин и щелей;
- ☐ для покрытия полов на автостоянках и в гаражах;
- ☐ в качестве облицовки поверхностей люков;
- ☐ как долговечное покрытие плоских стен;
- ☐ для долговечной защиты изнутри подполий и подвалов;
- ☐ для коммерческого использования крыш (корты, висячие сады и др.).

Вакуумная теплоизоляция строительных конструкций

Вакуумная изоляционная плита (ВИП) обладает хорошей теплоизоляцией, применяется при промышленных методах теплоизоляционных работ. Сборные плиты ВИП широко применяются в холодильной промышленности и в строительной отрасли. ВИП состоит из заполнителя, диафрагмы и газопоглотителя. Вакуумная теплоизоляционная плита обладает следующими преимуществами: малой массой, повышенной надежностью, огнестойкостью, экологичностью, длительным сроком службы.

Инновационная стеклопластиковая арматура в технологии строительных работ

Стеклопластиковая арматура занимает все более прочные позиции в современном строительстве. Это обусловлено, с одной стороны, ее высокой удельной прочностью (отношением прочности к удельной массе), с другой стороны, высокой коррозионной стойкостью, морозостойкостью, низкой теплопроводностью.

Конструкции, где используется стеклопластиковая арматура, неэлектропроводны, что очень важно для исключения блуждающих токов и электроосмоса. В связи с более высокой стоимостью по сравнению со стальной арматурой, стеклопластиковая арматура используется, главным образом, в ответственных конструкциях, к которым предъявляются особые требования. К таким конструкциям относятся морские сооружения, которые находятся в зоне переменного уровня воды.

Возможность изготовления долговечных свай для морских сооружений заложена в применении поверхностного стеклопластикового армирования. Такие конструкции по коррозионной стойкости и морозостойкости не уступают конструкциям, выполненным полностью из полимерных материалов, а по прочности, жесткости и устойчивости их превосходят.

Долговечность конструкций с внешним стеклопластиковым армированием определяется коррозионной стойкостью стеклопластика.

Стеклопластиковая арматура и ее виды

Наиболее простым видом стеклопластиковой арматуры являются стержни нужной длины, которые применяются взамен стальных. Не уступая стали по прочности, стеклопластиковые стержни значительно превосходят их по коррозионной стойкости и поэтому используются в конструкциях, в которых существует опасность коррозии арматуры. Скреплять стеклопластиковые стержни в каркасы можно с помощью самозащелкивающихся пластмассовых элементов или связыванием.



Рис. 1.8. Стеклопластиковая арматура

Арматура может выпускаться периодического профиля в виде винтовой линии (рис. 1.8), в виде "елочки" или улучшенного с насечками, что способствует повышению ее сцепления с окружающим бетоном.

Стекловолоконная арматура принадлежит к классу волоконных композитных материалов. Новейшие технологии позволяют изменять свойства путем выбора конкретных волокон, регулирования ориентации волокон и применением различных связующих материалов.

Внешнее стеклопластиковое армирование

В случае агрессивности среды к бетону эффективной защитой является внешнее армирование. При этом внешняя листовая арматура может выполнять одновременно три функции: силовую, защитную и функцию опалубки при бетонировании.

Если внешнего армирования недостаточно для восприятия механических нагрузок, применяется дополнительная внутренняя арматура, которая может быть как стеклопластиковой, так и металлической.

Внешнее армирование разделяется на сплошное и дискретное. Сплошное представляет собой листовую конструкцию, полностью покрывающую поверхность бетона, дискретное — элементы сетчатого типа или отдельные полосы. Наиболее часто осуществляется одностороннее армирование растянутой грани балки или поверхности плиты.

Основная идея конструкций с внешним армированием состоит в том, что герметичная стеклопластиковая оболочка надежно защищает бетонный элемент от воздействий внешней среды и, одновременно, выполняет функции арматуры, воспринимая механические нагрузки.

Возможны два пути получения бетонных конструкций в стеклопластиковых оболочках. Первый включает изготовление бетонных элементов, их сушку, а затем заключение в стеклопластиковую оболочку, путем многослойной обмотки стеклопластиком (стеклотканью, стеклолентой) с послойной пропиткой смолой. После полимеризации связующего обмотка превращается в сплошную стеклопластиковую оболочку, а весь элемент — в трубобетонную конструкцию.

Второй путь основан на предварительном изготовлении стеклопластиковой оболочки и последующем заполнении ее бетонной смесью.

Стеклопластиковая арматура: коррозионная стойкость

Стойкость стеклопластиков к воздействию агрессивных сред в основном зависит от вида полимерного связующего и волокна. При внутреннем армировании бетонных элементов стойкость стеклопластиковой арматуры должна оцениваться не только по отношению к внешней среде, но и по отношению к жидкой фазе в бетоне, так как твердеющий бетон является щелочной средой, в которой обычно применяемое алюмоборосиликатное волокно разрушается. Испытания показали, что стеклопластиковая арматура имеет стойкость в кислой среде более чем в 10 раз, а в растворах солей более чем в 5 раз выше стойкости стальной арматуры. Наиболее агрессивной для стеклопластиковой арматуры является щелочная среда. Снижение прочности стеклопластиковой арматуры в щелочной среде происходит в результате проникновения жидкой фазы к стекловолокну через открытые дефекты в связующем, а также посредством диффузии через связующее.

Стеклопластиковая арматура: применение при ремонте железобетонных конструкций

Традиционные способы усиления и восстановления железобетонных конструкций достаточно трудоемки и часто требуют продолжительной остановки производства. В случае агрессивной среды после ремонта требуется создать защиту сооружения от коррозии. Высокая технологичность, малые сроки твердения полимерного связующего, высокая прочность и коррозионная стойкость внешнего стеклопластикового армирования предопределили целесообразность его использования для усиления и восстановления несущих элементов сооружений. Применяемые для этих целей способы зависят от конструктивных особенностей ремонтируемых элементов.

Капиталовложения на возведение конструкций, где используется стеклопластиковая арматура, значительно больше, чем железобетонных. Однако через 5 лет они окупаются, а через 20 лет экономический эффект достигает стоимости возведения конструкций.

Энергосберегающая технология утепления наружных стен зданий базальтофибробетоном

Новая технология утепления наружных стен жилых крупнопанельных зданий с базальтофибробетонной облицовкой разработана Седип С. А. в СПбГАСУ и внедрена в Тыве (г. Кызыл).

Анализ существующих систем наружного утепления стен панельных зданий (табл. 1.3) выявил достоинства и недостатки этих систем. Откуда следует, что наиболее рациональным является навесная невентилируемая система в связи с незначительной трудоемкостью и стоимостью работ. При этом облицовочные элементы не растрескиваются, хорошо противостоят ударным воздействиям, теплоизоляционные работы выполняются в любое время года.

Таблица 1.3. Анализ существующих систем утепления зданий

Системы наружного утепления стен зданий		Достоинства	Недостатки
Штукатурные	Теплый дом, Шуба плюс, Тепло-Авангард, КРЕПС, Термошуба, Ceresit, Dryvit, Tex-Color	- применение для зданий со сложной архитектурой	- невозможность производства работ круглогодично в связи с мокрыми процессами

Таблица 1.3 (окончание)

Системы наружного утепления стен зданий			Достоинства	Недостатки
Навесные	вентилируемые	Волна, ИСМ-фасад, КАПТЕХНОСТРОЙ, КРАСПАН, Металлофасад, ПРОФИСТ	- создает современный архитектурный облик; - возможность производства работ круглогодично	- дороговизна; - трудоемкость возведения каркаса; - неремонтопригодность металлических конструкций
	невентилируемые	Gebrik, проект утепления, разработанный НИИСФ РААСН	- круглогодичное производство работ; - низкая трудоемкость и стоимость	- недостаток легких эффективных облицовочных материалов применительно к этим системам

На основе анализа существующих систем наружного утепления стен зданий были предложены три варианта конструкции навесной невентилируемой системы (рис. 1.9.), имеющие лучшие технико-экономические показатели (табл. 1.4): I вариант — приклеивание утеплителя с облицовкой из базальтофибробетона, которая крепится к стене шпонками из базальтофибробетона, армированными полимерными анкерами; II — установка и приклеивание утеплителя между деревянными рейками, монтаж облицовки из волокнисто-цементных плит на анкерах; III — монтаж утеплителя и облицовки на металлических анкерах.

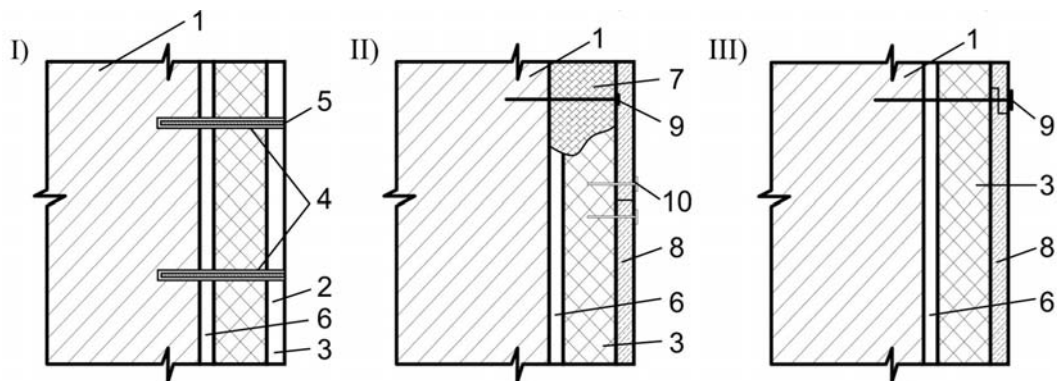


Рис. 1.9. Три варианта конструкций утепления наружных стен крупнопанельных зданий:

- 1 — существующая стена; 2 — базальтофибробетонная стяжка; 3 — утеплитель;
 4 — шпонки из базальтофибробетона; 5 — анкер из полимерной арматуры;
 6 — клеевой слой; 7 — деревянная рейка; 8 — волокнисто-цементные плиты;
 9 — металлический анкер; 10 — шуруп-саморез

Таблица 1.4. Техничко-экономические показатели различных конструкций навесных невентилируемых систем утепления наружных стен зданий

ТЭП	Ед. изм.	Виды конструкций утепления наружных стен зданий		
		Варианты		
		I	II	III
Толщина утепляющей конструкции	мм	132	128	128
Расчетное сопротивление теплопередаче	$\frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	4,71	4,59	4,63
Общий коэффициент теплопередачи здания	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}$	3,951	3,954	3,956
Теплопотери 1 м ² стены	МДж	2841,9	2844,0	2845,5
Трудоемкость на 100 м ²	чел./час	64,3	87,7	74,5
Стоимость монтажа на 1 м ²	руб.	577,6	827,22	784,89
Количество рабочих в звене	чел.	6	8	6

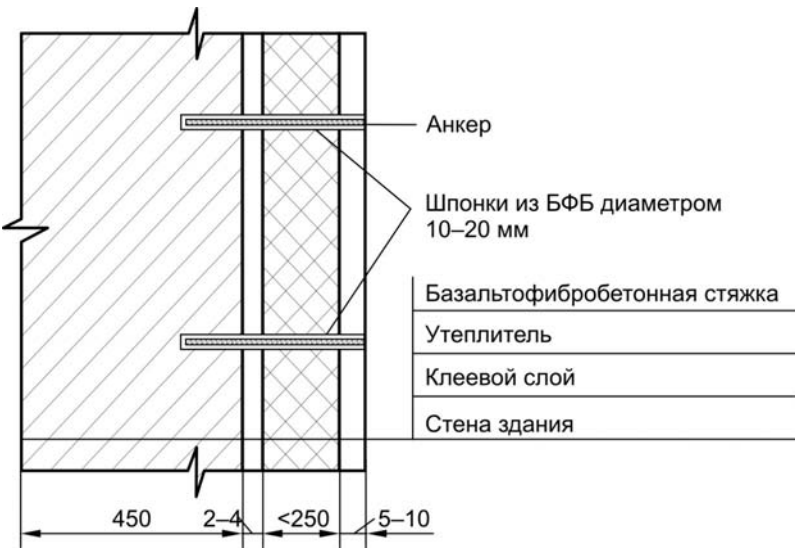


Рис. 1.10. Конструктивная схема утепления наружных стен жилых панельных зданий жесткими пенополистиролбетонными плитами с базальтофибробетонной облицовкой

Конструкция наружного утепления, состоящая из жесткого плитного утеплителя из пенополистиролбетона с базальтофибробетонной облицовкой показана на рис. 1.10. Физико-технические свойства используемых материалов при утеплении наружных стен жилых крупнопанельных зданий по предложенной технологии приведены в табл. 1.5

Таблица 1.5. Физико-технические свойства используемых материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м·°С	Прочность на сжатие, МПа	Паропроницаемость, м·ч·Па	Огнестойкость	Морозостойкость, цикл
Базальтофибробетон	2100	0,126	38,6	0,008	НГ	300—400
Пенополистиролбетон	250	0,07	0,5	0,11	Г1	120—150

Суть предложенной технологии утепления наружных стен состоит в том, что на поверхность жестких плит из пенополистиролбетона заводского изготовления с одной стороны методом торкретирования наносится базальтофибробетонная стяжка толщиной 5—10 мм с последующим выравниванием и затиркой, а с другой — слой клея типа "КРЕПС" (2—4 мм). Затем плита устанавливается в проектное положение таким образом, чтобы перекрыть мостики холода в наружных стенах здания, крепится клеем и шпонками из базальтофибробетона армированными полимерными анкерами. Для анкеровки плит в стене здания просверливают отверстия, в которые затем инжектируется базальтофибробетонный раствор и вставляется полимерный анкер (при твердении раствора образуется анкерное крепление в виде шпонки). Предпочтение отдается полимерному анкеру, т. к. металлический подвергается коррозии. Надежность крепления панелей к стене гарантируется результатами испытаний анкерov, которые выдерживают усилие на вырывание: 4—4,8 МПа при твердении в течение 1 часа; 10—12 МПа при твердении через 1 сутки.

Отличительной особенностью данной технологии утепления является применение в качестве защитного слоя базальтофибробетонной стяжки и в качестве крепежа шпонок из базальтофибробетона, армированных полимерными анкерами.

Последовательность выполнения технологических операций по утеплению наружных стен жилых крупнопанельных зданий по разработанной технологии в виде технологических схем показана на рис. 1.11—1.13.

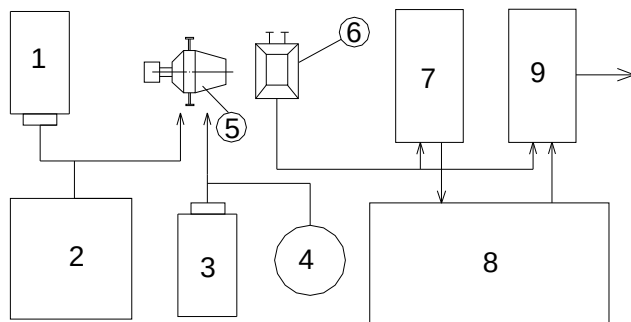


Рис. 1.11. Технологическая схема нанесения на пенополистиролбетонные плиты базальтофибробетонной стяжки в полигонных условиях: 1 — бункер для хранения цемента;

2 — склад песка; 3 — бункер для хранения тонкодисперсного базальтового волокна;

4 — бак для воды; 5 — растворосмеситель; 6 — емкость для раствора;

7 — стенд для нанесения, выравнивания базальтофибробетонной стяжки и затирки поверхности;

8 — склад готовой продукции; 9 — стенд для нанесения клея-раствора из базальтофибробетона

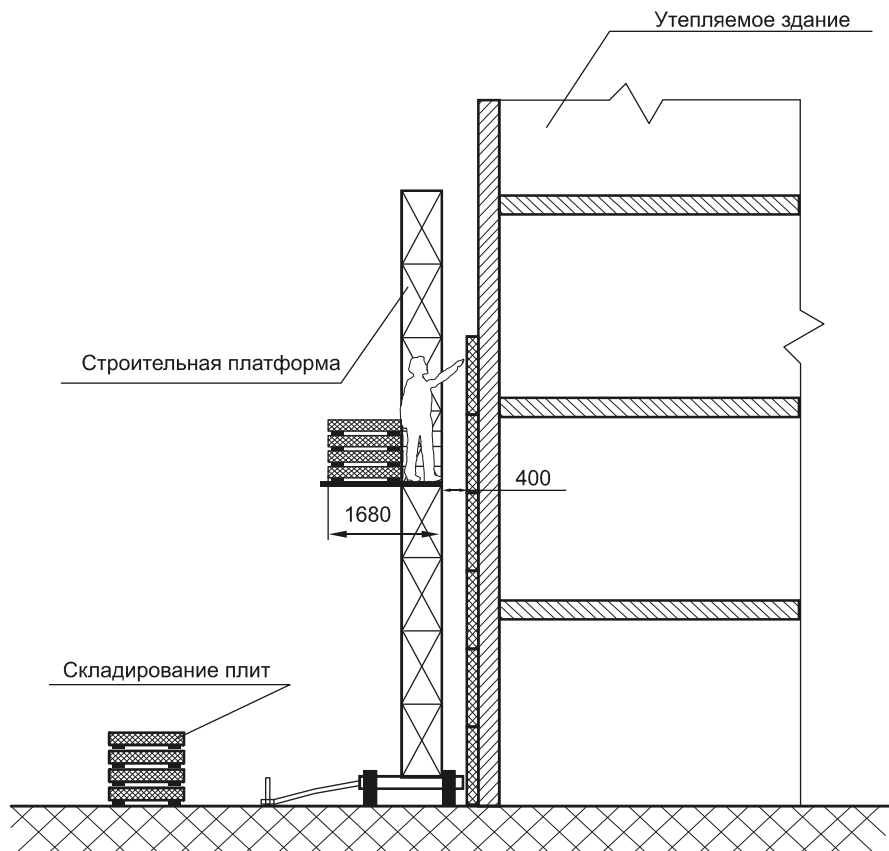


Рис. 1.12. Технологическая схема устройства утепления наружных стен

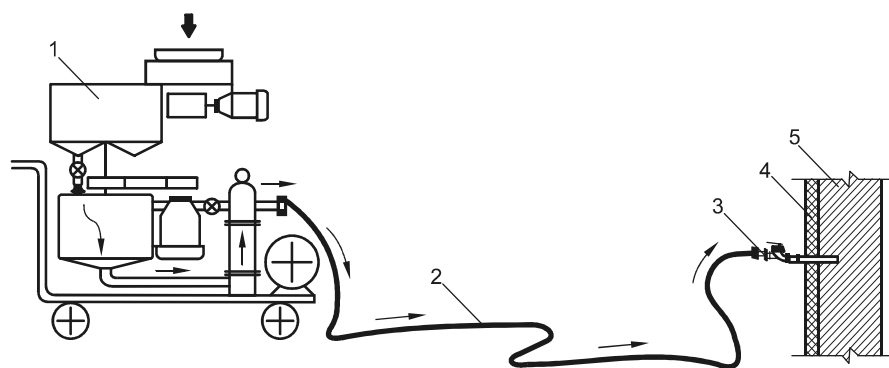


Рис. 1.13. Схема инъектирования отверстий при анкеровке плит к наружным стенам (стрелками указано направление движения раствора): 1 — инъекционный агрегат; 2 — шланг; 3 — инжектор; 4 — пенополистиролбетонные плиты; 5 — наружная стена

Используемое оборудование, машины, оснастка: растворосмеситель, газорезка, установка для торкретирования, ручная затирочная машина, пескоструйный аппа-

рат, перфораторы, миксер, инъекционный агрегат, подвижная строительная платформа, подъемник, механизированный инструмент. Качество работ по утеплению наружных стен жилых зданий с базальтофибробетонной облицовкой контролируется следующими инструментами и приборами: отвес, рейка, уровень, измерители прочности сцепления (адгезии) ПСО-МГ4, ультразвуковой измеритель УКВ-1Т, влагомер МГ4У, теплограф ИТП-МГ4, лазерный нивелир.

В 2006 году в г. Кызыле было утеплено крупнопанельное здание с использованием пенополистирольных плит с базальтофибробетонной облицовкой: 4-секционный 5-этажный 80-квартирный жилой крупнопанельный дом серии III-72-4 с/1, с общей площадью 2958 м²; с самонесущими продольными стенами из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 450 мм. Применение разработанной технологии позволило уменьшить продолжительность и снизить трудоемкость работ по сравнению с традиционными способами на 27 %. Комплексная механизация с использованием строительных передвижных мачтовых платформ дополнительно повышает производительность работ на 8—10 % по сравнению с применением традиционных строительных лесов, т. к. материалы и необходимое оборудование поднимается вместе с рабочими.

Как показал опыт утепления 5-этажного жилого крупнопанельного дома, разработанную технологию целесообразно применять для утепления зданий разной этажности с наружными однослойными панельными стенами.

Глава 2

Современное строительство дорог, работы нулевого цикла

Возведение зданий и сооружений в общем случае состоит из нескольких циклов, каждый из которых включает определенный комплекс строительных работ. Выполнение этих работ осуществляется в определенной технологической последовательности: подготовительные работы; устройство нулевого цикла (подземной части здания); возведение надземной части; отделочные работы; благоустройство территории.

Свайные работы — важнейшие работы нулевого цикла. Технология свайных работ определяется конструктивными особенностями свайного фундамента и выбранными для производства работ методами, механизмами и оборудованием.

Надежность работы зданий обеспечивается совместной работой системы "основание, фундамент — подземные конструкции". Дефекты в работе сооружений — следствие полного или частичного нарушения надежного взаимодействия элементов этой системы.

При реконструкции фундаментов и конструкций отсутствует возможность применения типовых схем усиления. Схемы усиления должны применяться в каждом конкретном случае в зависимости от нагрузок на фундаменты, конструктивных особенностей здания (наличие подвала и других подземных сооружений), инженерно-геологических и гидрогеологических условий и др.

При этом применяемые методы усиления оснований и фундаментов должны обеспечивать их совместную работу с существующими фундаментами.

Строительство дорог в нашей стране требует повышенных мер по предотвращению износа и укреплению дорожного полотна. Климатические, геологические трудности, значительные нагрузки могут очень быстро нанести повреждения поверхности, и внедрение в строительство дорог новых технологий укрепления полотна — наиболее верный путь развития отрасли. Инновационные технологии укрепления грунтов и строительство асфальтобетонных покрытий сегодня все шире входят в практику транспортного и гражданского строительства. Укрепление слабых оснований земляного полотна, усиление дорожной одежды, возведение насыпей с откосами повышенной крутизны (укрепление насыпей), строительство армогрунтовых подпорных стен, укрепление асфальтобетонных покрытий — все эти задачи легко решаются при помощи современных армирующих материалов.

Новые способы устройства дорожного покрытия

Щебеночно-мастичный асфальтобетон

Применение *щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА)* является прогрессивным методом восстановления асфальтобетонного покрытия, придуманного в Германии (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Устройство дорог из нового щебеночно-мастичного асфальтобетона

Основное его отличие от обычных асфальтобетонов заключается в жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои при устройстве верхних слоев дорожных покрытий. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЩМА — в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев покрытия толщиной от 3 до 6 см.

Транспортирование смесей ЩМА к месту укладки осуществляется большегрузными автосамосвалами, оборудованными тентами для предотвращения остывания смесей. Термоизоляции смеси придается важное значение, так как ее температура в момент выгрузки в бункер асфальтоукладчика должна быть не ниже 150 °С.

Подготовительные работы перед укладкой верхнего слоя покрытия состоят из набора операций: выравнивания, очистки и подгрунтовки поверхности нижележащего слоя. Особое внимание уделяется обеспечению сцепления между слоями. В связи с повышенным содержанием битума в ЩМА перерасход битума в связующем слое недопустим. Битумная эмульсия наносится на подготовленную поверхность нижнего слоя покрытия автогудронатором с нормой расхода 0,2—0,3 л/м². При нанесении эмульсии на отфрезерованную поверхность ее норма увеличивалась в 1,5 раза.

Технология укладки и уплотнения смесей из щебеночно-мастичного асфальтобетона выполняется стандартным оборудованием — асфальтоукладчиками и катками, но вместе с тем имеет свои специфические особенности. Укладка верхнего слоя покрытия из ЩМА на автодороге осуществляется сразу на всю ширину (13,6 м).

Предварительное уплотнение осуществляется трамбующим брусом с частотой 800—1000 ударов/мин и амплитудой 4 мм. После прохода асфальтоукладчика поверхность покрытия имеет требуемую фактуру с равномерно распределенным каменным материалом без раковин, трещин, разрывов сплошности и других дефектов.

Затем уплотнение ЦМА осуществляется гладковальцовыми катками массой 9—11 т в статическом режиме работы.

Во избежание раздавливания крупных зерен каменного материала использование вибрации на катках недопустимо. Также из-за высокого содержания вяжущего для уплотнения покрытия из ЦМА нельзя использовать катки на пневмошинах. Уплотнение верхнего слоя ЦМА толщиной 5 см производится отрядом из 6 катков — по два каждым асфальтоукладчиком. Каждый из катков совершает по шесть проходов по одному следу на скорости 5—6 км/час. Учитывая ускоренное остывание слоя ЦМА, уплотнение осуществляется при наибольшей температуре смеси, при максимально возможном в процессе укатки приближении катков к асфальтоукладчикам короткими захватками по 50—60 м. В связи с тем, что смеси ЦМА более липкие, чем обычные смеси из плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128-97, необходимо обеспечить хорошее орошение вальцов катков водой. Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона является прогрессивным методом ремонта асфальтобетонного покрытия дорог. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЦМА — в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня.

Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве

Асфальтобетонное покрытие должно обеспечивать максимальное сопротивление усталостным разрушениям, обладать устойчивостью к воздействию суточных и сезонных температурных циклов. Одним из перспективных направлений, позволяющих решить данную задачу, является применение битумов, модифицированных полимерами (рис. 2.2).

Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что одним из многочисленных факторов, влияющих на снижение долговечности асфальтобетонных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях битума низкого качества. *Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ)* на основе термоэластопластов является качественно новым материалом, позволяющим повысить срок службы дорожного покрытия. По сравнению с нефтяными дорожными битумами полимерно-битумные вяжущие обладают новым комплексом свойств, существенно отличающихся от свойств исходных битумов: эластичностью, трещиностойкостью, широким интервалом пластичности (ИП), повышением прочности при растяжении. Поэтому для приготовления ПБВ (рис. 2.3) следует использовать менее вязкие битумы. Можно искусственно уменьшить вязкость битума и ввести дополнительно ароматические соединения, компаундируя битум с различными разжижителями (гудроном, индустриальным маслом).

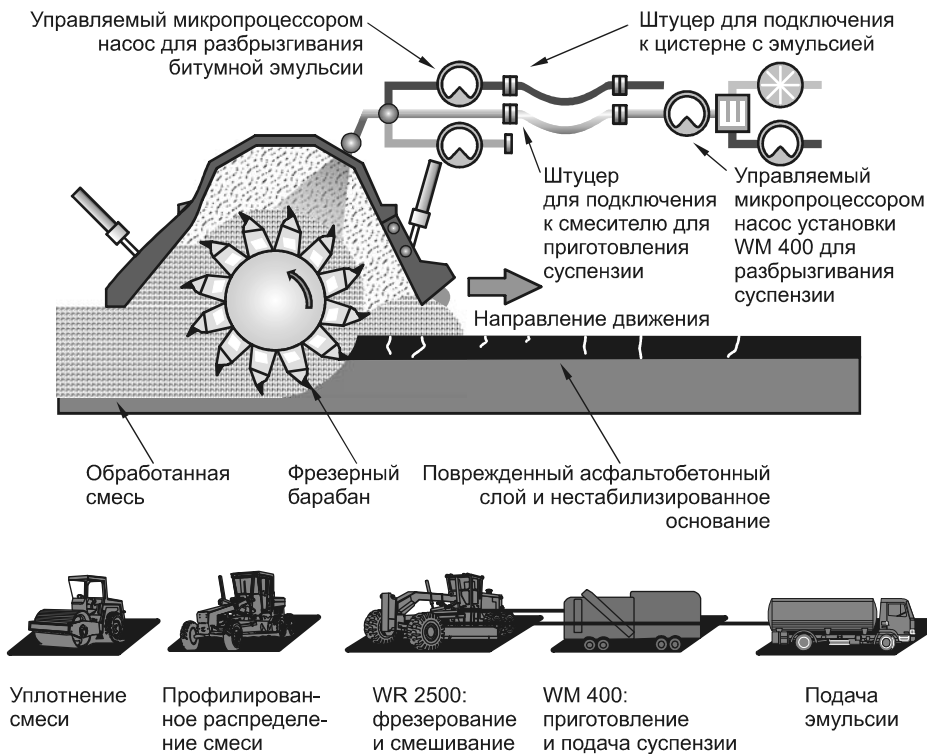


Рис. 2.2. Асфальтобетонное покрытие с модифицированным битумом (США, Скандинавия)



Рис. 2.3. Установка для получения модифицированного битума

Устройство асфальтобетонных покрытий методом высокотемпературной запрессовки

Проблема повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию трещин, колеи, коррозии и износа может быть успешно реализована только при совместном решении конструкторских, материаловедческих и технологических задач.

Теория и практика показывают, что при строительстве и реконструкции автомобильных дорог верхний несущий слой основания необходимо устраивать с применением эластичных материалов, обладающих высокой прочностью на изгиб и сравнительно небольшим модулем упругости. Указанным требованиям отвечает крупнозернистый литой асфальтобетон, полученный методом вибролитья, — тип III по ТУ.



Рис. 2.4. Асфальтобетонное покрытие методом высокотемпературной запрессовки

Этот конгломерат (рис. 2.4) за счет высокой гибкости имеет прочность на изгиб при 0 °С примерно в 1,5 раза выше и модуль упругости на этот же порядок ниже, чем любой известный асфальтобетон. Он же обладает и наиболее высокими усталостными характеристиками.

Смесь укладывают по уплотненному щебеночному основанию, как правило, толщиной не более 10—12 см и уплотняют вибробрусом, а при его отсутствии на укладчике — средним катком за 5—6 проходов по одному следу.

В результате формируется прочный эластичный, плотный и водонепроницаемый несущий слой, после выравнивания и перекрытия которого одно- или двухслойным покрытием дорога готова к интенсивной эксплуатации.

Большим преимуществом такой конструкции является ее низкая материалоемкость, долговечность и, как следствие, высокая экономичность.

Для капитального ремонта высококатегорийных городских дорог можно рекомендовать еще менее затратный метод — применение комбинированного покрытия общей толщиной 8—9 см, состоящего из литого и высокощебенистого асфальтобетон.

Технология не требует применения особых техники и исходных материалов и характеризуется использованием двух асфальтобетонных смесей с очень высокой температурой, а также уплотняющих органов асфальтоукладчика, обеспечивающих виброуплотнение, и катков для запрессовки одной смеси в другую. Зарубежных аналогов таким покрытиям пока нет.

Смеси, разные по структуре, свойствам и назначению, запрессовывают друг в друга в один асфальтобетонный слой в процессе устройства. В нижний слой покрытия укладывают вибролитую смесь (II тип по ТУ), сверху — высокощелевистую смесь. В результате получают экономичное, прочное, ровное, шероховатое плотное дорожное покрытие, устойчивое к колее и трещинам, рассчитанное на самые тяжелые условия движения и имеющее большой срок службы.

Приготовление литой асфальтобетонной смеси из новых материалов в термосемиксере обходится дороже, чем в заводской смесительной установке, на 15—20 %.

Вибролитые и литые технологии строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий открывают новые широкие возможности повышения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. В асфальтовом покрытии в качестве вяжущего материала смеси используется битум, в бетонном — цемент. В некоторых вариантах может применяться композитный материал, когда на бетон кладут асфальт, обеспечивая таким образом качественный нижний слой на многие десятилетия, и меняют каждые лет пять-семь верхний асфальтобетонный, что позволяет создать долговечную и прочную дорогу.

Цементобетонное покрытие дорог

Покрытия из цементобетона устраивают на дорогах I, II и III категорий при большой интенсивности движения (более 3000 автомобилей в сутки). Преимуществами цементобетонных покрытий являются высокая прочность, ровность и в то же время достаточная шероховатость, обеспечивающая хорошее сцепление автомобильных шин с поверхностью дороги.

Цементобетонные покрытия находят все большее применение ввиду своей экономичности и простоты эксплуатации. Производство работ по устройству цементобетонных покрытий почти полностью механизировано.

Цементобетонное покрытие представляет собой плиту из бетона, уложенную на прочное и устойчивое основание. В качестве оснований под бетонные покрытия применяют слои грунта, укрепленные вяжущими, крупнозернистый или среднезернистый песок, щебень, гравий или гравийно-песчаную смесь.

Для предохранения плиты от образования трещин при температурных изменениях устраивают температурные швы. Швы расширения (поперечные), обеспечивающие удлинение плиты, имеют зазор 2,5—3 см и устраиваются через 20—80 м.

Фактически наши дороги требуют ремонта уже через три года после ввода в эксплуатацию, а затем — ежегодно так называемый ямочный ремонт. А на Западе дороги без ремонта работают десятилетиями!

По статистике, бетонное покрытие, показанное на рис. 2.5, дороже асфальтового в 1,5—2 раза, т. е. примерно на 70—80 %. Асфальтовое требует ухода и ремонта

уже через 3—4 года после ввода дороги в эксплуатацию (на примере МКАД и КАД СПб): заливки трещин, засыпки ям и т. п. Бетонное покрытие первые 10—12 лет эксплуатации практически ничего не требует.



Рис. 2.5. Цементобетонные покрытия

На территории России главным образом строят асфальтовые дороги, а на Западе — бетонные. Бетонные дороги служат 50 лет. По статистике, их в США — 60 %, в Германии — 38 %, в Австрии — 46 %, в то время как в России — всего 3 %. Примечательно, что вытеснение строительства бетонных дорог в нашей стране происходило из-за дефицита требуемых марок цемента, малой производительности работ и высокой стоимости.

Современные методы прокладки инженерных сетей

Бестраншейные технологии подземного строительства

Бестраншейные технологии представляют собой вариант выполнения работ по подземному строительству без вскрытия грунта. При использовании бестраншейных технологий более 90 % всех работ проводится под землей, что исключает:

- ☐ необходимость восстановления дорожного покрытия;
- ☐ нарушение существующих коммуникаций;
- ☐ перекрытие транспортных магистралей;
- ☐ нарушение привычного ритма жизни города;

- уничтожение зеленых насаждений;
- снос элементов благоустройства;
- нарушение земляного покрытия и т. д.

Бестраншейные технологии являются экономически более выгодными (в 2,5—3 раза) по сравнению с традиционным методом, это объясняется экономией средств, которые при открытом способе прокладки коммуникаций шли на обустройство траншей, восстановление вскрытых дорог и т. д. Кроме того, бестраншейные методы прокладки коммуникаций сокращают время производства работ и количество рабочего персонала, значительно повышают уровень безопасности работ (отсутствие траншей и механизмов на трассе прокладки), а также не наносят ущерба окружающей среде.

Можно выделить три традиционных метода бестраншейной прокладки трубопроводов: продавливание, горизонтальное бурение и прокалывание. При продавливании прокладываемая труба вдавливается в грунт открытым концом, снабженным ножевым устройством. Поступающий в полость трубы грунт разрабатывается и удаляется из забоя вручную или механизированным способом.

В настоящее время появляются новые технологии бестраншейной прокладки трубопроводов методом прокола. Существуют установки для бестраншейной прокладки трубопроводов с реверсивным ходом собранного из штанг штока. В данной установке используется принцип постепенного расширения прокалываемого канала путем последовательного увеличения диаметра оконечных конусов (при каждом следующем проходе канала). Главное преимущество данной технологии: не требуется единовременное создание значительного толкающего усилия. Теоретически, именно благодаря пошаговому увеличению сечения канала в грунте с помощью весьма малогабаритной и мобильной установки можно подготовить канал для труб довольно больших диаметров.

Подземная прокладка коммуникаций

ЭТАП I

Горизонтально направленное бурение (рис. 2.6) осуществляется с помощью породоразрушающего инструмента — буровой головки со скосом в передней части со встроенным излучателем. Контроль за местоположением буровой головки производится с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика. На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, уклоне, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой головки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории строящегося трубопровода проектной и минимизируют риски излома рабочей нити.

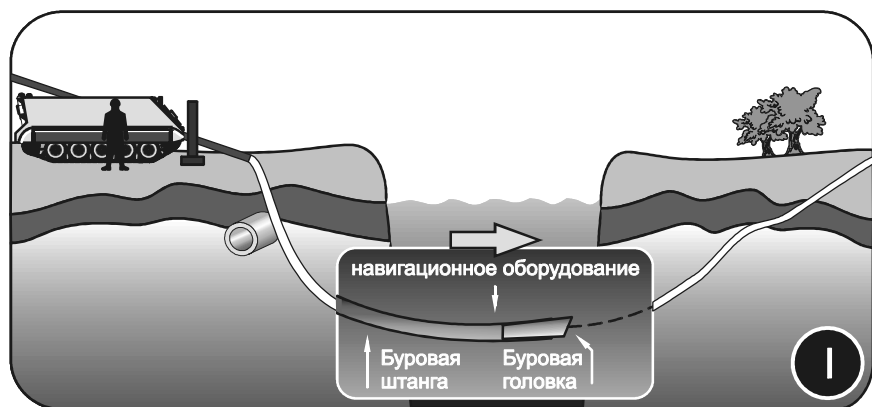


Рис. 2.6. Строительство пилотной скважины

ЭТАП II

Расширение (рис. 2.7) осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением расширитель протягивается через створ скважины в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 20—30 % превышать диаметр трубопровода.

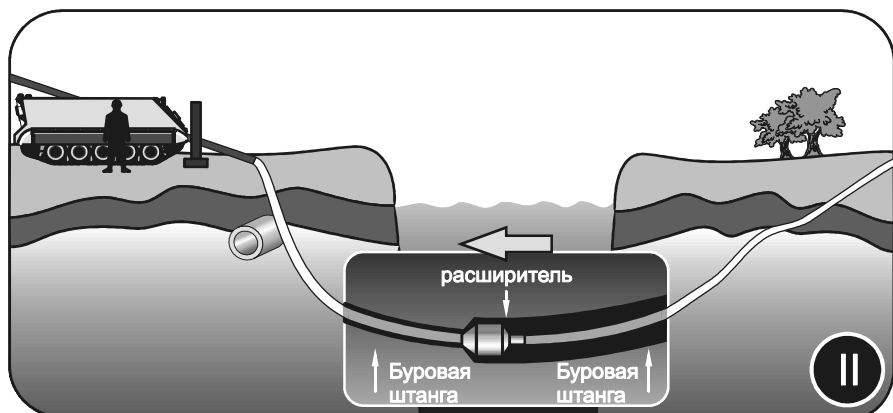


Рис. 2.7. Предварительное расширение

ЭТАП III

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая к протягиванию плетть трубопровода (рис. 2.8). К переднему концу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие шарниром (вертлюгом) и

расширителем. Шарнир позволяет вращаться буровой колонне и расширителю и в то же время не передает вращательное движение на затягиваемый трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть трубопровода до проектных отметок.

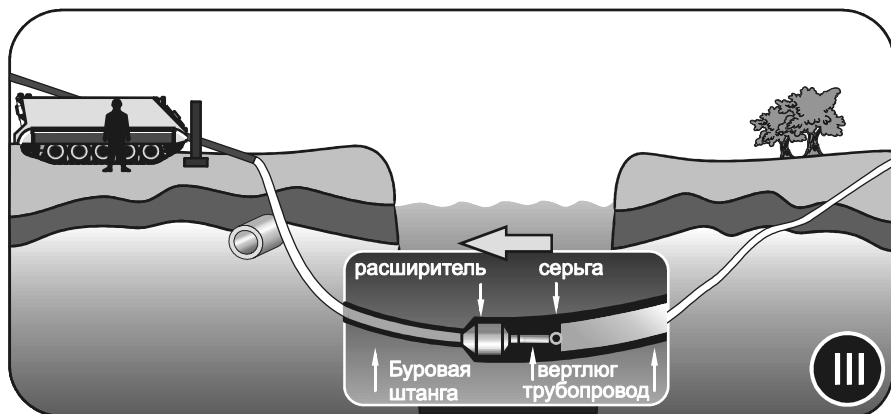


Рис. 2.8. Протягивание трубопровода

Бестраншейные методы в России

Бестраншейные методы восстановления и прокладки новых подземных коммуникаций используются в наши дни все чаще.

Основные бестраншейные методы, которые получили наибольшее распространение в России за последнее десятилетие, следующие:

- ☐ горизонтальное направленное бурение;
- ☐ продавливание и микротоннелирование;
- ☐ управляемый прокол;
- ☐ безлюдная инспекция внутренней поверхности трубопроводов с помощью телекамер;
- ☐ восстановление трубопроводов методами CIPP и Sliplining;
- ☐ местный ремонт трубопроводов с помощью робототехники, включая установку бандажей;
- ☐ перекладка трубопроводов методом "взламывания" (технология Pipe Bursting);
- ☐ безлюдная очистка и зачистка трубопроводов путем нанесения на их внутренние поверхности покрытия из специальных растворов.

Для экономичного использования технологии бестраншейной прокладки трубопроводов решающее значение имеет детальное изучение свойств и состава грунта. Геофизические исследования позволяют провести послойное вертикальное или горизонтальное изучение грунтов на предмет выявления "препятствий", таких как трубопроводы, трубы, шахты и т. д.

Глава 3

Методы устройства свай и фундаментов

Устройство фундаментов методом вибропогружения

Для погружения свай используют вибропогружатели низкочастотные с частотой примерно 800 колебаний в минуту, но с большой амплитудой колебаний. Для погружения стальных свай и шпунта применяют высокочастотные вибропогружатели, совершающие более 1000 колебаний в минуту. Вибрационное извлечение шпунта происходит при скорости примерно 3 м/мин в песчаных и 1 м/мин в глинистых грунтах.



Рис. 3.1. Шпунтовое ограждение

Шпунтовое ограждение — это сплошная шпунтовая стенка (рис. 3.1), образованная стальными сваями (шпунт типа "Ларсен", плоский шпунт, Z-образный профиль) методом вибропогружения, забивки или вдавливания. Шпунтовое ограждение служит водонепроницаемой преградой и удерживает грунт от обрушения при возведении конструкций.

Ударный метод погружения шпунтовых свай (Junttan PM25) применяется в различных грунтах, но существуют ограничения при работе в условиях плотной городской застройки.

"Стена в грунте"

"Стена в грунте" — сплошное бетонное ограждение по периметру котлована, исключающее доступ грунтовых вод и сползание в котлован окружающих зданий.

Гидравлическая фреза способна разрабатывать все типы мягких и твердых грунтов, при этом обеспечивается высокая геометрическая точность до 1 см в плане, а поверхность "стены в грунте" после откопки котлована остается довольно ровной и готовой под облицовку.

Комплекс гидрофрезерного оборудования позволяет выполнять "стену в грунте" из монолитного железобетона глубиной до 35 м, шириной 0,6—0,8 м.

Технология "стена в грунте" надежно зарекомендовала себя при строительстве подземных сооружений (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Шпунтовое ограждение

Технология "полого шнека" (CFA)

Метод "полого шнека" (CFA) диаметром 600/450 мм глубиной до 28 м.

Буронабивные сваи технологии "полого шнека" (рис. 3.3) получили очень широкое распространение в связи с их высокой несущей способностью, технологичностью и надежностью. Метод незаменим на площадках с неравномерным напластованием грунтов с песчаными или глинистыми прослоями.



Рис. 3.3. Метод "полого шнека"

По технологии CFA сваи изготавливаются с помощью единого проходного шнека. После погружения шнековой колонны на проектную глубину по внутренней трубе шнека бетононасосом подается бетон при одновременном извлечении шнековой колонны из скважины. После заполнения скважины бетоном, при помощи вибратора, погружают пространственный каркас, определенный проектом.

Технология "непрерывного шнека" (CFA) для сооружения свайных фундаментов

Буровая установка "Casagrande CFA 425" предназначена для устройства буронабивных свай диаметром 450/550 мм и глубиной до 28 м (рис. 3.4).

Свайные фундаменты, сооруженные по технологии "непрерывного шнека", совмещают в себе преимущества забивных и буронабивных свай без извлечения грунта. Этот способ бурения позволяет выполнять работы в различных грунтах сухих и болотистых, рыхлых и плотных, а также проходить через мягкие горные породы.



Рис. 3.4. Погружение армокаркаса производится при помощи буровой установки

При бурении скважин практически отсутствует шум, удары, колебания, вибрация — этот факт позволяет применять метод CFA для строительства в стесненных городских условиях.

Комплекс работ по устройству буронабивных свай при создании свайных фундаментов включает в себя подготовительные работы, работы по бурению скважин, заполнению бетонной смесью скважин, установке арматурных каркасов, уход за уложенным бетоном и контроль качества работ.

Когда шнек достигает заданной глубины, производится подача бетона при помощи бетононасоса. Давление, создаваемое бетононасосом при прохождении бетона через полую часть шнека, выдавливает специальную заглушку, и бетон попадает внутрь скважины, при этом шнек поднимается, с вращением или без, освобождая пространство в скважине. Плотность заполнения скважины контролируется с помощью специального прибора, отображающего на дисплее форму сваи в графическом виде, или с помощью манометра, по которому контролируется давление бетона.

Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки

Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки (рис. 3.5) включает:

- ☐ погружение обсадной металлической трубы, формирование кондуктора путем закрепления системы извлекаемых горизонтальных и вертикальных центрирующих гидродомкратов на обсадной металлической трубе;
- ☐ формирование скважины под защитой бентонитового раствора с заглублением в слаботрещиноватые известняки, замену загрязненного бентонитового раствора на свежеприготовленный с удалением бурового шлама со дна скважины;
- ☐ формирование трубно-арматурного каркаса в виде соединения трубной и арматурной частей, установление зонтика-ограничителя уровня заполнения скважины бетонной смесью примерно на границе перехода арматурного каркаса в трубный;

- ❑ вывешивание трубно-арматурного каркаса над кондуктором арматурной частью вниз, вертикальное центрирование и монтаж трубно-арматурного каркаса в скважине с компенсацией эксцентриситета и фиксацией зазоров от стенок и дна скважины с помощью кондуктора;
- ❑ установку внутри каркаса бетонолитной трубы и непрерывное бетонирование трубно-арматурного каркаса и ствола скважины снизу вверх под высоким начальным давлением подачи бетонной смеси, с понижением давления при достижении бетонной смесью зонтика-ограничителя;
- ❑ последующее бетонирование с пониженным давлением подачи бетонной смеси и прекращением подачи бетонной смеси при достижении верхнего уровня трубной части трубно-арматурного каркаса;
- ❑ извлечение бетонолитной трубы из скважины, засыпку полости между кондуктором и трубной частью каркаса крупным заполнителем, временную выдержку бетонного монолита и демонтаж кондуктора.

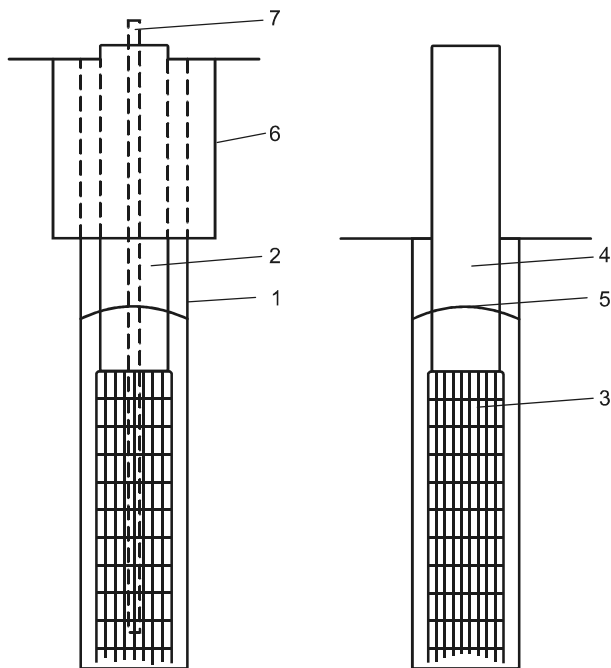


Рис. 3.5. Пример выполнения опоры, где указаны скважина 1, трубно-арматурный каркас 2 с арматурной частью 3 и трубной частью 4, ограничитель 5 уровня заполнения скважины бетонной смесью, кондуктор 6, бетонолитная труба 7

Технология подземного строительства top-down (Бельгия)

При строительстве торгового центра "Стокманн" впервые в Петербурге применена передовая технология подземной проходки top-down, суть которой состоит в том, что "стена в грунте" сдерживает давление воды и подземные этажи растут не "снизу вверх" со дна котлована, а наоборот, от уровня поверхности "сверху вниз" на глубину 15 м. Используя бельгийскую современную технологию top-down, петербургские инженеры и строители приобрели неоценимый опыт подземного строительства, который оказался эффективным методом. Мониторинг уровня грунтовых вод при производстве работ показывал, что их уровень не изменялся, и в котловане было сухо. *Top-down* — это заглубляемое сооружение, жесткая железобетонная по периметру конструкция, позволяющая свести к минимуму осадки грунта, что гарантирует сохранность всех зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости от места ведения работ, а также имеется возможность использования "стен в грунте" в качестве как ограждающей, так и несущей конструкции.

Технология работ следующая. Стены сооружения возводятся в узких и глубоких траншеях, извлеченный грунт замещается бентонитовым раствором. Раствор создаст гидростатическое давление на стенки траншеи, удерживает их от обрушений. Затем в вырытую траншею опускается арматурный каркас, который заполняется высокомарочным бетоном или железобетонными элементами, которые вытесняют бентонитовый раствор. Это предохраняет от осадок и деформаций здания, расположенные в непосредственной близости от места строительства.

При применении технологии top-down в тело сваи заводятся прочные стальные сердечники, а шпунт погружается в грунт при помощи мощнейшего импортного вибратора.



Рис. 3.6. Примеры устройства монолитной стены в грунте вблизи существующих зданий

Современные западные геотехнологии ограждения котлованов адаптированы к инженерно-геологическим условиям Санкт-Петербурга. На рис. 3.6 показаны примеры устройства монолитной стены в грунте вблизи существующих зданий. "Стена в грунте" для самого большого подземного сооружения в центральной части Санкт-Петербурга на острове Новая Голландия показана на рис. 3.7.



Рис. 3.7. "Стена в грунте", на острове Новая Голландия



Рис. 3.8. Реконструкция Каменноостровского театра

При реконструкции Каменноостровского театра (рис. 3.8) выполнялись работы по реставрации исторического здания и устройству подземного пространства глубиной 6,5 м. Эта работа уникальна для мировой геотехнической практики (реставрационный вариант технологии top-down, когда вверх идет реставрация, а вниз — подземное строительство).

В Киеве башни "Sky Towers" у Центрального ЗАГСа взметнутся на 47 этажей вверх и уйдут на восемь вниз. Впервые для Киева здание строят сверху вниз — экскаваторы выкапывают нижние этажи под уже построенными!

Фундаменты:

- ❑ глубина заложения баррет — до 64,5 м;
- ❑ глубина заложения фундаментной плиты — 28 м;
- ❑ толщина "стены в грунте" — 1,2 м;
- ❑ глубина "стены в грунте" — от 50,5 до 53,5 м.

Барреты — глубокие опоры, изготовленные в грунте. Сначала бурят колодец, затем устанавливают арматуру и заливают бетон. Все это производится под давлением, при помощи бурового раствора (часто — бентонита). Применяются при строительстве на слабых грунтах (за счет большой глубины можно добраться до плотных слоев) и плотной застройки (отсутствуют вибрации, как при забивании свай).

"Стена в грунте" строится аналогично барретам — бурение, установка арматуры и бетонирование.

Технология возведения башен:

- ❑ Сооружается "стена в грунте" по периметру участка строительства.
- ❑ Заливаются фундаментные буроинъекционные сваи — барреты.
- ❑ Вырывается котлован до некоторой отметки — например, "–1" этаж. На дне котлована заливается междуэтажное перекрытие, а также перекрытие на уровень выше — они выполняют функцию двухъярусных распорок "стены в грунте". В перекрытиях оставляют технологические проемы.
- ❑ Экскаваторы выбирают грунт сначала в местах технологических проемов, а затем — под перекрытиями этажа, расположенного выше.
- ❑ Когда экскаваторы выбрали грунт на весь объем этажа, заливаются следующие перекрытия и процесс повторяется, пока строители не достигнут нижнего уровня по проекту. Когда весь грунт выбран и перекрытия залиты, уже традиционно, снизу вверх, заливаются технологические проемы (лифтовые шахты или пандусы паркинга).

В комплексе с барретами и "стеной в грунте" этот способ позволяет сохранить здания окружающей застройки. Это будет первое в Киеве здание выше 200 м, построенное в сложных геологических условиях, где потребовались глубокие и уникальные фундаменты по технологии top-down.

Погружение шпунтовых свай

При данной технологии используются сварные стальные шпунтовые сваи из элементов полукруглого профиля "сваи F-профиля".

Полукруглый профиль свай — это наиболее экономичная форма шпунтовых свай в сравнении с традиционными корытными и тавровыми сваями. Экономия

достигается как за счет сокращения используемого металла, так и за счет уменьшения трудозатрат при монтаже свай.

При этом сваи из элементов полукруглого профиля обладают рядом преимуществ. Они способны выдерживать большие нагрузки, их момент сопротивления — до $12\,000\text{ см}^3$ на погонный метр стенки. Сваи F6012 с моментом сопротивления 6000 см^3 на погонный метр стенки применены при строительстве многофункционального комплекса у Московского вокзала в Санкт-Петербурге, что позволило отказаться от "стены в грунте" и выработки котлована по технологии top-down и вести выемку грунта открытым способом.

Ширина панелей из свай F-профиля может достигать 2 м, что влечет за собой сокращение циклов погружения. Техника не требует модернизации — при вибропогружении применяются обычные штатные зажимы для корытообразного профиля, а при забивке свай ударным методом используют простейшие наголовники.

Благодаря меньшей металлоемкости, сокращению рабочих циклов погружения из-за увеличения ширины профиля, ввиду его высокой оборачиваемости, т. е. возможности повторного использования, экономия может составлять 25—35 % по сравнению с применением обычных шпунтовых свай.

Сварные сваи и панели из элементов полукруглого профиля широко применяются в условиях плотной городской застройки для котлованов глубиной до 10 м без раскрепления и глубиной до 24 м с раскреплением или анкеровкой. Замки шпунтовых свай конструкции ПО "Берегсталь", обладая хорошей грунто- и водонепроницаемостью, обеспечивают надежную гидроизоляцию котлованов при возведении фундаментов.

Инновационные решения для свайного фундаментостроения

При участии Российской инженерной академии разработан комплекс оборудования для свайного фундаментостроения, обеспечивающий полномасштабное техническое оснащение новейших технологий свайного фундаментостроения.

Комплекс включает в себя комплект модельного ряда безударно погружаемых инъекционных устройств для изготовления железобетонных набивных свай всех типоразмеров без выемки земли, а также комплект модельного ряда универсальных вдавливающих устройств для безударного и бесшумного погружения забивных свай (всех типоразмеров) и свайных элементов. Данный комплекс уже применялся на ответственных социальных объектах (рис. 3.9).

Цель разработки комплекса — техническое обеспечение новейших быстрых технологий изготовления фундаментов из безударно-вдавливаемых железобетонных и виброинъекционных набивных свай. Техническое обеспечение должно быть направлено на повышение надежности и несущей способности применяемых ныне забивных и набивных свай, сокращение объемов земляных работ при одновременном уплотнении грунта (за счет устройства фундаментных колодцев без выемки земли), сокращение сроков и снижение стоимости изготовления фундаментов.

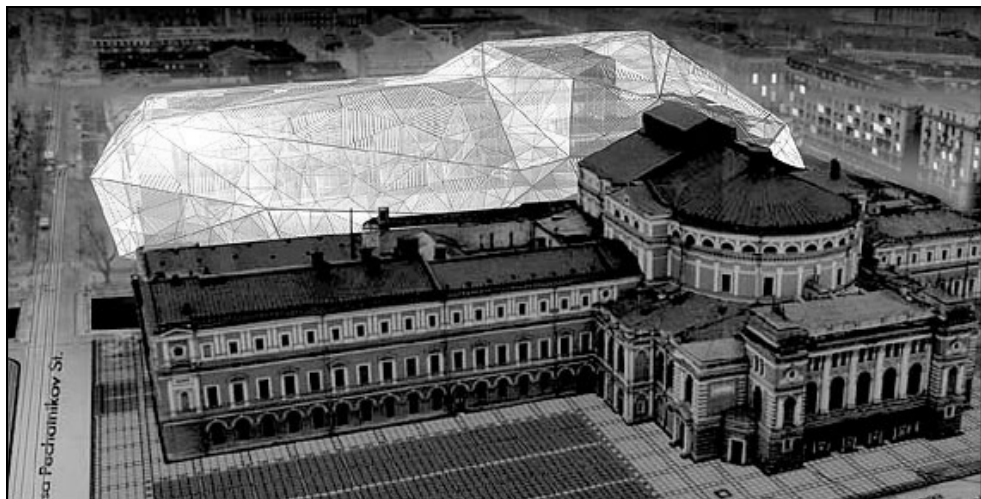


Рис. 3.9. Реконструкция 2-й сцены Мариинского театра СПб

Общие характеристики комплекса:

- вдавливающие устройства оснащены новыми зубчатыми инерционными полигармоническими самобалансными вибраторами, способными в широком диапазоне амплитуд и ускорений безударно и бесшумно (т. е. без динамических воздействий на окружающую среду) создавать вдавливающие усилия от десятков до сотен и даже тысяч тонн;
- конструкции универсальных погружающих устройств позволяют им быть как свободно подвесными на крюковых обоймах кранов, так и навесными — на широко распространенных копровых установках грузоподъемностью 3, 5, 10, 16 и 25 тс.

Первому направлению соответствует комплект модельного ряда высокопроизводительного унифицированного вибропробивного инъекционного устройства для изготовления железобетонных набивных свай без выемки земли.

Предлагаемые высокоамплитудные поличастотные погружающие устройства, оснащенные приводными вращающими механизмами, защищенными от внешних воздействий со стороны уплотняемого грунта, выгодно отличаются от существующих устройств тем, что способны обеспечить изготовление фундаментных колодцев в широком диапазоне диаметров и глубин, а также в несущих грунтах (без выемки самого грунта) при существенно большей производительности и меньших энергозатратах.

Отсутствие колебательных движений формообразующего корпуса при вдавливании его в грунт исключает утрамбовку грунта, что резко снижает лобовое сопротивление грунта и практически исключает передачу динамических нагрузок на близстоящие сооружения.

Был создан унифицированный ряд высокопроизводительных вибровдавливающих инъекционных устройств для изготовления колодцев (без выемки земли) и же-

лезобетонных набивных свай, например, — высокопроизводительное малоэнерго-емкое навесное устройство, которое способно (без выемки земли) обеспечить: глубину колодцев (и свай) — до 20 м; диаметры колодцев — 400, 530, 630, 820, 1020 и 1200 мм; время изготовления колодца и сваи — не более 15 мин; диапазон устанавливаемых мощностей — от 30 до 120 кВт; рабочий диапазон температур окружающей среды — от -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Источник энергии — сеть переменного тока напряжением 380/220 В, 50 Гц. Физический срок службы — не менее 10 лет. Расходы на материалы при эксплуатации — в среднем не более 10 000 руб. в год. Вибрационный и шумовой фон не превышает экологических норм.

Для погружения свайных элементов ныне известно значимое и широко применяемое до настоящего времени многообразие устройств (с использованием в качестве исполнительных зубчатых инерционных самобалансных вибраторов) ударного (вибромолоты), погружающего (вибропогружатели) и вдавливающего (комбинированные устройства) действия. Вибропогружающие устройства являются проверенным и отлично зарекомендовавшим себя оборудованием.

В Санкт-Петербурге применяют три типа свай в зависимости от инженерно-геологических условий площадки строительства (напластование, вид и характеристики грунтов):

- ☐ сваи, изготавливаемые с выемкой грунта;
- ☐ сваи, изготавливаемые с частичной выемкой грунта;
- ☐ сваи уплотнения, изготавливаемые без выемки грунта в результате его принудительного сжатия или вытеснения.

Способ устройства буроинъекционных свай по технологии Гидроспецстроя (микросваи)

Объем применения буроинъекционных свай (микросвай) за прошедшие годы вырос в десятки раз. Существенно обогатился опыт решения с их помощью сложных задач фундаментостроения. Разработаны новые технологические схемы устройства свай, создано новое отечественное и зарубежное оборудование, позволившее кардинально изменить ряд технологических операций и на этой базе повысить несущую способность свай и резко снизить трудоемкость изготовления.

В качестве Стандарта организации ЗАО "ПСУ Гидроспецстрой" приняты "Рекомендации по применению микросвай" или Стандарт организации СТО.

Рекомендации содержат классификацию свай в зависимости от их конструкции и технологии изготовления, указания по области применения, перечень технологического оборудования и материалов для изготовления свай, а также требования к расчету и проектированию фундаментов из микросвай (буроинъекционных свай).

Разнообразие конструкций и технологий устройства буровых свай диаметром до 35 см позволило выделить их в отдельный класс, названный в Рекомендациях "микросваями" по аналогии с американскими и европейскими нормами.

Микросваи (micropile по классификации Eurocode-7 и FHWA-SA -97-070 US) являются разновидностью буровых и набивных свай (по классификации СНиП 2.02.03-85). Они отличаются от традиционных буровых свай следующим:

- ❑ малым диаметром ($d = 150—350$ мм);
- ❑ большой гибкостью ($L/d = 60—120$);
- ❑ материалом ствола (мелкозернистый бетон);
- ❑ способом изготовления (инъекция бетонной смеси в скважину).

Микросваи, в зависимости от технологии их изготовления применяемой организации ЗАО "ПСУ Гидроспецстрой", подразделяются на следующие основные виды:

- ❑ сваи БИС (буроинъекционные сваи) — устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину без последующей опрессовки;
- ❑ сваи ГСС (Гидроспецстрой) — устраиваемые с опрессовкой свежесуложенной бетонной смеси дополнительной порцией бетонной смеси через устьевую тампон;
- ❑ сваи ПСШ — устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину через колонну "проходных секционных шнеков";
- ❑ сваи micro CFA (Continues Flight Auger) — устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину через цельную колонну НПСШ (непрерывно перемещаемых шнеков);
- ❑ сваи Геосмол (российский аналог свай Titan) — с буровой штангой, усиленной проволоочной набивкой.

Технологические схемы устройства свай приведены на рис. 3.10—3.12.

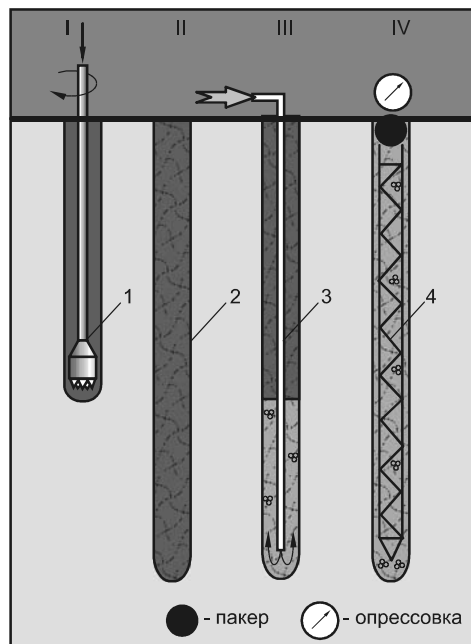


Рис. 3.10. Буроинъекционные сваи, технологическая схема устройства ГСС:

I — бурение скважины шарошечным долотом с промывкой бентонитовым раствором;

II — извлечение буровой колонны;

III — замещение бурового раствора бетонной смесью;

IV — погружение армокаркаса и опрессовка сваи с устья.

1 — буровая колонна с шарошечным долотом;

2 — бентонитовый раствор;

3 — инъекционная труба;

4 — армокаркас

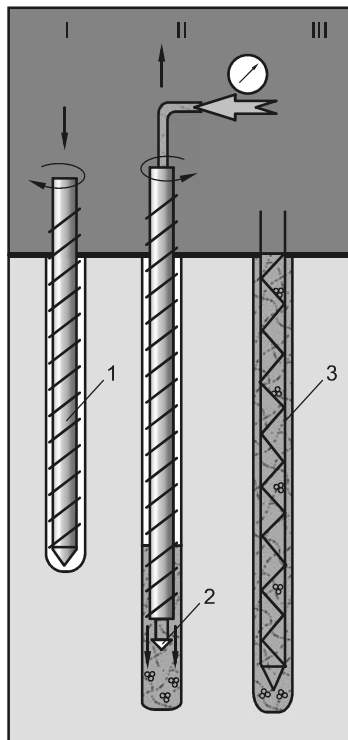


Рис. 3.11. Технологическая схема устройства свай ПСШ:

I — бурение скважины с применением проходных секционных шнеков;

II — извлечение буровой колонны с одновременной опрессовкой скважины через клапан шнека;

III — погружение арматурного каркаса в бетонную смесь.

1 — проходной шнек;

2 — клапан шнека;

3 — армокаркас

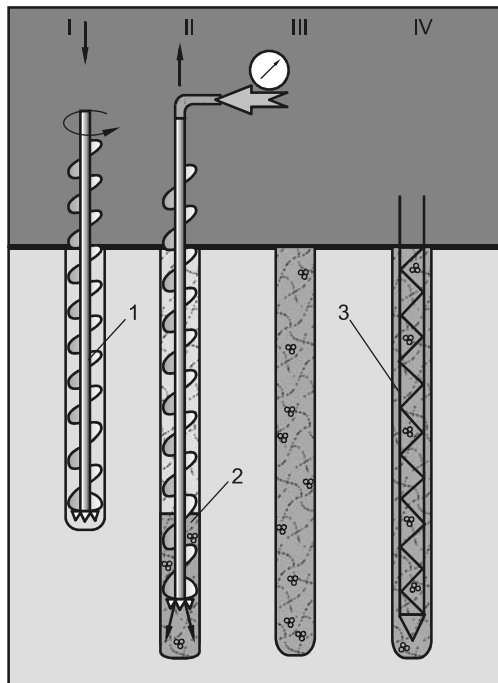


Рис. 3.12. Технологическая схема устройства свай micro CFA:

I — бурение скважины ввинчиванием буровой колонны НПШ (непрерывно перемещаемых шнеков);

II — извлечение без вращения буровой колонны с одновременным заполнением скважины через клапан шнека;

III, IV — погружение арматурного каркаса в бетонную смесь.

1 — буровая колонна НПШ;

2 — бетонная смесь;

3 — армокаркас

Стальные трубчатые сваи, открытые снизу

Применение открытых снизу стальных трубчатых свай способствует сокращению объемов и сроков производства строительных мероприятий, затрат рабочей силы и материала свай за счет более рационального функционирования поперечного сечения ствола под расчетной нагрузкой.



Рис. 3.13. Использование наконечников

Использование наконечников (рис. 3.13) позволяет расширить область применения трубосвай на большие их диаметры, на повышенные глубины погружения, труднопроходимые грунты и более полно использовать резервы трубосвай в части их несущей способности.

Способ сооружения пакета буронабивных свай

Под пакетом буронабивных свай понимается расположенная в заданном проекте геометрическом очертании последовательность устройства свай, например линейная, прямолинейная, криволинейная, замкнутого или разомкнутого очертания. Поставленная задача достигается тем, что в способе сооружения пакета буронабивных свай путем последовательного бурения ряда нечетных и ряда четных секущихся скважин для буронабивных свай на расстоянии, меньшем диаметра свай, с последующим армированием буронабивных нечетных скважин каркасами из арматуры диаметром, на 10÷15 % меньшим диаметра четного столба, и бетонированием. Первоначально бурят ряд скважин, армируют их каркасами, причем на двух диаметрально противоположных сторонах каждого каркаса для нечетных скважин со стороны, обращенной к месту размещения смежной четной скважины, по всей дли-

не каркаса прикрепляют временными креплениями гибкие армированные рукава из воздухонепроницаемого материала, заглушенные снизу и имеющие снаружи антиадгезионное покрытие. Данное покрытие при бетонировании сваи заполняют газом или смесью газов до давления, не менее давления гидростатического столба бетонной смеси у основания сваи, и выдерживают их под давлением до отвердевания бетона с образованием в нем пазов с длиной дуги в поперечном сечении не более половины периметра армированного рукава, образующей по длине сваи участок эллиптической или круговой цилиндрической поверхности. После чего из рукавов стравливают газ и их извлекают из нечетных скважин, далее производят бурение четных скважин с использованием образованных в нечетных сваях пазов в качестве направляющих, их армирование и бетонирование в них четных свай (рис. 3.14). При этом в армированные рукава можно подавать газ или смесь газов, нагретых до температуры, превышающей температуру окружающей среды. Армированные рукава одного арматурного каркаса могут заполнять одновременно, предпочтительно, объединив их тройником с источником газа.

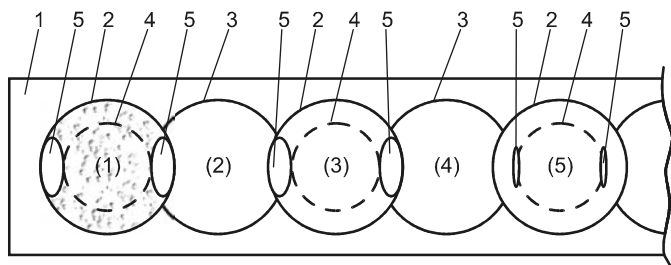


Рис. 3.14. Бурение четных скважин с использованием образованных в нечетных сваях пазов в качестве направляющих, их армирование и бетонирование в них четных свай. Форшахта 1 с направляющими отверстиями для нечетных 2 и четных 3 скважин, каркасы арматуры 4, гибкие армированные рукава 5

Способ устройства инъекционной сваи

Способ устройства инъекционной сваи (рис. 3.15) включает устройство скважины без извлечения грунта путем вдавливания наконечника и инъектирование твердеющего закрепляющего раствора через инъекторную трубу. Новым является то, что используют перфорированную по всей длине инъекторную трубу, на конце которой закреплен конусный наконечник, состоящий из диска и режущих пластин, края которых выступают за основание диска, диаметр которого больше диаметра инъекторной трубы, и в грунт вдавливают инъекторную трубу с наконечником с одновременным нарезанием на стенках скважины продольных пазов и образованием зазора между стенками образуемой скважины и инъекторной трубой, а по окончании процесса инъектирования инъекторную трубу с наконечником оставляют в скважине. Таким образом повышается технологичность, несущая способность сваи при снижении сроков ее возведения.

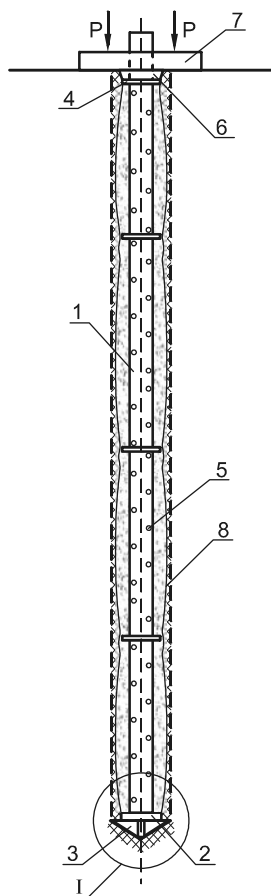


Рис. 3.15. Способ устройства инъекционной сваи:

- 1 — инъекторная труба;
- 2 — конусный наконечник;
- 3 — режущие пластины;
- 4 — сквозные фланцы;
- 5 — отверстия;
- 6 — пробка;
- 7 — нагрузка;
- 8 — уплотненная зона

Сваи вдавливания

В настоящее время появились сваевдавливающие установки, в составе которых крановая установка, пресс-группа, закрепленная на раме, с полыми опорными передвигающимися продольными и поперечными платформами, которые могут заполняться жидкостью и служить пригрузом с созданием усилия вдавливания до 3600 кН.

Преимущества технологии вдавливания свай заводского изготовления:

- ☐ контроль качества конструкции ствола сваи проводится до ее погружения;
- ☐ обеспечение высокой точности погружения, особенно при использовании лидерного бурения;
- ☐ исключены вибрационные воздействия как на расположенные рядом здания и сооружения, так и на саму конструкцию сваи;
- ☐ усилие вдавливания зависит от веса машины и может быть увеличено добавлением груза до 100—160 т; технология позволяет вести погружение свай в пред-

варительно пробуренные скважины (использование лидерного бурения), что значительно снижает необходимое усилие вдавливания;

- практически полная бесшумность работы обеспечивается электрогидравлическим приводом машины;
- возможности проведения непрерывного контроля усилия вдавливания, а следовательно, и оценки несущей способности погружаемой сваи.

На стройках появилось оборудование для вдавливания шпунта на базе кранового оборудования ДЭК весом до 15 т, оно позволяет производить вдавливание шпунтовых свай собственным весом (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Способ устройства инъекционной сваи

При вдавливании шпунта Z-профиля используется копровая машина, имеющая специальную навеску, позволяющую выполнять вдавливание шпунта в виде кассет из 4-шпунтовых свай, заранее собранных вместе на стенде.

Японские установки могут создавать усилие вдавливания до 1100 кН и погружать шпунтовые сваи со скоростью от 1,5 до 35 м/мин.

Буроинъекционные сваи

Буроинъекционные сваи преимущественно используются при усилении оснований и фундаментов существующих реконструируемых и реставрируемых зданий и сооружений, в частности памятников архитектуры. Помимо этого, буроинъекционные сваи могут применяться и при строительстве новых сооружений рядом с существующими зданиями.

За рубежом их называют "корневидными сваями" из-за формы ствола, имеющего по длине многочисленные местные уширения, получаемые при нагнетании раствора в скважину под давлением. Буроинъекционные сваи обладают большим относительным заглублением, которое характеризует отношение длины сваи к ее диаметру.

По окончании цементации скважину выдерживают в течение 2—3 суток.

Давление нагнетания при цементации фундаментов не превышает 0,1 МПа, при цементации зоны контакта — 0,2 МПа. Нагнетание прекращают, если расход цементационного раствора в течение 10 мин при давлении 0,2 МПа не превышает 1 л/мин.

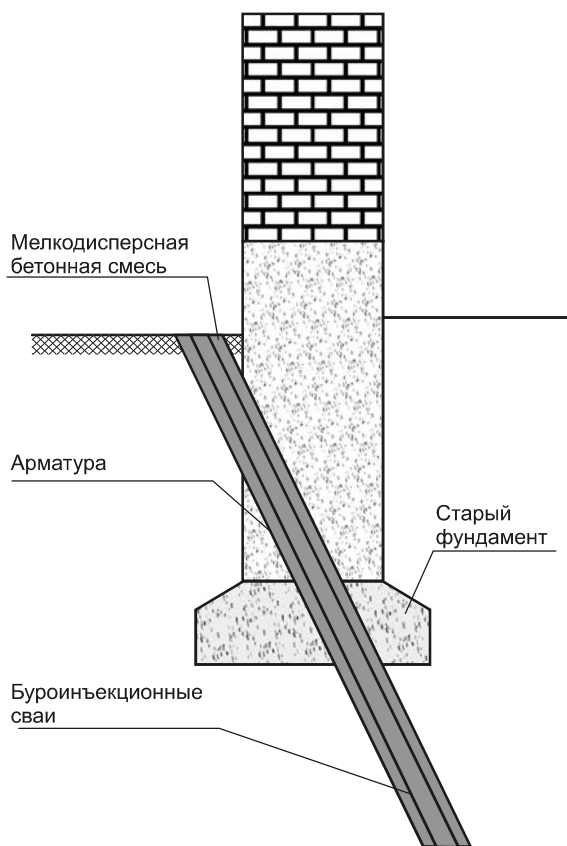


Рис. 3.17. Буроинъекционные сваи

Технологический цикл устройства буроинъекционных свай (рис. 3.17):
Бурение кладки фундаментов и (в случае необходимости) стен.

- ☐ Установка трубы-кондуктора.
- ☐ Бурение скважины в грунте до проектной отметки.
- ☐ Заполнение скважины раствором.
- ☐ Установка арматурного каркаса.
- ☐ Опрессовка скважины.

Глава 4

Защита и усиление сооружений

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество различных зданий и сооружений. Многие из этих объектов, особенно эксплуатируемые в условиях повышенной агрессивности внешней среды, приходят в неудовлетворительное состояние через 15—20 лет работы и требуют ремонта. Помимо этого возникает потребность в усилении сооружений при реконструкции, в связи с изменением технологических процессов и нагрузок на конструкции.

В настоящих рекомендациях представлены различные способы ремонта и усиления конструкций инженерных сооружений. Глава содержит общие методы ремонта строительных конструкций, примеры усиления и восстановления конструкций инженерных сооружений.

Укрепление оснований и фундаментов

Метод восстановления трубопроводов

Метод полимерного рукава при ремонте трубопроводов показан на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Метод полимерного рукава при ремонте трубопроводов

Технически метод прост: рукав, изготавливаемый из нескольких слоев полиэфирного волокна, пропитывается полиэфирными или эпоксидными смолами, монтируется бестраншейно в старый трубопровод и полимеризуется на месте, образуя прочную трубу, вплотную прилегающую к старому трубопроводу.

Примеры:

- ❑ восстановление канализационных коллекторов сложной формы и большого диаметра (до 2000 мм);
- ❑ восстановление трубопроводов напорного водоснабжения большого диаметра (до 2000 мм);
- ❑ восстановление трубопроводов в стесненных условиях городской застройки.

Метод позволяет полностью обойтись без земляных работ или существенно ограничить их объем.

Способ защиты свайного фундамента от морозного пучения

Способ предусматривает вмораживание фундамента в грунтовое основание, которое осуществляют путем искусственного промораживания массива окружающего фундамент грунта ниже глубины сезонного промерзания, причем искусственное промораживание массива грунта начинают при установлении отрицательной среднесуточной температуры окружающего воздуха и промораживают с каждой стороны фундамента массив грунта, равный двойной ширине фундамента, причем глубину зоны промораживания определяют на основании приведенной зависимости. Техническим результатом является упрощение технологии осуществления способа защиты фундамента от морозного пучения, а также снижение трудоемкости и стоимости при повышении эффективности и надежности способа.

Пример 1. Вокруг трубчатой металлической сваи диаметром 325 мм, заглубленной на 8 м, на расстоянии 0,6 м были установлены 4 СОУ парожидкостного типа с термоизолированным соединительным теплопроводом на глубину 3,5 м, что соответствовало середине глубины промораживаемой зоны, мощность которой при глубине сезонного естественного промерзания 2,0 м была принята 3,0 м.

При установлении отрицательной среднесуточной температуры наружного воздуха СОУ автоматически включились в работу, и начался процесс промораживания грунта вокруг сваи. Через 10 суток температура грунта в промораживаемой зоне достигла -3°C , а за последующие 20 дней составила -6°C . После промерзания грунта в заданном интервале глубины от $-2,0$ до $5,0$ м произошло дальнейшее понижение температуры мерзлого грунта до -8°C , увеличение прочности его смерзания со сваями и сил, удерживающих сваю от выпучивания. Процесс промораживания контролировался с помощью наблюдательных температурных скважин, пробуренных в зоне промораживания. Как в период искусственного промораживания, так и в течение последующего зимнего сезона перемещения сваи не наблюдалось.

Пример 2. Был применен также физико-химический способ повышения прочности смерзания грунтов основания со сваями. Он заключался во введении в грунто-

вый массив перед промораживанием водного раствора поливинилового спирта (ПВС) 1 % концентрации. Результаты испытания сваи на выдерживающую нагрузку показали, что удерживающие силы для песков повысились в 4 раза, а для суглинков — в 5 раз.

Предохранение фундамента от морозного пучения описанным способом упрощает, сокращает и ускоряет технологические операции, не требует выполнения большого объема трудоемких земляных работ по замене пучинистых грунтов в основании фундамента.

Предлагаемое техническое решение может быть эффективно использовано при строительстве новых и эксплуатационном обслуживании существующих объектов, при противоаварийных мероприятиях на линиях электропередач в сложных климатических и геокриологических условиях северных районов.

Способ выравнивания сооружений

Способ выравнивания сооружений (рис. 4.2) включает замораживание, оттаивание грунта и его экскавацию. В основании фундамента бурят управляющие и выпускные вертикальные скважины, замораживание и оттаивание грунта осуществляют, опуская в управляющие скважины поочередно замораживающие и нагревательные элементы. Экскавацию грунта осуществляют через выпускные скважины путем выдавливания полученной пасты под действием веса выравниваемого сооружения. В случае бесскважинной технологии замораживание и оттаивание грунта осуществляют при циклическом охлаждении-нагреве фундамента за счет изменения температуры окружающей среды, с утеплением части фундамента в зимний период, а экскавацию грунта осуществляют путем выдавливания полученной пасты под действием веса выравниваемого сооружения. Технический результат состоит в упрощении технологии выравнивания крена при сокращении мокрых технологических процессов.

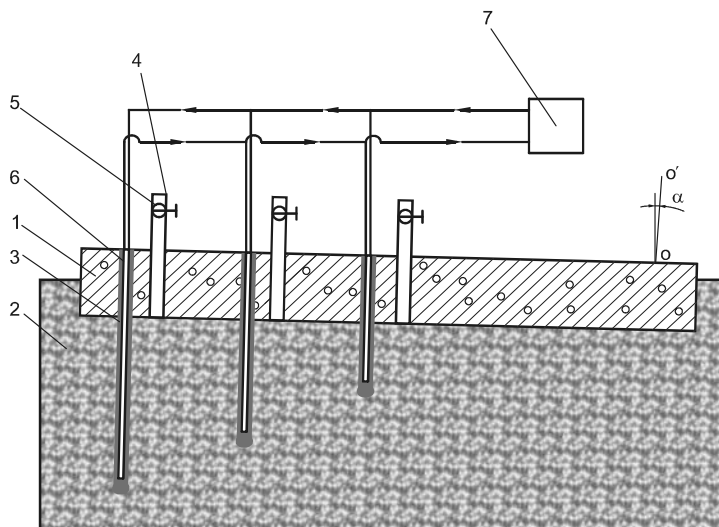


Рис. 4.2. Способ выравнивания сооружений: 1 — фундамент; 2 — грунт; 3 — скважина; 4 — выпускные скважины; 5 — вентиль; 6 — охлаждающий элемент; 7 — компрессор

Способ исправления положения здания, сооружения, подвергшегося неравномерному морозному пучению

По данному способу поочередное замораживание и оттаивание грунта осуществляют в пределах слоя сезонного промерзания грунта вокруг свай, выпученных на величину, не превышающую разности максимальной и минимальной величин выпучивания свай фундамента. Вокруг свай, выпученных на величину, превышающую вышеупомянутую разность, осуществляют замораживание грунта ниже глубины его сезонного промерзания с защемлением нижних концов этих свай в промороженном грунте для исключения их дальнейшего выпучивания. При этом фиксацию положения здания, сооружения осуществляют после его выравнивания, а поочередное замораживание и оттаивание грунта в пределах слоя его сезонного промерзания прекращают. Замораживание грунта ниже глубины его сезонного промерзания с защемлением нижних концов свай в промороженном грунте осуществляют постоянно или с перерывами, начало и конец которых определяют путем замера температуры промороженного грунта при достижении ею значений, равных соответственно -5 и $-0,5$ °С. Замораживание осуществляют с помощью термоустройств.

Техническое решение может быть эффективно использовано при ремонтно-восстановительных работах с широким распространением сезоннопромерзающих пучинистых грунтов.

Способ усиления фундамента здания

Способ усиления фундамента здания, сооружения предусматривает пересадку фундамента на выносные и/или подводимые под его подошву сваи и включает размещение трубчатых секций свай соответственно под фундаментом, преимущественно в образованных в нем или в стене штрабах, и/или над выносными, преимущественно внутрь здания, за контур фундамента в плане балками. Далее осуществляют вдавливание секций свай, их соединение с последующей секцией трубчатой муфтой и бетонирование голов свай. Новым является то, что перед вдавливанием секцию сваи размещают в инвентарной кольцевой обойме гидравлического домкрата, длина которой не более длины секции сваи, а ее внешний диаметр превышает диаметр секции сваи, по крайней мере, на 10 мм, вдавливание последней секции сваи осуществляют на величину, не превышающую длину инвентарной кольцевой обоймы, а после вдавливания последней секции сваи кольцевую обойму извлекают и одновременно с бетонированием голов свай бетонируют образованную после извлечения кольцевой обоймы полость.

Грунтовые анкеры

Грунтовые анкеры (рис. 4.3) обычно выполняют для удержания борта котлована или для повышения устойчивости откосов. Ограждение котлована с анкерами позволяет производить работы в котловане без каких-либо ограничений, в отличие от применения распорной системы, когда приходится работать в стесненных условиях.

Устройство грунтовых анкеров можно выполнять по различным технологиям.



Рис. 4.3. Устройство грунтовых анкеров

Противофильтрационные завесы

Противофильтрационные завесы (водонепроницаемые ограждения) применяют при строительстве подземных автостоянок в близости, а чаще непосредственно под строящимися административными или жилыми зданиями.

При строительстве котлованов в обводненном состоянии применяется традиционный способ "стены в грунте" или опускной крепи до водоупора с последующей разработкой грунта под защитой водонепроницаемого ограждения (рис. 4.4 и 4.5).



Рис. 4.4. Крепление бортов котлована



Рис. 4.5. Крепление дна котлована

Способы закрепления слабых грунтов

Закрепление грунта совместным затвердеванием грунтоцементной и буронабивной свай

На участке, отведенном под строительство, проводят инженерно-геологические работы с определением количества, порядка залегания толщины и свойств грунта. В случае выявления наличия среди слоев грунта геологического элемента с просадочными свойствами, в нем возводят буронабивную сваю с использованием обсадной трубы путем полного замещения грунта бетонной смесью, а в остальных геологических элементах грунтового массива возводят грунтоцементные сваи по струйной технологии. В зависимости от порядка залегания слоев грунта в геологическом разрезе происходит чередование различных этапов закрепления грунта (осуществление заходок) — по струйной технологии или возведением буронабивной сваи. Каждую следующую заходку осуществляют после того, как свая, возведенная предыдущей заходкой, наберет прочность, достаточную для удержания закрепляемого при последующей заходке грунта. Буронабивные и грунтоцементные сваи возводят соосно.

Пример. Геологические изыскания грунта под площадкой, планируемой под строительство, показали наличие полости над коренным грунтом на глубине 9,6 м, высотой 0,85 м, а также слои слабого текучепластичного суглинка. Первой заходкой по закреплению грунта помещают обсадную трубу диаметром 1,3 м с опорой на коренной грунт, внутрь и на дно которой помещают шнек, в процессе подъема которого изымают проблемный грунт одновременно с полной заменой его на закачиваемую под пяту шнека бетонную смесь, на длину 1,0 м. Обсадную трубу и шнек

вынимают. Через 12 ч после окончания закачивания бетонной смеси в процессе последующей второй заходки возводят соосно с буронабивной грунтоцементную сваю по однокомпонентной струйной технологии диаметром 1 м, длиной 8,6 м. Совместное затвердевание грунтоцементной и буронабивной свай позволяет повысить качество и несущую способность свай, возводимой из закрепленного грунта, в том числе за счет дополнительно возникающих сил трения (за счет частичного взаимопроникновения грунтоцемента и бетона), а также существенно (на 80 %) сэкономить расход бетона за счет укрепления грунта по струйной технологии, вместо сооружения сплошной буронабивной сваи длиной 9,6 м.

Таким образом, предложенный способ закрепления грунта позволяет повысить степень закрепления и несущую способность грунта. Использование закрепленного по предложенному способу грунта в качестве основания, например туннеля, позволяет значительно (до 40 %) снизить расход бетона на возведение несущих конструкций вновь строящегося сооружения и сократить сроки строительства.

Способ глубинного компенсационного уплотнения грунта

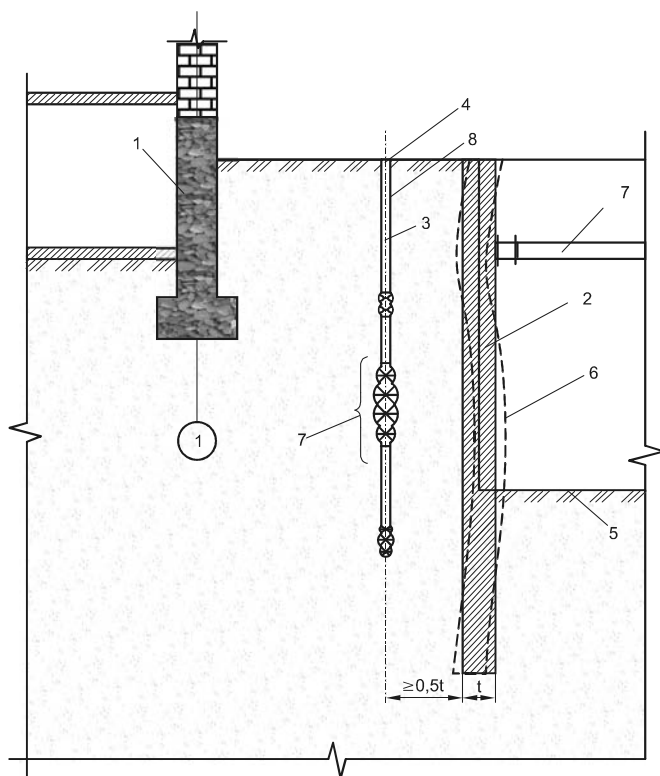


Рис. 4.6. Рабочая скважина, по глубине которой осуществляют глубинное компенсационное уплотнение грунта в пределах границ вновь обнаруженных зон аномально легко уплотняющегося грунта:

- 1 — подземная часть охраняемого здания (существующего) здания (сооружения);
- 2 — конструкция ограждения проектируемого подземного объекта: котлована (стена в грунте, буро-секущиеся сваи, бурокасательные сваи, дискретно установленные сваи), обделки туннеля;
- 3 — пластичный твердеющий материал;
- 4 — устье скважины;
- 5 — дно проектируемого котлована;
- 6 — граница расчетной (или фактической установленной по результатам мониторинга за перемещением контрольных марок) деформации конструкции 2 ограждения котлована;
- 7 — элемент крепления конструкции ограждения котлована (показана распорка, но может быть грунтовый анкер, подкос и т. п.);
- 8 — рабочая скважина

Целью является повышение надежности, качества и технологичности создания противодеформационного барьера, снижение трудоемкости работ по обеспечению сохранности зданий, расположенных в зоне влияния работ по устройству глубокого котлована, при минимальном расходе ресурсов и максимально возможном использовании свойств массива грунта. Поставленную задачу решает способ глубинного компенсационного уплотнения грунта при строительстве подземного объекта (рис. 4.6) путем компенсационного уплотнения грунта со стороны охраняемого сооружения, отличающийся тем, что у строящегося подземного объекта со стороны охраняемого сооружения по глубине массива грунта выявляют зоны легкоуплотняемого грунта, в которые подают твердеющий материал под гидростатическим давлением и последовательно (поочередно) в каждой выявленной зоне по глубине массива осуществляют глубинное компенсационное уплотнение грунта дискретными динамическими импульсами до достижения отказа уплотнения грунта, добавляя по мере необходимости твердеющий материал.

Способ закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов

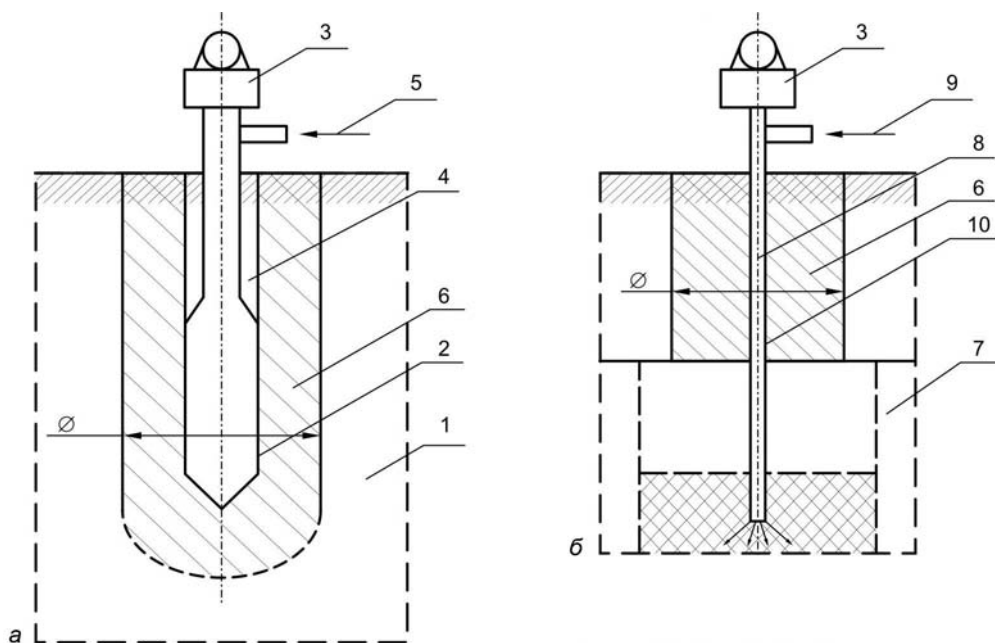


Рис. 4.7. Закрепление водонасыщенных грунтов с одновременной подачей виброшаблона и наполнителя в полость (а), подача инъектора и инъектирование через материал формирующей цементно-грунтовой сваи (б):
 1 — переувлажненный глинистый грунт; 2 — шаблон; 3 — вибратор;
 4 — вертикальная или наклонная полость; 5 — песчано-цементная смесь;
 6 — формируемая свая; 7 — слабые просадочные грунты; 8 — инъектор;
 9 — твердеющий раствор; 10 — контакт

Технология закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов (рис. 4.7) включает выполнение в переувлажненных грунтах вертикальной или наклонной полости и формирование в ней сваи путем заполнения этой полости несвязным наполнителем с последующим его втрамбовыванием и уплотнением. Полость выполняют вибропогружением шаблона, в качестве заполнителя в полость вносят водопоглощающий субстрат в виде песчано-цементной смеси, который отверждают водой, содержащейся в переувлажненном грунте. Диаметр сваи и ее несущую способность регулируют временем вибротрамбования и объемом втрамбованного субстрата. Ниже подошвы формирующейся сваи через материал этой сваи с помощью вибратора забивают инъектор на проектную глубину и, поднимая инъектор с теряемым наконечником, одновременно нагнетают твердеющий раствор. Выполнение всех операций по инъектированию осуществляют в течение 3—4 часов, что составляет 50—70 % от времени окончания гидратации цемента, при котором идет процесс кристаллизации. Технический результат состоит в повышении технологичности, обеспечении закрепления слабых просадочных грунтов, лежащих ниже подошвы сооружаемой сваи, сокращении материалоемкости.

Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах

Фундаменты мелкого заложения ФМЗ (рис. 4.8) используются в отапливаемых и неотапливаемых одно- и двухэтажных жилых и общественных зданиях.

К таким конструкциям относятся фундаменты на грунтовой подушке, подошва которых закладывается на глубину 0,4 м — в отапливаемых зданиях и на 0,3 м — в неотапливаемых, а также под отдельно стоящие опоры.



Рис. 4.8. Фундаменты на грунтовой подушке

Во избежание деформации фундамента при сезонном промерзании грунта предусматривают устройство теплоизоляции из пенополистирольных плит для уменьшения глубины промерзания грунта под подошвой фундамента. В отапливаемых зданиях теплоизоляцию размещают вертикально по внешней поверхности фундамента и цокольной части стены на высоту не менее 1 м от подошвы фундамента (рис. 4.9).

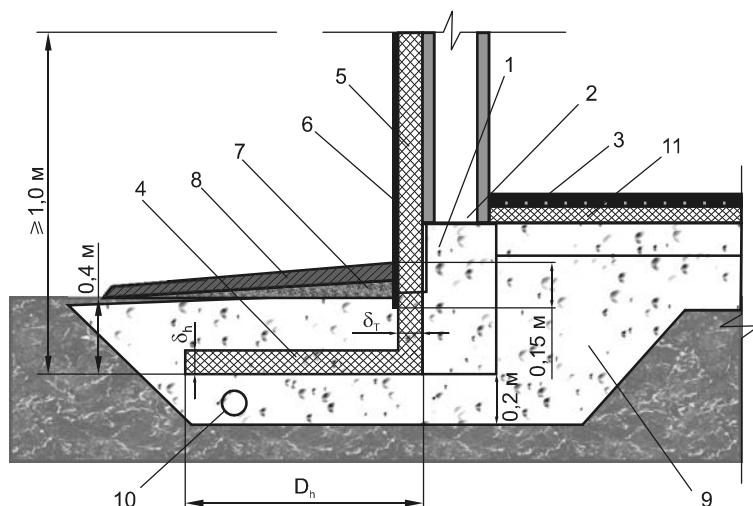


Рис. 4.9. Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий с теплоизоляцией пола: 1 — фундамент; 2 — стена здания; 3 — пол здания; 4 — горизонтальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F); 5 — вертикальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F); 6 — защитное покрытие; 7 — песчаная подготовка под отмостку; 8 — асфальтовая или бетонная отмостка; 9 — неупучинистый грунт; 10 — дренаж; 11 — теплоизоляция пола

Зачастую уровень грунтовых вод находится выше глубины промерзания, что приводит к замерзанию воды в грунте и, при превращении ее в лед, к увеличению в объеме примерно в 10 раз. Возникающие при этом силы расширения (называемые "морозным пучением") направлены вверх и стремятся вытолкнуть фундамент из грунта, постепенно его разрушая год за годом.

Для нейтрализации этого процесса вместо наращивания массы и избыточной прочности фундамента применяется эффективное современное комплексное решение: утепление внешних стен фундамента, устройство утепленной отмостки вокруг здания теплоизоляционными плитами.

Это позволяет вывести область отрицательных температур из-под фундамента и исключить воздействие на него сил "морозного пучения".

Укрепление грунтов методом "Геокомпозит"

Метод укрепления слабых грунтов путем инъектирования растворов типа "Геокомпозит" (рис. 4.10) основан на управляемом инъектировании расчетных объемов твердеющих растворов по специальной технологической схеме. В радиусе 1,5—2 м от инъектора раствор заполняет трещины и пустоты, уплотняет рыхлый грунт и формирует в процессе твердения раствора жесткий армирующий каркас, образуя включения цементного камня. Рыхлые фрагменты грунтового массива уплотняются давлением инъектируемого раствора. Чем больше давление, тем лучше становятся физико-механические характеристики грунтов.

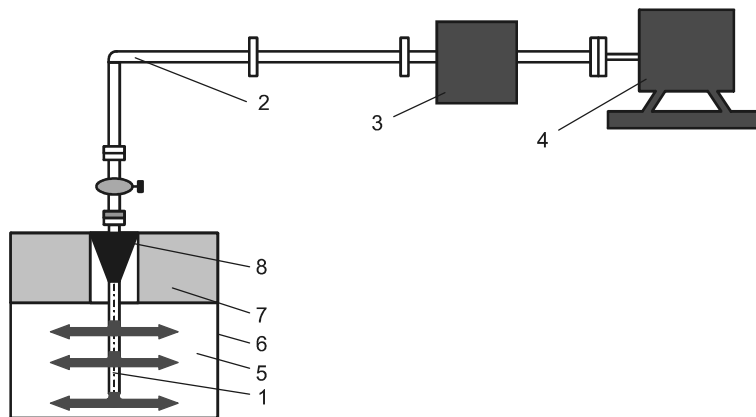


Рис. 4.10. Метод укрепления слабых грунтов путем инъецирования растворов типа "Геокомпозит":

- 1 — инъектор; 2 — соединительный шланг; 3 — насос для нагнетания раствора;
 4 — емкость для раствора; 5 — слабый грунт; 6 — элементарная ячейка композита;
 7 — горизонтальный защитный экран; 8 — пакер

Укрепленный таким образом грунтовый массив является принципиально новым техногенным образованием — геотехногенным композитом (геокомпозитом), обладающим высокой степенью жесткости и корневидной структурой, напоминающей корни дерева.

Метод "Геокомпозит" можно использовать для любых сжимаемых грунтов, в том числе водонасыщенных.

Закрепление грунтов методом Jet-grouting

Это метод закрепления грунтов, основанный на одновременном разрушении и перемешивании грунта высоконапорной струей цементного раствора. В результате струйной цементации в грунте образуются цилиндрические колонны диаметром 600—2000 мм.

Порядок производства работ (рис. 4.11):

- ☐ Бурение лидерной скважины диаметром 112—132 мм до проектной отметки (прямой ход).
- ☐ Подъем буровой колонны с вращением и одновременной подачей струи цементного раствора под давлением до 500 атм. (обратный ход).
- ☐ Погружение в тело незатвердевшей грунтобетонной колонны армирующего элемента.

После твердения грунтоцементной смеси в грунте образуется новый материал — грунтобетон. В зависимости от типа грунта и расхода цемента на 1 м^3 укрепляемого грунта, прочность на сжатие грунтобетона может изменяться в широком диапазоне.

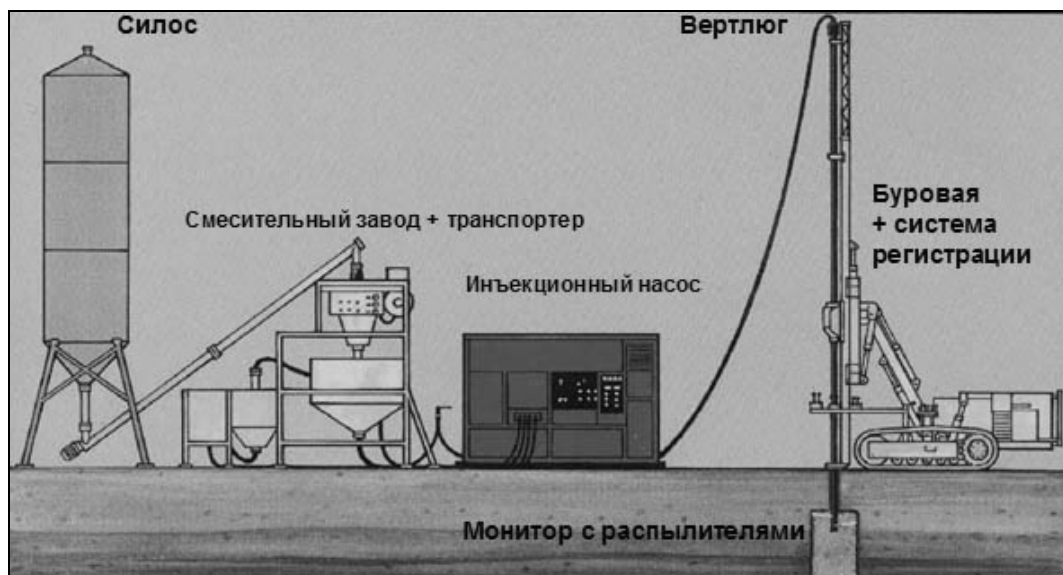


Рис. 4.11. Порядок производства работ

Преимущества технологии струйной цементации грунтов:

- ☐ высокая скорость работ за счет малого диаметра бурения скважин;
- ☐ выполнение работ в стесненных условиях (высота от 2 м, ширина от 1,5 м);
- ☐ отсутствие динамических воздействий.

При ограждении котлованов (подпорных стен) конструкция из грунтобетонных свай выполняет несколько функций:

- ☐ воспринимает горизонтальные и вертикальные нагрузки;
- ☐ является вертикальной противофильтрационной завесой.

С помощью технологии струйной цементации грунтов возможно решение следующих задач:

- ☐ подпорные стены и ограждение котлованов;
- ☐ усиление всех типов фундаментов;
- ☐ противофильтрационные завесы и экраны;
- ☐ армирование грунтов и геомассив;
- ☐ закрепление грунтов при проходке тоннелей и строительстве автодорог;
- ☐ укрепление откосов и склонов;
- ☐ закрепление грунтов в основании;
- ☐ разъединительные стенки;
- ☐ устройство буровых свай;

- ☐ контролируемое заполнение подземных выработок и карстовых пустот;
- ☐ заглубление подвалов и надстройка зданий.

Конструкция ограждения котлована может выполняться из одного ряда секущихся грунтоцементных свай (например, диаметром 800 мм с шагом 650 мм) или с расположением свай меньшего диаметра в два ряда в шахматном порядке. Для крепления такого ограждения также могут быть применены грунтоцементные сваи, наклоненные под углом 30—45 градусов к вертикали. Сваи ограждения и крепления объединяются по верху монолитной железобетонной обвязочной балкой.

Для повышения устойчивости стен, выполненных методом струйной цементации, применяют их армирование стальными трубами диаметром 500—600 мм или прокатными балками ($h = 400—600$ мм), располагаемыми с шагом 1,5—2 м вдоль стены.

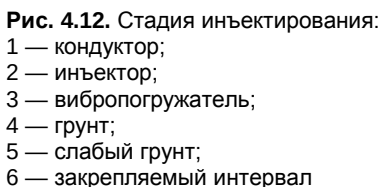
Необходимое оборудование: буровая установка, растворонасос с давлением нагнетания цементного раствора 400—700 атм., шланги высокого давления, монитор и керамические сопла.

Основные параметры струйной технологии Jet Grouting (Джет Граутинг):

- ☐ водоцементное отношение раствора В/Ц = 1;
- ☐ плотность портландцемента М500 3 т/м³;
- ☐ диаметр сопел 3,2—4,0 мм (количество сопел 1—2 шт.);
- ☐ диаметр подающего шланга 25,4 мм;
- ☐ рабочее давление подачи раствора 410—440 бар.

Способ закрепления слабых грунтов при вибрационном подгружении иньектора

Способ закрепления слабых грунтов включает создание цилиндрической полости с поверхности, укрепление стенок цилиндрической полости трубой-кондуктором и иньектирование твердеющего раствора путем его подачи под давлением в грунт через иньектор. В грунтах большой мощности цилиндрическую полость создают и укрепляют ее стенки трубой-кондуктором (рис. 4.12) путем одновременного ее погружения под действием вибрации с размещенной в ней соосно вспомогательной трубой. Через трубу-кондуктор под действием вибрации подгружают иньектор на всю мощность закрепляемой толщи слабых грунтов и через него поинтервально нагнетают твердеющий раствор, поднимая каждый раз иньектор на высоту очередного иньектируемого интервала. Все операции по иньектированию на одной точке закрепления выполняют за время релаксации уплотненного при вибропогружении кондуктора и иньектора грунта.



- ❑ Нарушается теплоизоляция стен здания, что ведет к увеличению тепловпотерь.
- ❑ Грибок, простейшие, споры находят для своего размножения идеальную почву.
- ❑ Соли проникают в строительные компоненты и вызывают разъединение кристаллов и выветривание, что может ослабить стабильность здания в будущем.

Вот почему необходимо принимать эффективные меры для защиты строительной конструкции против проникновения влаги.

Инъекционная система JOCO (Германия)

Инъектирование — инновационная технология при строительстве и реконструкции.

В отличие от инертных водостопов, которые часто являются предупредительными, инъекционная система JOCO остается активной после заливки бетона и обеспечивает доступ инъекционного материала внутрь соединения без высверливания и порчи конструкции. Ленты JOCO закладываются в рабочие швы железобетонных конструкций непосредственно при новом строительстве, и в случае возникновения протечек позволяют устранить их путем прокачивания в шов инъекционного материала.

Ремонт конструкций с помощью инъектирования показан на рис. 4.13. Здесь на разрезе:

- ☐ шланг JOCO установлен в соединении;
- ☐ первое инъектирование выполнено зеленым материалом;
- ☐ второе инъектирование выполнено красным материалом.

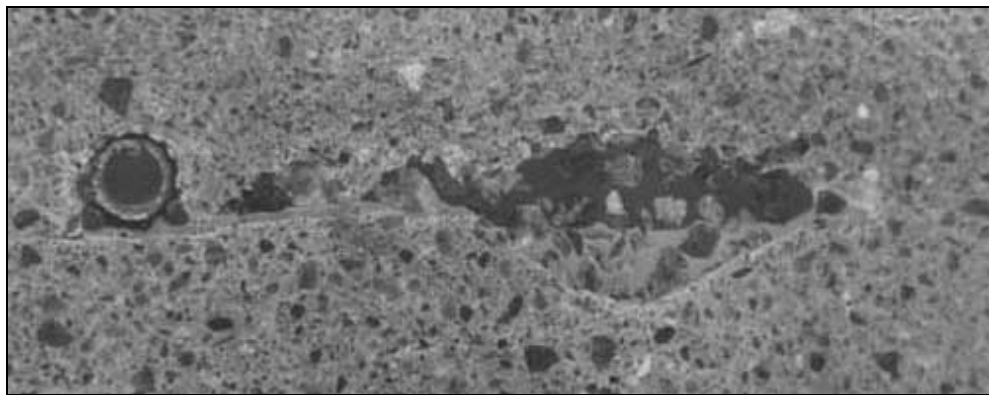


Рис. 4.13. Пример проникновения подкрашенной смолы в трещины в пределах шва

Перечислим преимущества инъекционных лент JOCO.

- ☐ Уверенное выполнение — водонепроницаемость и целостность строения может быть доказана путем подачи воды под давлением во время проведения строительных работ. Максимальная надежность строения достигается еще до завершения проекта, когда после усадки проводятся проверки и определяется надежность.
- ☐ Активная защита — смола, поступающая под давлением, реагирует с водой, проникает в микротрещины, пломбируя их собой, тем самым предотвращая проникновение воды.

- ❑ Решение проблемы — идеальна для проблематичных соединений между новыми и существующими бетонными строениями, диафрагмовые конструкции стен, туннелей и т. д.
- ❑ Практично и экономично — нет протечек, нет необходимости инъектировать. Любые необходимые инъектирования ограничены, так как каждое соединение изолировано и независимо защищено.
- ❑ Гибкость и приспособляемость — JOCO легко приспособляется к профилю строения, равно как и при более поздних изменениях, происходящих в литье бетона.
- ❑ Уникальный инженерный рукав (рис. 4.14) — незасоряющийся гелиевый сердечник позволяет более эффективно распределять материал по сравнению с простыми перфорированными лентами.
- ❑ Прочный химически стойкий — крепкая конструкция противостоит давлению бетона, и неопределенный клапан обратного действия предотвращает инфильтрацию. Стойкий к щелочным химикатам, течениям, органическим веществам, минеральным маслам, кислотам и алкоголю.



Рис. 4.14. Уникальный инженерный рукав

- ❑ Гибкий и удобный в использовании — JOCO легко приспособляется к поверхности строения и в дальнейшем, при возникновении деформаций в строении, не меняет своих свойств. Уникальная структура ленты, имеющая внутренний спиралеобразный сердечник, который распрямляется под воздействием инъектируемого материала по всей длине ленты. Ленты крепятся к бетону на расстоянии не более 20 см специальными крепежами и в удобных местах выводятся наружу с помощью питающих шлангов. Рекомендуется закладывать ленту

10-метровыми отрезками для лучшего прохождения инъекционного материала. После заливки бетона в отверстие питающего шланга при помощи насоса или ручного пресса подается смола специально разработанного состава. Ячеистая структура лент разработана таким образом, что позволяет смоле выйти наружу через поверхность шланга вдоль всего шва, но не поступать обратно после окончания инъектирования. Тем самым заполняются пустоты в самом соединении и вокруг него, образовавшиеся при заливке бетона. После инъекции шланг под давлением промывается специальным раствором и готов для повторного использования.

Способ гидроизоляции подземной части с помощью гидроизоляционной мембраны

Способ гидроизоляции подземной части здания и сооружения (рис. 4.15) включает укладку на грунтовое основание выравнивающего слоя, формирование гидроизоляционной мембраны, формование защитного бетонного слоя, монтаж арматурных каркасов и бетонирование фундамента и ограждающих элементов подземной части здания или сооружения. Гидроизоляционную мембрану выполняют, укладывая сплошными рядами протяженные рукавные элементы из полимерных тканей с нахлестом друг на друга и скрепляя их между собой или в несколько слоев под углом друг к другу. Размещают выпуски рукавов за пределами фундамента. После бетонирования фундамента и ограждающих элементов подземной части здания через выпуски в полость рукавных элементов инъецируют гидроизоляционную смесь для образования водонепроницаемого слоя.

Технический результат состоит в упрощении технологии возведения подземной части зданий и сооружений, повышении надежности защиты от грунтовых вод как горизонтальных, так и вертикальных элементов фундамента, снижении трудоемкости и обеспечении возможности ремонта гидроизоляционной мембраны в период возведения и эксплуатации сооружения.

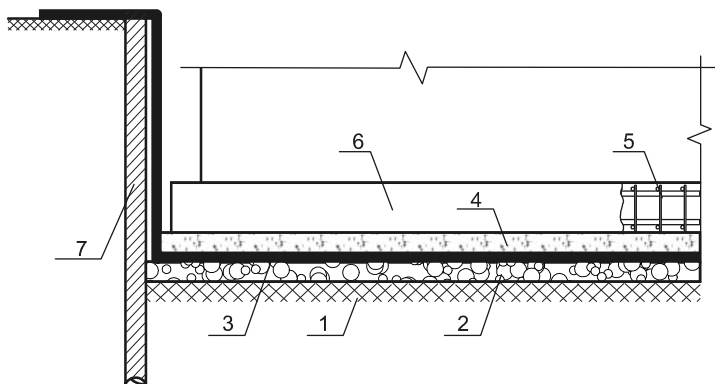


Рис. 4.15. Способ гидроизоляции подземной части здания и сооружения:

1 — грунтовое основание; 2 — выравнивающий слой (песчаная подсыпка или щебень пластового дренажа); 3 — гидроизоляционная мембрана; 4 — защитный слой; 5 — арматурный каркас; 6 — бетонный фундамент; 7 — ограждающие элементы подземной части

Способ защиты пористых материалов от проникновения влаги

Для защиты пористых материалов от проникновения влаги (рис. 4.16) с помощью давления, создаваемого ультразвуковыми колебаниями, вводят гидрофобизатор в толщу материала. Ультразвуковые колебания имеют длительность импульса 1—100 мкс, частоту посылок 1—100 мкс. Частота ультразвуковых колебаний 20—300 кГц, электрическое напряжение на преобразователе 1—2000 В.

Контроль времени заполнения материала на заданную глубину осуществляют по формуле, характеризующей зависимость этой величины от расчетного значения времени распространения ультразвуковых колебаний в пропитываемом материале на заданной глубине, от времени распространения ультразвуковых колебаний в сухом материале, от глубины заполнения материала раствором и длины заполняемого материала раствором. Измеренное значение времени распространения ультразвуковых колебаний через пропитываемый материал сравнивают с заданным, расчетным.

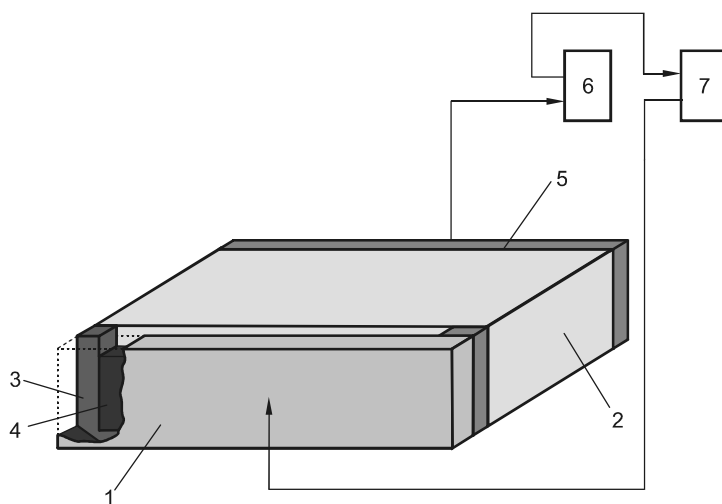


Рис. 4.16. Способ защиты пористых материалов от проникновения влаги:
1 — преобразователь; 2 — пористый материал; 3 — резиновая прокладка;
4 — гидрофобизатор; 5 — приемный преобразователь;
6 — приемник, выход которого соединен с входом генератора 7

Новые способы усиления конструкций

Усиление конструкций с использованием композиционных материалов на основе углеродных волокон

Предварительное напряжение композиционных материалов может быть выполнено путем напряжения конструкций. Системы предварительного напряжения мо-

гут применяться в качестве внешнего армирования при усилении существующих конструкций зданий и сооружений.

Наибольшее распространение получили шпренгельные системы на основе канатной арматуры повышенной коррозионной стойкости и затяжки. Роль затяжки выполняют специальные канаты заводского изготовления (арматурный семипроволочный канат диаметром от 12 до 15,7 мм) в пластиковой трубке, заполненной антикоррозийным составом, который способствует уменьшению сил трения при натяжении каната. Натяжение каната производят механическим способом с помощью гидравлического домкрата. Пластиковая трубка позволяет выполнять натяжение арматурных канатов после бетонирования и набора бетоном проектной прочности.

Предварительно напряженные арматурные элементы обычно натягиваются с одного конца. Предварительное напряжение можно регулировать (увеличивать или уменьшать) в любое время до завершения заливки арматуры путем перестановки домкрата. Это позволяет также выполнять частичное натяжение арматуры. Во время и после натяжения осуществляется контроль эффективной нагрузки натяжения.

Технологии усиления строительных конструкций углеволокном

Углеволокно — высокопрочный, линейно упругий материал, основной для элементов внешнего армирования железобетонных конструкций. Поскольку элементы внешнего армирования из углеволокна закрепляются на конструкции с помощью монтажного клея (эпоксидного, эпоксиполиуретанового или полимерцементного), они эффективно реагируют на приращение деформаций конструкции, в них возникают большие приращения усилий. Прежде всего, это свойство обусловило применение углеродного волокна для усиления железобетонных конструкций.

В настоящее время существует два основных вида элементов внешнего армирования из композитных материалов: холсты (ткани) и ламинаты (ламели).

Холсты представляют собой ткань, сплетенную из тонких нитей армирующего материала, бывают в рулонах шириной по 300, 600 мм и др. Длина холстов, свернутых в рулон, обычно 50 м. Толщина 0,1—0,5 мм. Холсты бывают на основе углеволокна, стекловолокна и арамида. Для железобетонных конструкций наибольшее распространение получили углеволоконные холсты.

Ламинат (ламель) — плотная пластина шириной 50—150 мм, длиной до 250 м с запечатанными углеродными волокнами в эпоксидную матрицу. Толщина ламелей составляет 1—2 мм.

Область применения холстов и ламелей примерно одинаковая, но ламели применяются под большие пролеты и большие нагрузки.

Усиление железобетонных конструкций

Усиление железобетонных конструкций, прежде всего, относится к транспортным, гидротехническим сооружениям, памятникам архитектуры. Усиление рядовых конструкций (рис. 4.17) с применением технологии внешнего армирования должно быть обосновано экономически.



Рис. 4.17. Усиление цементных силосов ЖБК

Исторически, применение технологии внешнего армирования связано именно с железобетонными конструкциями мостов.

Для усиления железобетонных конструкций применяются элементы в виде лент и холстов. Механические характеристики элементов внешнего армирования варьируются в следующих пределах: $E = 70\,000\text{—}640\,000$ МПа, $R = 1700\text{—}4800$ МПа.

При усилении железобетонных конструкций с применением лент требуется решить проблему анкеровки ленты на конструкции, что приводит к необходимости устройства закладных деталей — стальных или из углехолста.

Усиление пролетной зоны изгибаемых конструкций. Наиболее распространенное решение при усилении железобетонных конструкций с применением углеволокна — расположение элемента внешнего армирования со стороны наиболее растянутого волокна в пролетной зоне изгибаемых конструкций.

Усиление приопорных участков изгибаемых конструкций. В этих зонах, как правило, устанавливают углехолсты вдоль линии главных растягивающих напряжений. Углехолсты можно наклеивать в несколько слоев и формировать любые сечения, необходимые по расчету.

Усиление сжатых и внецентренно-сжатых железобетонных элементов. Применение элементов внешнего армирования для усиления сжатых, внецентренно-сжатых железобетонных элементов типа колонн, пилонов, простенков производится двумя способами. Во-первых, для усиления "коротких" элементов (с соотношением высоты к габариту поперечного сечения не более 10) эффективно устройство бандажей из углехолста, создающих "эффект обоймы" по типу косвенного армирования. Во-вторых, установка углехолста вдоль сжатого элемента является дополнительной рабочей арматурой.

Для устройства поперечных бандажей при усилении железобетонных колонн используются элементы внешнего армирования из углеродного волокна. Шаг поперечных бандажей $C < 1$ м, количество бандажей на колонне не может быть меньше 3 шт.

В рамных узлах сопряжения колонн и плит перекрытий (рис. 4.18) рекомендуется устанавливать крайние бандажи по обрезу колонн.

При усилении сейсмостойких конструкций рекомендуется для крайних бандажей использовать 3- или 4-направленный холст.

Усиление гибких колонн производится как продольными, так и поперечными элементами внешнего армирования.

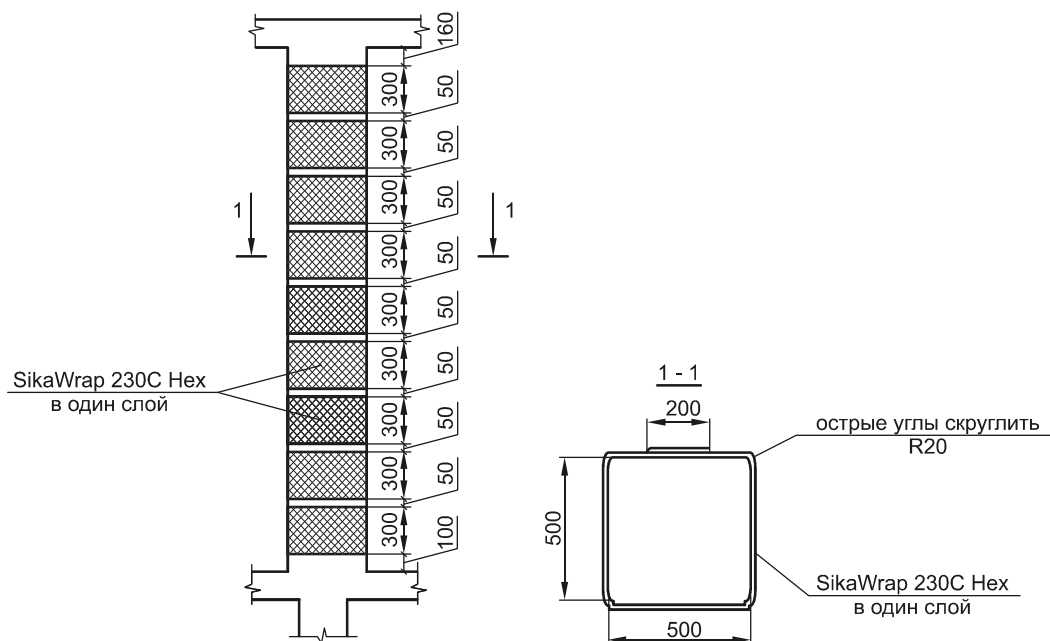


Рис. 4.18. Обойма из углехолста



Рис. 4.19. Усиленная колонна круглого сечения

Перспективной областью применения элементов внешнего армирования из углеволокна являются предварительно напряженные элементы (рис. 4.19). Впервые предварительно напряженные углеродные ленты были использованы при усилении автомобильного железобетонного моста на юге Германии в 1982 году. В России впервые предварительно напряженные углепластиковые ленты были применены фирмой "Практик" при усилении балок пролетного строения автодорожного моста через реку Киржач на 104 км трассы Москва — Нижний Новгород в 2003 году.

Предварительное напряжение элементов внешнего армирования значительно повышает его эффективность и расширяет сферы его применения. Натяжение производится гидродомкратами с использованием специальных захватов и анкерных устройств. При натяжении элементов внешнего армирования из углеволокна с его последующим закреплением на конструкции достигается не только повышение несущей способности, но и увеличение жесткости и трещиностойкости усиливаемого элемента.

Усиление деревянных конструкций

При усилении деревянных конструкций применяется углеволокно с модулем упругости не менее 300 000 МПа.

Установка элементов внешнего армирования производится двумя основными способами:

- путем приклейки к поверхности;
- путем вклейки на монтажный клей в предварительно подготовленные пропилы.

Наиболее широко используют элементы внешнего армирования из углеволокна при усилении деревянных балок (как сплошных, так и клееных) в зоне действия пролетных моментов.

Элементы усиления в виде углехолстов устанавливают на участки, где действуют главные растягивающие напряжения и имеется опасность раскалывания вдоль волокон. Эффективно повышение жесткости гибких фанерных стенок путем приклейки углехолста в зоне действия поперечной силы.

К основным преимуществам элементов внешнего армирования из углеволокна относят простоту и скорость их монтажа и незаметность на конструкции.

Усиление каменных конструкций

Основная сфера применения элементов внешнего армирования из углеволокна при усилении каменных конструкций — внецентренно сжатые элементы, т. е. столбы, пилоны и простенки. При усилении этих элементов специалисты сталкиваются с проблемой включения в работу стальных обойм, монтируемых на конструкцию, в соответствии с традиционной концепцией усиления. Для обеспечения совместной работы стальной обоймы и усиливаемого столба, как правило, пытаются создать в обойме начальные усилия путем нагрева хомутов и применения расширяющихся растворов. Технически это осуществимо, но достаточно трудоемко и нетехнологично.

Обоймы из углеволокна являются эффективной альтернативой стальным обоймам, поскольку их включение в работу усиливаемого элемента обеспечивается просто во время монтажа холста на усиливаемый элемент через клеевой слой.

Натурные испытания кирпичных столбов, проведенные в лаборатории каменных конструкций ЦНИИСК в 2004 году по инициативе и под руководством руководителя сектора к. т. н. Грановского А. В. показали 1,5—2,0 кратное увеличение несущей способности кирпичных столбов, усиленных бандажами из углехолста.

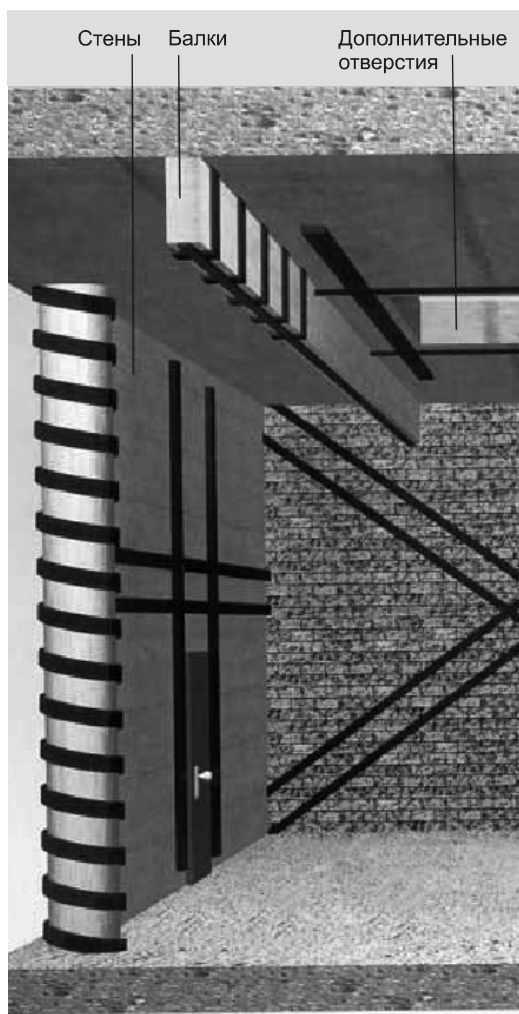


Рис. 4.20. Пример усиления здания углехолстами

Применение элементов внешнего армирования из углеволокна (рис. 4.20) позволяет в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции, минимально нарушая ее целостность. Это в полной мере касается конструкций реконструируемых и реставрируемых зданий.

Усиление металлических конструкций

Усиление растянутых стальных конструкций элементами внешнего армирования из углеволокна целесообразно производить симметрично относительно центра тяжести сечения. При этом применяется углеволокно с модулем упругости, равным или минимально отличающимся от модуля упругости материала усиливаемого стального элемента и максимальной высокой прочности (например, $E = 20\,000$ — $230\,000$ МПа, $R = 480\,000$ МПа).

Установка элементов внешнего армирования происходит в следующем порядке:

- ☐ Очистка поверхности от загрязнений (возможна пескоструйная обработка).
- ☐ Нанесение адгезионного слоя — монтажного эпоксидного клея.
- ☐ Монтаж элементов внешнего армирования (холста или ленты).
- ☐ Защитная или огнезащитная покраска.
- ☐ Установка дополнительных механических фиксирующих устройств.

Усиление внецентренно сжатых стальных элементов производится путем установки элементов внешнего армирования из углеволокна симметрично относительно центра тяжести сечения.

Применение клеенных стержней системы ЦНИИСК для соединения и усиления клееных деревянных конструкций

Малый монтажный вес и высокая несущая способность, сравнительная простота технологии изготовления, возможность использования короткомерного пиломатериала и разных пород для получения единых элементов различных длин и поперечных сечений, высокая коррозионная стойкость сырья, долговечность и дешевизна ставят конструкции из клееной древесины в один ряд с конструкциями из железобетона и стали.

Применение клеенных стержней в линзообразных фермах

Фермы (рис. 4.21) могут быть сборными из клееной древесины или металлодеревянными с нижним поясом и деталями решетки из стали.

Высота фермы в середине пролета: $(1/9) L < H < (1/6) L$.

Рекомендуемые пролеты таких ферм составляют 24—80 м.

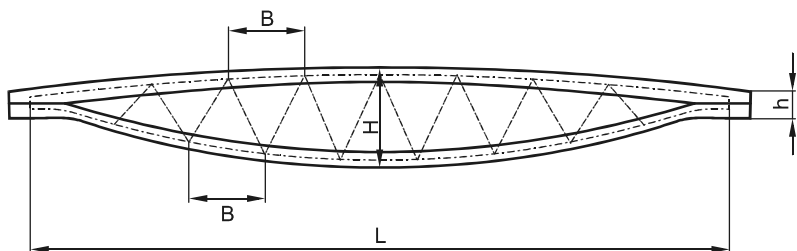


Рис. 4.21. Схема линзообразной фермы

Элементы решетки следует располагать под углом 30—50° к вертикали. Крепление решетки к поясам следует осуществлять с помощью нагелей. Опорные узлы линзовидных ферм являются наиболее нагруженными и ответственными, их следует проектировать на наклонно клеенных стержнях согласно пп. 5.30—5.45, 6.28 СП 64.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП II-25-80).

Сборные фермы могут состоять из нескольких отправочных марок. Расположение укрупнительных узлов следует определять транспортными и технологическими требованиями. В нижнем поясе стыки нужно располагать на возможно большем расстоянии от опорной зоны (рис. 4.22).

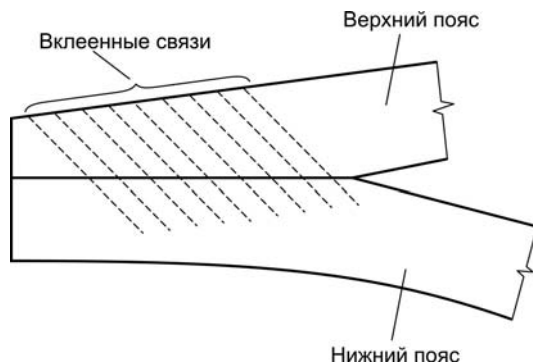


Рис. 4.22. Схема опорного узла линзообразной фермы

Стыки верхнего пояса следует конструировать с передачей осевых усилий на торцы элементов посредством полимербетона, обеспечивающего равномерное распределение напряжений по высоте поперечного сечения.

Растянутые и сжатые стыки поясов должны быть рассчитаны на монтажные усилия при кантовке и подъеме ферм. Они должны обладать достаточной жесткостью из плоскости и воспринимать усилия обратного знака.

В системе ЦНИИСК разработано множество решений шарнирных узлов для ферм, рам, арок и т. п. Данная система позволяет решать основные задачи при проектировании сборных конструкций пролетами до 100 м, в том числе новых форм, например сборных жестких нитей, ферм-линз, защемленных консолей и стоек, неразрезных балок двутаврового сечения и др.

Эффективные решения утепления конструкций

Эффективные решения утепления стен подвала от промерзания

Проблема расширения полезных площадей здания при постоянном росте цен на землю может быть успешно решена путем утепления фундамента, что позволит более рационально использовать подземные части зданий. В подвале или цокольном этаже частного дома можно поместить гараж, спортзал или сауну, а в общественном или многоквартирном здании — стоянку, склад или другие подсобные помещения.

Для создания комфортного климата в помещении подвала или цокольного этажа, оно должно иметь достаточный уровень теплоизоляции, а фундамент — основа

основ любого здания — должен сохранять свои характеристики и показатели работоспособности долгие годы, быть надежным и долговечным.

Промерзание почв, вызванное холодным климатом и наличием грунтовых вод, становится причиной такого явления, как морозное пучение (увеличение объема промерзающего грунта в пределах глубины промерзания, вызывающее неравномерное воздействие на фундамент сооружения), что может привести к деформации и разрушению строительной конструкции. Исключить негативное влияние морозного пучения возможно несколькими путями. Например, заглубление фундаментов до отметки ниже глубины промерзания или выемка пучинистого грунта до глубины промерзания и замена его непучинистым грунтом. Но эти способы характеризуются выполнением большого объема земляных работ и, как следствие, высокими трудозатратами и стоимостью. Более эффективным способом является утепление фундамента, которое позволяет существенно снизить или вовсе ликвидировать воздействие на фундамент сил морозного пучения и избежать опасных деформаций оснований и ограждающих конструкций. Для полной нейтрализации сил морозного пучения необходимо утеплить фундамент по всему периметру здания.

Проникновение влаги в конструкцию фундамента способствует не только его раннему старению, но и ухудшению теплозащитных характеристик конструкции. До 20 % всех теплопотерь в зданиях приходится на зону подвала и цоколя, в случае если стены подвала не изолированы от воздействия влаги и низких температур.

Качественная теплоизоляция стен подвала позволит превратить подземное сооружение в своеобразный аккумулятор тепла, обеспечивающий постоянную комфортную температуру и зимой, и летом. Утепление фундамента поможет значительно уменьшить потери тепла, предохранит стены от образования конденсата, развития плесени и грибков. Теплоизоляция цокольных помещений позволит поддерживать температуру плюс 5—100 °С без дополнительного обогрева.

В настоящее время утепление фундамента иногда происходит с использованием материалов на основе вспененного полистирола и гораздо реже — с использованием волокнистых материалов. Эти материалы обеспечивают достаточный уровень теплоизоляции, но обладают рядом минусов, делающих их применение трудоемким и недостаточно эффективным. В частности, обладая достаточно высоким водопоглощением, эти материалы обязательно должны быть защищены от воздействия грунтовой влаги слоем гидроизоляции. Сам же слой гидроизоляции с наружной стороны в подобных конструкциях должен быть защищен от механических воздействий грунта. Например, для защиты гидроизоляции стен подвала, возводится дополнительная защитная стена в полкирпича от низа фундамента на всю высоту подземной части здания, в результате чего происходит серьезное усложнение и удорожание конструкции.

Гораздо более эффективное решение получается в случае, если теплоизоляция подземной части здания решает одновременно несколько задач:

- ☐ непосредственно обеспечивает теплоизоляцию фундамента и цокольного этажа;
- ☐ дополнительно защищает от влаги;
- ☐ защищает гидроизоляцию от механических повреждений.

Следовательно, на первый план для теплоизоляционных материалов, используемых при теплоизоляции подземных частей здания, выходят такие параметры, как прочность на сжатие и влагостойкость.

Учитывая экстремальные условия эксплуатации конструкций фундаментов и стен подвалов, вызванные постоянным взаимодействием с грунтом и грунтовыми водами, а также механическими нагрузками за счет давления грунта и сил морозного пучения, трудно найти альтернативу плитам URSA XPS из экструдированного пенополистирола для утепления подземных частей зданий (рис. 4.23).

Материал обладает низким коэффициентом теплопроводности и водопоглощения, высокими прочностными характеристиками. Показатели теплопроводности URSA XPS не снижаются даже при эксплуатации во влажной среде, обеспечивая нормальный температурно-влажностный режим внутри утепленного цокольного помещения.

Закрытая пористая структура URSA XPS и свойства поверхности материала исключают капиллярную влагонепроводность и обеспечивают минимальное водопоглощение даже в условиях гидростатического давления.



Рис. 4.23. Утепление фундамента экструдированным пенополистиролом и утепление полов первого этажа

URSA XPS может использоваться при непосредственном контакте с грунтом и грунтовыми водами. Устойчивость плит URSA XPS к циклическому перепаду температур обеспечивает высокую, до 500 циклов, морозостойкость. Это позволяет применять материал в конструкциях, подверженных частой смене температурных режимов при сохранении механических и теплоизоляционных свойств.

Несмотря на органическую природу сырья, материалы URSA XPS обладают абсолютной устойчивостью к воздействию органических кислот, выделяющихся микроорганизмами. Поэтому материал может использоваться в конструкциях, непосредственно соприкасающихся с грунтом и растительностью.

Высокие деформационно-прочностные характеристики плит из экструдированного пенополистирола позволяют воспринимать кратковременную распределенную

нагрузку до 50 т/м². Материал сохраняет стабильные физико-механические свойства, форму и размеры не менее 50 лет.

Сочетание физико-механических свойств плит URSA XPS препятствует промерзанию тела фундамента и грунта основания на пучинистых грунтах.

Защита с помощью плит из экструдированного пенополистирола также значительно повышает долговечность гидроизоляционной мембраны, предохраняющей сооружения от проникновения в них почвенной воды и влаги. Уложенные поверх гидроизоляции, плиты из экструдированного пенополистирола предохраняют ее от преждевременного старения, перепадов температур и механических повреждений при движении грунта. Таким образом, утепление фундамента не только способствует эффективному использованию подземных площадей, но и продлевает срок жизни здания в целом.

Технология утепления стен подвала. Сначала по выровненной наружной поверхности стен подвала устраивается гидроизоляция, которая может быть обмазочной или оклеечной. По гидроизоляции крепятся плиты URSA XPS.

Крепление плит к стене производят следующим образом: гидроизоляцию подплавляют в трех-пяти точках и плотно прижимают теплоизоляционную плиту. Если для крепления плит используется мастика, то она наносится на поверхность плиты теплоизоляции точно в количестве 8—10 маячков на плиту 1250×600 мм. В зоне цоколя устанавливаются анкеры из расчета 4 анкера на плиту.

Плиты располагаются в шахматном порядке. Каждую плиту URSA XPS с кромкой в виде выбранной четверти укладывают вплотную к соседним плитам, чтобы шип-паз верхней плиты закрывал шип-паз нижней плиты, это обеспечит отсутствие сквозных зазоров через слой теплоизоляции и позволит снизить теплопотери.

После устройства обратной засыпки котлована под фундамент плиты плотно прижимаются к стенам подвала благодаря подпору грунта.

Способ утепления конструкций пенным теплоизоляционным материалом SEALECTION Agribalance

Пенная напыляемая изоляция SEALECTION Agribalance (рис. 4.24) для внутренних работ устанавливает новые стандарты качества!

Самый низкий коэффициент теплопроводности полужесткой изоляции с открытыми порами и простота ее применения подняли эффективность изоляции на совершенно новый уровень. SEALECTION Agribalance позволяет достичь трех целей: закрывает поры материала, сокращает проникновение шума извне и эффективно сохраняет тепло. Это средство является одним из самых экологически безвредных продуктов на рынке. Изоляция разработана на основе натуральных, экологически рациональных продуктов, имеет прочную структуру, характеристики которой не ухудшаются со временем, является идеальной изоляцией для зданий.

По сравнению с уже используемыми в современной строительной индустрии материалами, экономия на отоплении или охлаждении помещений составляет 50 %.



Рис. 4.24. Использование пенного утеплителя

Полужесткая двухкомпонентная формула SEALECTION Agribalance препятствует попаданию переносимых по воздуху бактерий и вредных примесей, сокращает уровень шума и делает максимально возможной эффективность использования энергии, создавая воздухонепроницаемую оболочку, окружающую помещение. Это самый эффективный барьер от внешних нежелательных шумов. По всем показателям этот пеноизолятор намного превышает традиционные виды изоляции. Пеноизолятор сводит потерю воздуха к минимуму. Секрет таких характеристик весьма прост: при нанесении состава SEALECTION Agribalance заполняет каждую трещину и пустоту, создавая при этом прочный бесшовный воздушный барьер.

Применение порошковой теплоизоляции с вакуумированием в строительстве

Вакуумная теплоизоляционная панель состоит из пористого материала-наполнителя, помещенного в непроницаемую оболочку. Воздух в панели откачивается до давления от 0,1 до 100 Па, после чего оболочка герметизируется. По сравнению с традиционными утеплительными материалами (пенополистиролом и пенополиуретаном с теми же теплопроводящими свойствами) вакуумная панель значительно тоньше, что очень важно в строительстве.

В настоящее время материалы для вакуумных панелей включают пенополистирол, пенополиуретан, дымный кремнезем и осажденный кремнезем, аэрогели. В част-

ности, дымный кремнезем и аэрогели превосходят все типы наполнителей даже при относительно высоких давлениях — до 1000 Па внутри пакета. Возможность сравнительно высокого начального давления обеспечивает увеличение продолжительности жизни теплоизоляционного пакета.

Оболочки для вакуумных пакетов состоят из нескольких слоев, содержат очень тонкую металлическую пленку (алюминий), на которую для придания механической прочности с обеих сторон наносят слой пластика.

В 1999 году впервые в строительной практике достаточно большая площадь — около 40 м² фасада лабораторного здания в г. Вюрцбурге (Германия) была утеплена вакуумными панелями. В качестве наполнителя применялся микропористый кремнезем. Испытания показали, что такие панели сохраняют свои теплоизолирующие свойства ($0,002 < X < 0,008$ Вт(м·К) до давления газа внутри панели около 10 000 Па.

Исследования этих панелей после года эксплуатации показали устойчивость их свойств. Давление внутри панелей выросло за это время на 100 Па. Таким образом, при исходном давлении внутри панели 100 Па панель будет сохранять свои теплоизолирующие свойства как минимум 100 лет. Использование в вакуумной панели более крупнопористого материала, например пенополистирола с открытой пористостью, приводит к увеличению коэффициента теплопроводности до такого же значения уже при давлении внутри панели на уровне 200 Па, а значит, такие панели сохраняют свои свойства не более двух лет.

При использовании вакуумных теплоизоляционных панелей необходимо учитывать обязательное требование сохранения их герметичности. Это накладывает определенные ограничения на конструкцию систем утепления и области применения таких панелей. В первую очередь их целесообразно использовать в трехслойных стеновых панелях. Если в современной конструкции панелей необходим слой утеплителя не менее 15 см, то применение вакуумной панели позволяет уменьшить толщину слоя до 2 см. При этом вакуумная панель будет защищена с двух сторон слоями бетона от механических повреждений. Упростится конструкция панели, т. к. снизятся требования к прочности гибких связей между слоями бетона. Возможно использование панелей между слоями кирпичной кладки, а также для утепления перекрытий.

Далее приведены примеры использования вакуумных теплоизоляционных панелей.

На рис. 4.25 представлена схема системы теплоизоляции пола. На бетонную плиту укладывается полиэтиленовая пленка, затем плита из экструдированного пенополистирола толщиной 2 см, на которой лежат два слоя вакуумных панелей такой же толщины (два слоя укладываются с целью устранения "мостиков холода" через стыки панелей). Затем следует еще одна плита из экструдированного пенополистирола, которая покрывается полиэтиленовой пленкой. Общее термическое сопротивление такой системы составляет 11,8 м²·К/Вт.

Поэтому предложено использование вакуумных панелей в трехслойной конструкции, где наружным слоем служит стекло, а внутренним — лист металла. Вакуумные панели рекомендуется использовать для высотного строительства с целью уменьшения толщины наружных стен.

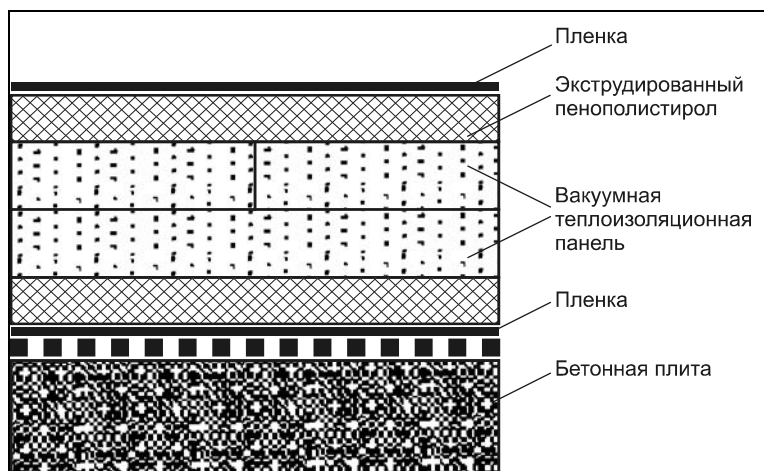


Рис. 4.25. Утепление пола с использованием вакуумной теплоизоляционной панели

На рис. 4.26 показан пример того, как вакуумная теплоизоляция применялась при выполнении тепловой модернизации старого здания, в конструкции которого использовалась полупрозрачная ширма с электродвигателем, выдвигающим ее перед окном в летнее время при перегреве здания. Ширма размещалась между внутренней стеной здания и наружной облицовкой из кирпича. Между ширмой и внутренней стеной здания с целью устранения теплопотерь была установлена вакуумная теплоизоляционная панель. Кроме этого, вакуумные теплоизоляционные панели предлагается использовать для наружного утепления старых зданий.

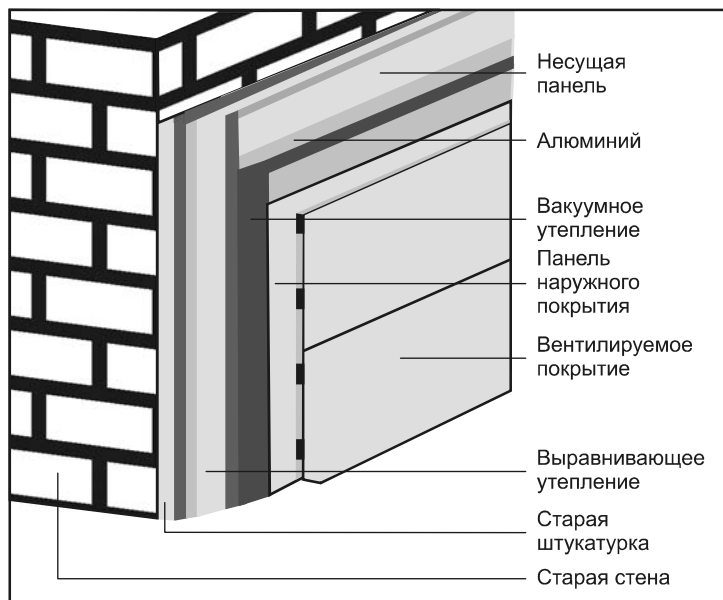


Рис. 4.26. Утепление стены

Глава 5

Новые технологии строительства малоэтажных зданий с применением тонкостенных стальных профилей

Каркасные конструкции обладают высокой несущей способностью, малым весом, что позволяет возводить здания разного назначения и различной этажности с применением в качестве ограждающих конструкций широкого спектра материалов: более легких, менее прочных, но в то же время обеспечивающих основные требования по теплозащите, звуко- и шумоизоляции, огнестойкости. Это могут быть штучные материалы или панели (либо металлические типа "сэндвич", либо навесные железобетонные).

Наружные стены многоэтажных каркасных зданий посредством закладных деталей крепятся к несущим элементам каркаса или опираются на кромки дисков перекрытий. Крепление может осуществляться и посредством специальных кронштейнов, закрепляемых на каркасе.

Хорошо зарекомендовали себя каркасные дома и в сейсмически опасных районах.

Для возведения каркаса используются металл, дерево, железобетон, причем железобетонный каркас может быть как монолитный, так и сборный. Наиболее часто используется жесткий монолитный каркас с заполнением эффективными стеновыми материалами.

Все большее применение находят легкие каркасные металлоконструкции. Возведение здания осуществляется из отдельных конструктивных элементов на строительной площадке либо из модулей, монтаж которых производится на стройплощадке.

Данная технология имеет несколько основных достоинств. Во-первых, это быстрое возведение сооружения (короткий срок строительства). Во-вторых, возможность формирования больших пролетов. И наконец, легкость конструкции, уменьшающая нагрузку на фундамент. Это позволяет, в частности, устраивать мансардные этажи без усиления фундамента.

Особое место среди металлических каркасных систем занимают системы из термозащитных элементов (стальных профилей с перфорированными стенками, прерывающими "мостики холода").

Сооружения строительства по системе Genesis

Основу зданий, возведенных по данной технологии, составляет металлокаркас, состоящий из легких стальных тонкостенных конструкций (рис. 5.1). Панель, собранная по новой технологии строительства, состоит из следующих строительных материалов:

- ☐ утеплитель на основе базальтового волокна или переработанной целлюлозы (ЭКОВАТА);
- ☐ гипсокартонные, гипсоволокнистые листы или плиты ЦСП;
- ☐ паронепроницаемые пленки;
- ☐ дышащие мембраны;
- ☐ каркас из профиля;
- ☐ соединительные и крепежные элементы.



Рис. 5.1. Металлокаркас, состоящий из легких стальных тонкостенных конструкций

Вышеперечисленные строительные материалы применяются в новой технологии строительства для достижения следующих характеристик как панелей стеновых, так и панелей перекрытий:

- ☐ обеспечивается несущая способность и устойчивость здания;
- ☐ формируется тепловой контур;
- ☐ повышается звукоизоляция;
- ☐ обеспечивается противопожарная безопасность конструкции;
- ☐ окончательная внутренняя и наружная отделка зданий возможна в любое время года.

Комплект сооружения включает:

- ☐ стеновые панели наружных несущих стен;
- ☐ стеновые панели внутренних несущих стен;
- ☐ межкомнатные перегородки;

- ☐ междуэтажные перекрытия;
- ☐ стропильные конструкции;
- ☐ чертежи для сборки и монтажа.

Панель, которая собирается на заводе, может состоять из нескольких вариантов готовности. Стеновые панели на заводе можно собрать как с наружной обшивкой, так и без обшивки, а панель подготовить как с утеплителем, так и без утеплителя.

Технология системы Талдом-Профиль

Это новая технология строительства малоэтажных (до 3 этажей), быстровозводимых зданий, коттеджей, с несущим каркасом из тонкостенных стальных гнутых оцинкованных профилей. Примером может служить двухэтажный коттедж г. Химки.

Эта система известна сегодня как СТАЛДОМ — современная технология альтернативного легкосборного домостроения.

Система состоит из следующих подсистем:

- ☐ несущие стены с каркасом из термопрофилей и теплоизоляцией из минераловатных плит;
- ☐ конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий из тонкостенных профилей;
- ☐ несущие стропильные конструкции из легких стальных оцинкованных профилей.

Несущие наружные стены зданий состоят из:

- ☐ перфорированных (просечных) металлических оцинкованных профилей, изготовленных из полосы тонколистовой стали толщиной 0,7—1,5 мм, соединенных между собой винтами-саморезами в плоскости панели. Вертикальные стойки, горизонтальные лежни и соединительные элементы создают каркас здания;
- ☐ эффективного утеплителя (минераловатные базальтовые плиты), плотно уложенного между стойками. Утеплитель негорючий, экологически безопасный и обеспечивает высокие теплофизические параметры стены;
- ☐ гипсоволокнистых листов обшивки с внутренней и наружной стороны стены;
- ☐ пароизоляционных пленок.

Применение легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) из просечного профиля значительно снижает массу конструкции и сокращает потери тепла через стены из-за удлинения пути холодного потока. Толщина материала профиля также влияет на снижение теплопотерь, которые сопоставимы с теплопотерями строений с деревянным каркасом. Перфорированные стальные профили изготавливаются высотой сечения 100, 120, 145, 150, 170, 195, 200 мм. Перфорированные профили, а также сплошные профили для перекрытий и покрытий производятся из полос тонколистовой горячеоцинкованной стали с пределом текучести не менее 350 МПа. Масса цинкового покрытия составляет не менее 27 г/м^2 , что соответствует толщине слоя цинка 20 мкм с обеих сторон. После выполнения резов и просечек в таких профилях нет необходимости в какой-либо дополнительной обработке, так как

слой цинка при просечке или торцевой резке профиля обладает "залечивающим эффектом".

Наружная облицовка стен выполняется по принципу вентилируемого фасада, что обеспечивает проветривание утеплителя. Приток воздуха осуществляется через специальные продухи, расположенные у окон, дверей, в парапетах и у цоколя наружных стен. Конструкция стены позволяет использовать для внешней отделки любые материалы: кирпич, сайдинг, деревянные панели, стекло, стальные кассеты (рис. 5.2 и 5.3).

Высота этажа может достигать 4,2 м, а свободный пролет покрытия между несущими стенами до 15 м. Толщина стены колеблется от 150 до 250 мм, при этом обеспечиваются высокие теплофизические параметры стены, приведенное сопротивление теплопередаче которой составляет от 3,23 до 5,04 м²·°C/Вт (экспериментально подтверждено сертификационными испытаниями, проведенными в НИИ Строительной Физики). Обшивка двумя слоями гипсокартонных листов обеспечивает предел огнестойкости конструкций EI75.



Рис. 5.2. Утепление наружных стен



Рис. 5.3. Наружная облицовка здания

Масса 1 м² стены, состоящего из стального каркаса, утеплителя, пароизоляции и обшивки гипсокартонными листами, составляет примерно 53 кг (параметры веса стены даны для толщины стены 200 мм без учета внешней отделки).

Несущие внутренние стены выполняются с использованием гнутых тонкостенных профилей с толщиной стенки от 1,0 до 1,5 мм. В случае крепления на стену любого очень тяжелого объекта необходима установка усиления на стены. Для усиления используются стальные пластины или листы фанеры. Стальные пластины прикрепляются к стойкам при помощи как минимум двух винтов-саморезов на каждую стойку. Усиливающие стальные пластины поставляются толщиной 1 или 2 мм.

Перегородки должны отвечать категории огнестойкости EI60. В общем случае для достижения такой категории огнестойкости требуется два слоя 13 мм стандартного листа ГКЛ или 15 мм слой огнеупорного гипсового листа ГКЛО с каждой стороны. Минераловатные плиты должны иметь припуск 5—10 мм для того, чтобы они оставались на месте при выгорании гипсового покрытия. Несущие стены между квартирами должны отвечать категории REI 60. Стена между квартирами, удов-

летворяющая требованиям по пожарной безопасности для несущей и разделительной функций, конструируется из двух 15 мм огнеупорных гипсовых листов ГКЛО. Гипсовые листы начинают обрушаться после 60 мин огневого воздействия, поэтому стойки рассчитываются на вертикальную нагрузку от перекрытия с учетом работы без раскрепления листами ГКЛ.

Конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий выполняются из стальных тонкостенных профилей (ЛСТК).

Несущие конструкции междуэтажного перекрытия изготавливаются из легких стальных С- или Z-образных профилей толщиной 2—3 мм и высотой 150—300 мм, установленных с шагом 600 мм. Перекрытия с С-образными 200/2,0 балками перекрывают пролет до 4,2 м. При увеличении сечения балки перекрываемый пролет увеличивается до 6 м. Отверстия для инженерных коммуникаций должны быть проделаны в несущих профилях перед сборкой конструкций.

По верху балок укладывается профилированный стальной настил, который служит основанием под полы. Настил прикрепляется к бортовым балкам и к балкам перекрытия самонарезающими винтами.

Подвесной потолок включает металлическую обрешетку (рис. 5.4 и 5.5), закрепленную к нижнему поясу балок с помощью акустических клямер, обшивку из двух слоев гипсокартонных листов и слой звукоизоляции из минераловатных плит.



Рис. 5.4. Конструкции междуэтажного перекрытия



Рис. 5.5. Несущий настил перекрытия

Чердачное перекрытие включает стальной каркас, диагональные связи, подшивной потолок из гипсокартонных листов, теплоизоляционный слой из минераловатных плит. Толщина утеплителя принимается исходя из требуемого сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия.

Несущие конструкции покрытия состоят из стропильных ферм или балок, изготавливаемых из тонкостенной оцинкованной стали. Применение гнутых профилей из тонкого листового металла в стропильных системах пролетом 6—15 м позволяет снизить расход стали до минимума. Легкие стропильные системы применяются следующих систем:

- ☐ одно- или двухскатные фермы с решеткой из раскосов или из раскосов и стоек;
- ☐ трехшарнирные решетчатые фермы с затяжками;
- ☐ висячие стропила с затяжкой, причем обычно имеется одна подвеска, реже две или более;
- ☐ простые стропила с затяжками.

Сечения стержней стальных ферм и балок из ЛСТК имеют С-, U- или Z-образное сечение.

По этой технологии проектируются и изготавливаются конструкции мансардного типа, что позволяет полезно использовать чердачное пространство. Стропильные фермы покрытия предпочтительнее изготавливать в заводских условиях в виде отдельных отправочных марок, которые собираются на строительной площадке, перед подъемом на место. Это дает возможность быстро смонтировать конструкцию, если крыша возводится одновременно с монтажом каркаса стен и перекрытий.

Опирающие стропильные фермы или балки покрытия, расположенных с шагом 1,2 м, должно всегда производиться на вертикальные стойки стен.

По стропильным несущим конструкциям устраивается обрешетка из П-образных профилей для опирания и крепления кровельных листов из металлочерепицы или профилированного настила. Несущая конструкция покрытия располагается в холодной зоне над утепленным чердачным перекрытием.

Решения узлов соединения несущих конструкций и чердачного перекрытия (рис. 5.6 и 5.7) исключают появление "мостиков холода". При устройстве мансард теплоизоляция и внутренняя облицовка также выполняются по типу чердачного перекрытия и включает стальной каркас из термопрофилей, диагональные связи, подшивной потолок из двух слоев гипсокартонных листов толщиной 9,5 мм, теплоизоляционный слой из минераловатных плит.



Рис. 5.6. Стальные фермы покрытия



Рис. 5.7. Стальные балки перекрытия

Выбор систем жизнеобеспечения здания (электрика, сантехника, тепло- и водоснабжение и пр.) определяется в основном запросами будущих пользователей данного здания. Расходы же на внутренние коммуникации составляют 20—40 % контрактной стоимости здания, а доля монтажа этих коммуникаций 20—45 % их

стоимости. Арматура для электропитания, телефона, компьютерной сети и TV может размещаться внутри трубопроводов в стенах и полах; в коробах вне стен и полов, в каналах (коробах, трубах) внутри стен и полов. Стояки труб для водопровода и канализации размещаются в вертикальных колодцах для каждой квартиры, например, рядом с лестничными блоками. Бригада из 3—4 человек может собрать каркас дома общей площадью 150—200 м² за 2—3 недели.

Для ведения работ не требуется применение грузоподъемных механизмов из-за малого веса конструкций. Ферма пролетом 9 м весит 70 кг.

Высокая точность размеров, высокий процент использования изготовленных заранее готовых элементов и быстрый монтаж делают строительство из легких стальных конструкций и в том числе на основе легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) выгодной альтернативой традиционным методам строительства.

Для системы СТАЛДОМ вполне подойдет фундамент мелкого заложения.

Технология быстровозводимых бескаркасных зданий из высокоэффективных стальных конструкций

Основной конструктивный элемент здания — структурная секция (рис. 5.8), имеет ширину 1 м и глубину рифления 128 мм. Длина секции зависит от ее назначения.

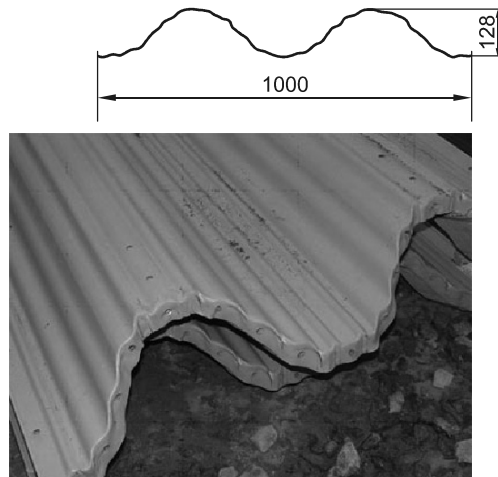


Рис. 5.8. Основной конструктивный элемент здания

Кровля и потолок изготавливаются из нескольких секций с соединениями по длине внахлест на болтах. Раскосы покрытия крепятся к фасонкам. Покрытие в поперечном сечении представляет собой полигональную ферму, у которой верхний пояс изогнут по дуге, а нижний пояс — горизонтальный. Несущие стеновые секции продольных стен устанавливаются вертикально и непрерывно на всю высоту стен здания, в нижней части крепятся к опорным деталям на болтах.

Внутренняя опорная деталь крепится к фундаментной стене анкерными болтами, установленными с шагом 500 мм. Стеновые, кровельные и потолочные секции соединяются вдоль кромок болтами с шагом 200 мм. Пространственная жесткость здания обеспечивается продольными и торцевыми стеновыми конструкциями и конструкцией покрытия (рис. 5.9), являющейся одновременно горизонтальной диафрагмой жесткости.

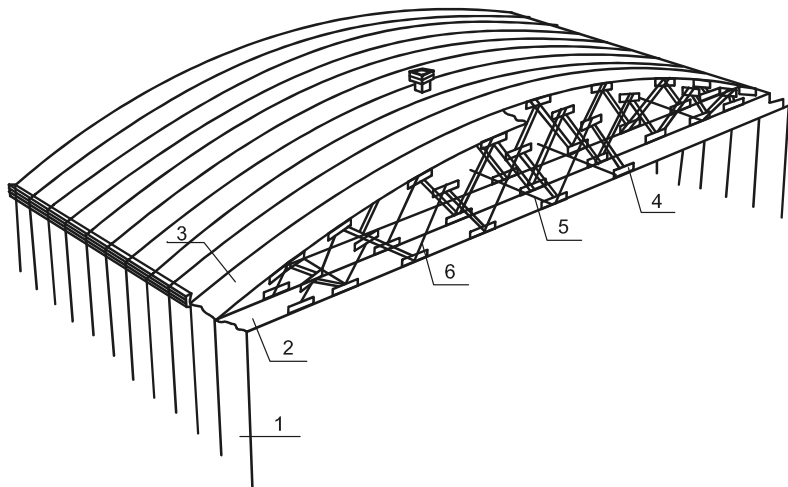


Рис. 5.9. Элементы конструкции: 1 — структурный элемент стены; 2 — структурный элемент потолка (нижний пояс кровельной стропильной фермы); 3 — структурный элемент кровли (верхний пояс кровельной стропильной фермы); 4 — фасонки; 5 — распорки из Z-образных холодногнутых профилей; 6 — раскосы из С-образных холодногнутых профилей

Несущие стены здания выполнены из структурных элементов и вся нагрузка от здания равномерно распределяется вдоль основания стен. Бескаркасное здание не нуждается в мощном фундаменте для восприятия и передачи на грунт нагрузок, а значит, уменьшаются трудозатраты, расход стали и бетона.

Для теплоизоляции стен используется штапельное стекловолокно типа URSA с односторонней армированной фольгой, которая обеспечивает надежное крепление теплоизоляции без каких-либо уплотнений и одновременно выполняет роль эффективной пароизоляции, предотвращающей увлажнение самого утеплителя. Кроме того, алюминиевая фольга активно препятствует потере лучистого тепла от отопительных приборов, расположенных внутри здания. Эксплуатационный коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,055 \text{ Вт/(м·К)}$.

Стеновая изоляция (рис. 5.10) соединяется с теплоизоляционным материалом цоколя (например, пенополистиролом), замыкая теплоизоляционный контур по периметру здания.

В процессе эксплуатации здания, особенно в зимний период, в пространстве между наружной стеной и стеновой теплоизоляцией возникает эффект микровентиляции за счет конвективных потоков воздуха, что позволяет поддерживать утеплитель в сухом состоянии.

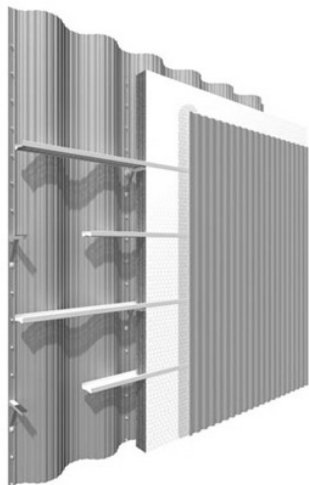


Рис. 5.10. Конструкция стенового ограждения

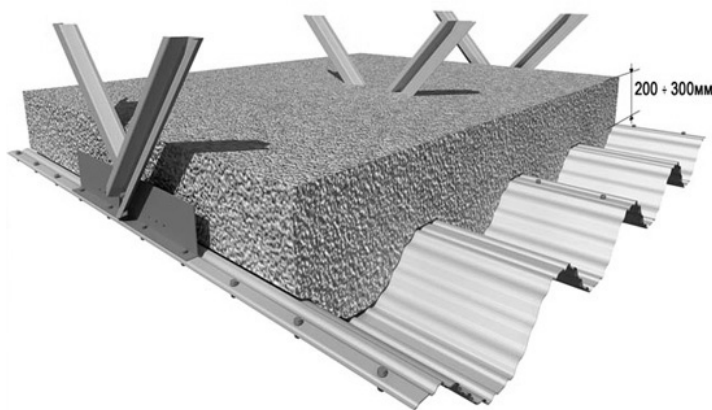


Рис. 5.11. Конструкция покрытия

В качестве изоляционного материала потолка бескаркасного здания используется утеплитель ISOVER PUN (KV-50) с рабочими параметрами $g \sim 10 \text{ кг/м}^3$ и эксплуатационным коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м·К)}$.

Укладка утеплителя (рис. 5.11) осуществляется с помощью специальной машины по гибким пластиковым трубопроводам длиной до 100 м через штатные чердачные люки. Производительность машины составляет $55 \text{ м}^3/\text{час}$.

Постоянно сухое состояние теплоизоляции стен и потолка позволяет значительно снизить затраты как на отопление, так и на охлаждение воздуха внутри здания, а отсутствие межферменного пространства исключает затраты на его отопление и кондиционирование.

Необходимый уровень освещенности достигается за счет комбинирования естественного бокового освещения в продольных и торцевых стенах здания и дополнительной системы искусственного освещения. Оконные блоки выполнены из пластикового одно- или двухкамерного стеклопакета. Затраты на дополнительную систему искусственного освещения снижаются за счет высокой отражающей способности потолочных секций, внутренних стен и отсутствия межферменного пространства.

Все конструкции здания имеют компактную форму и упаковываются на заводе-изготовителе при загрузке транспорта с учетом грузоподъемности монтажного крана. За счет своей компактности, конструкции бескаркасного здания на строительной площадке размещаются на 25 % площади от занимаемой конструкциями каркасного здания.

Монтаж конструкций бескаркасных зданий осуществляется исключительно на болтах с помощью гайковертов. Из практики, бригада численностью 33 человека монтируют 4—6 пог. м готового здания пролетом до 60 м за одну рабочую смену (рис. 5.12). То есть темп монтажных работ составляет до $240\text{—}360 \text{ м}^2$ в смену, что значительно снижает сроки возврата инвестиций в строительство.

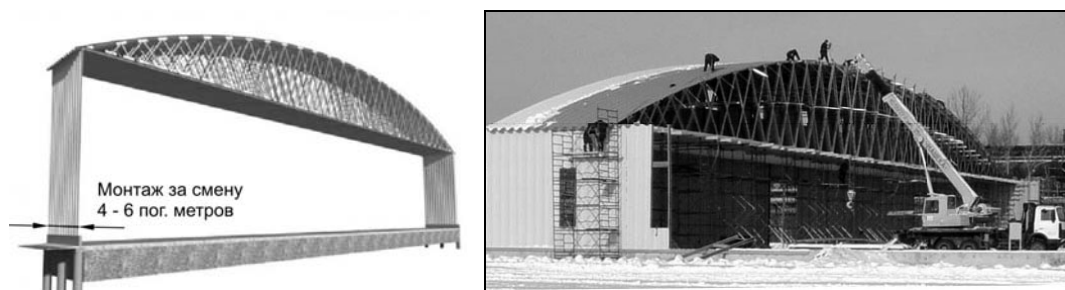


Рис. 5.12. Монтаж несущих конструкций бескаркасного здания

Бескаркасные ангары

Компания "Строительные Мобильные Комплексы" осуществляет строительство бескаркасных арочных ангаров (рис. 5.13) с использованием американской технологии M.I.C. Industries.



Рис. 5.13. Бескаркасные ангары

Основные преимущества:

- ❑ цена — от 2600 руб./м² для зданий холодного типа (в одну оболочку) и от 4000 руб./м² для утепленных зданий (в две оболочки), что значительно ниже аналогов из кирпича, бетона или металлоконструкций на каркасной основе;
- ❑ скорость постройки — до 1000 м² в день;
- ❑ мобильность оборудования — оборудование смонтировано на собственном шасси и может быть доставлено в любое место в кратчайшие сроки;
- ❑ надежность конструкции — в ангарах отсутствуют болты, резьбовые соединения, они полностью герметичны и устойчивы к ветровым и снеговым нагрузкам нашей климатической зоны.

МІС-240 АВМ предназначена для быстрого и экономичного производства бескаркасных зданий в месте строительства. Процесс строительства начинается с формирования прямых строительных панелей шириной около 630 мм из катушки конструкционной стали. Затем поверхность этих панелей делается рифленой, и панели изгибаются, превращаясь в арки, имеющие заранее заданные пространственные размеры, соответствующие требованиям здания. Эти панели затем собираются на земле и соединяются между собой с помощью электрической сшивающей машины в секции по 3 панели в каждой. После этого они поднимаются и устанавливаются краном на фундамент, где крепятся точечной сваркой и вантами по необходимости. Процесс повторяется до тех пор, пока вся крыша не будет готова. Следующий этап — формирование торцевых стен из прямых панелей, подрезка по размеру, установка и сшивание их вместе, оставление пространства для дверей, окон и вентиляции в соответствии с проектом.

Полностью процесс строительства может быть завершен в течение всего нескольких дней. Причем большая часть времени уходит на фундамент, а не строительство самой оболочки. Период строительства может занять самое большее несколько недель, если внутренняя отделка окажется достаточно сложной.

Быстровозводимые здания ангарного типа Ruukki (Финляндия)

Комплексное решение за 6—8 недель.

Серийное здание Ruukki — здание павильонного типа на основе стандартных компонентов. Каркас, кровля и стены — все, что может понадобиться для постройки здания, поставляется в комплекте.

Быстровозводимые сборные конструкции обладают отличными свойствами в части энергосбережения, модифицируемости и внешнего вида.

Выбор ограждающих конструкций основывается на действующих в районе строительства нормах, требованиях теплоустойчивости зданий.

Назначение зданий серии "Кондор" (рис. 5.14): производственные здания, складские комплексы, промышленные холодильные установки, торговые здания, спортивные сооружения, гаражи, автосервисы, автосалоны и паркинги.

Типы производственных зданий (табл. 5.1):

- ❑ однопролетные здания 18, 24, 30 м;
- ❑ двухпролетные здания 36, 48, 60 м;
- ❑ многопролетные здания, ширина пролетов может быть одинакова.



Рис. 5.14. Быстровозводимые здания серии "Кондор"

Монтаж здания максимально упрощен (соединения элементов болтовые, отсутствуют сварные работы на монтаже), 9-метровый шаг основных колонн (что значительно позволяет экономить на фундаменте).

Минимальные сроки получения конструкций здания, их монтажа и ввода в эксплуатацию позволяют уменьшить сроки окупаемости объекта. Существуют несколько вариантов комплектации ограждающими конструкциями: от самого экономичного ("холодного") до элитного ("люкс"). Назначения зданий серии "Кондор" (рис. 5.15—5.17): производственные здания, складские комплексы, промышленные холодильные установки, торговые здания, спортивные сооружения, гаражи, авто-сервисы, автосалоны и паркинги.

Таблица 5.1. Характеристики зданий серии "Кондор"

	Однопролетные здания	Двухпролетные здания	Многопролетные здания
Типовая ширина	18, 24, 30 м	36, 48, 60 м	Типовая ширина здания может быть одинакова (пример: 24 м + 18 м + 24 м или 24 м + 24 м, 48 м + 48 м)
Типовая высота	4,8—10,8 м	6—12 м	4,8—10,8 м. Все пролеты здания должны быть одной высоты
Уклон кровли	10 %	10 %	10 %
Шаг колонн	9 м	9 м	9 м

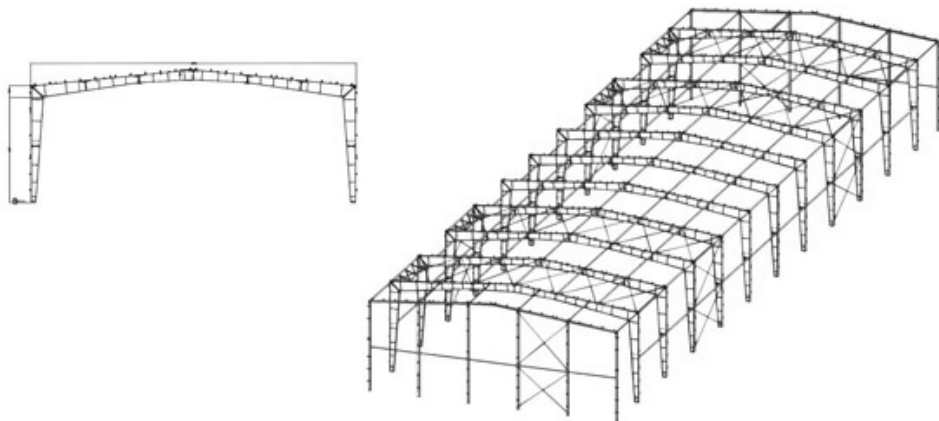


Рис. 5.15. Однопролетные здания серии "Кондор"

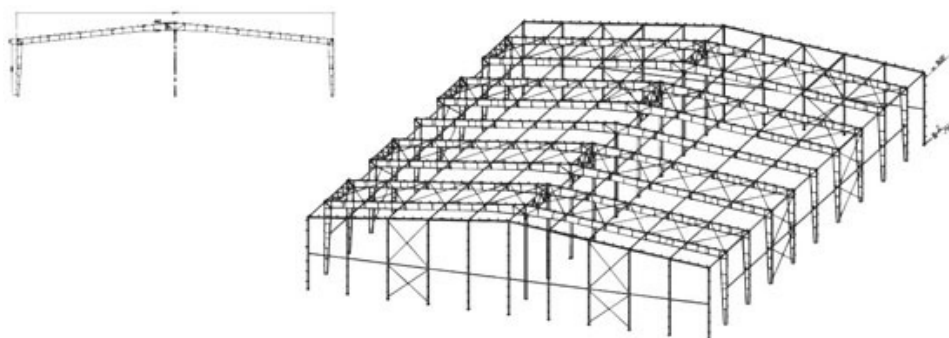


Рис. 5.16. Двухпролетные здания серии "Кондор"

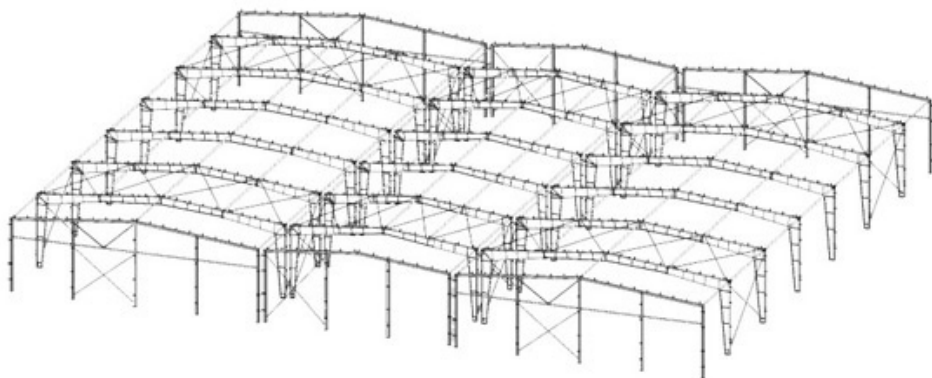


Рис. 5.17. Многопролетные здания серии "Кондор".
Первый и последний пролет всегда 7 м (7/9/7 м)



Рис. 5.18. Здания системы Спайдер-В

Система Спайдер-В (рис. 5.18) позволяет стыковать здания между собой, образуя многопролетные комплексы для применения в производственной, складской, логистической и сельскохозяйственной отраслях.

Сборка зданий осуществляется на болтах и не требует сварки.

Таблица 5.2. Типы зданий системы Спайдер-В

	Однопролетное	Многопролетное
Ширина	6—21 м	Составное здание из нескольких однопролетных
Высота	3—6 м	3—6 м
Уклон кровли	20 %	20 %
Расстояние между колоннами	2,2—6 м	2,2—6 м

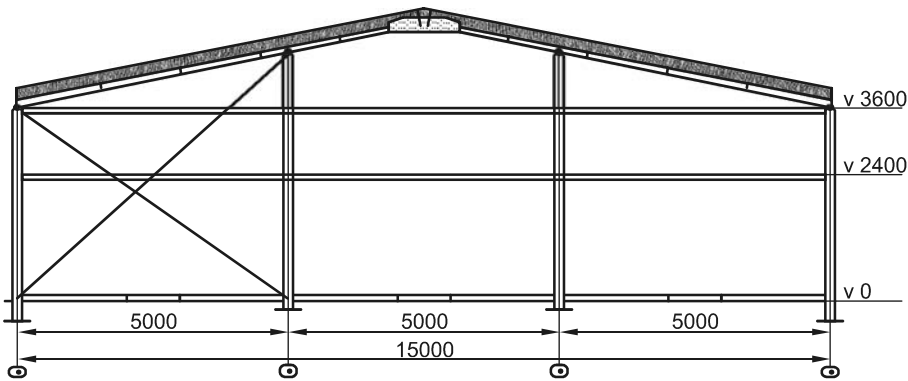


Рис. 5.19. Однопролетное здание системы Спайдер-В

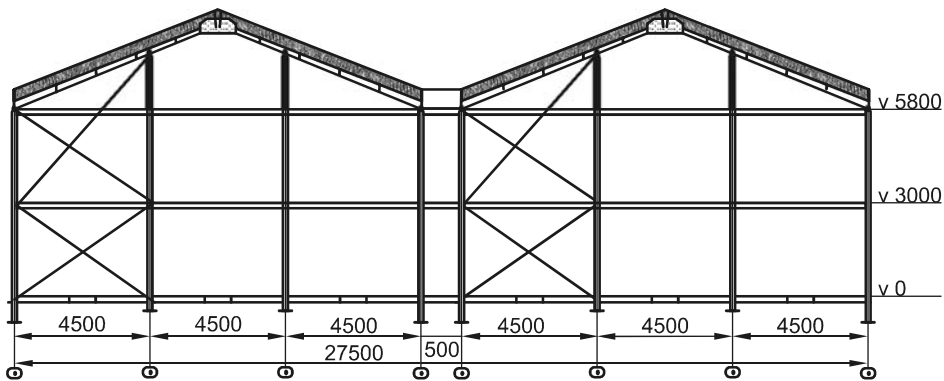


Рис. 5.20. Многопролетное здание системы Спайдер-В

Здание системы Спайдер-В имеет стандартный каркас прямоугольной формы, вертикальные стены и двускатную крышу с уклоном 20 % и карнизом 300 мм (табл. 5.2). Система позволяет стыковать здания по длинной или короткой стороне (рис. 5.19 и 5.20). Кровля многопролетных зданий оснащена организованной водосточной системой со специальным утепленным желобом для "теплых" зданий.

Несомненным преимуществом служит и то, что сооружения из металлоконструкций быстро возводятся: изготовление такого здания занимает 1—2 месяца, а монтаж — всего 2—3 месяца.

Здания системы Трасскон

Преимуществом данной системы является быстрый ввод в строй и быстрая окупаемость зданий.

В состав комплекта изначально включены все необходимые материалы и комплектующие под конкретный объект: металлокаркас, ограждающие конструкции кровли и стен, окна, ворота, двери. Все соединения — на болтах. Плоская мембранная кровля изготавливается из профилированного Т153 листа.

Типы зданий системы Трасскон отражены в табл. 5.3, внешний вид показан на рис. 5.21.

Таблица 5.3. Типы зданий системы Трасскон

	Однопролетное	Многопролетное
Типовая ширина	18, 24, 30, 36 м	Составное здание из нескольких однопролетных*
Типовая высота до низа несущих конструкций	7,2 м, 8,4 м, 9,6 м, 10,8 м	7,2 м, 8,4 м, 9,6 м, 10,8 м
Уклон кровли	2 %	2 %



Рис. 5.21. Быстровозводимые здания агрокомплексов

Глава 6

Энергосберегающие и энергоэффективные технологии строительства

Энерго- и ресурсосберегающие строительные технологии являются перспективными направлениями будущего строительства. Они включают: энергоэффективный дом, пассивный и активный дом, экодом, возведение купольных домов, энергосберегающие инженерные системы интеллектуального дома, новые типы солнечной энергии и виды фасадного остекления, инновационные решения защиты конструкций дома от разрушительных воздействий природы и климата.

Энергосберегающие строительные системы

Энергоэффективный дом

Энергоэффективный дом — это сооружение, построенное с расчетом на потребление минимума энергоресурсов и максимальное использование естественного освещения и нагрева (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Энергоэффективный дом

Многое зависит от того, где будет построен дом, как он будет ориентирован по сторонам света с учетом микрорельефа участка. Естественно, что максимальная площадь остекления должна быть на южной стороне дома, чтобы собирать максимум тепла. Другой важный критерий — здание не должно пропускать тепло сквозь стены, кровлю и оконные проемы, что достигается за счет применения соответствующих теплоизоляционных материалов.

Энергоэффективный дом предполагает использование альтернативных источников энергии в системе снабжения дома электричеством и теплом и подключение к системе "умный дом", которая позволяет контролировать расход энергии, добываясь его минимизации (см. рис. 6.3).

Для россиян энергоэффективность в большей степени часть понятия "теплый дом". Для русского человека собственный дом — это прежде всего капитальный и экономичный дом.

Применение инноваций должно находиться в равновесии с природой и человеком и не наносить ущерба окружающей среде. Концепция экодома предполагает использование экологически чистых и возобновляемых источников энергии, сохранение водных ресурсов и применение строительных материалов, полученных при вторичной переработке сырья или легко утилизируемых. Цель — не только повышение качества среды обитания, но и уменьшение вреда, наносимого природе (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Проект экологически чистого дома будущего

Перспективные направления разработки энергоэффективного дома

Экономия от фундамента до лампочки — экономия драгоценной энергии.

Как проектируют дома экономичными, экологичными и эффективными? Опытные специалисты составляют проект, в котором предусмотрены (рис. 6.3):

- ☐ экологически чистые и современные стройматериалы;
- ☐ эргономичная конструкция стен и кровли;
- ☐ теплоизоляция дома посредством комплексного утепления;
- ☐ использование специальных элементов в конструкции окон;
- ☐ установка системы экономного отопления и электропотребления;
- ☐ установка оборудования, использующего энергию из возобновляемых источников;
- ☐ установка системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла;
- ☐ возможность автономной работы всего установленного инженерного оборудования.

Энергоэффективный дом позволяет создать комфортный микроклимат зимой и летом, без отопления и кондиционера

«Теплые» окна

Используются:

- широкие оконные профили с внутренним утеплением
- тройное остекление с двумя низкоэмиссионными покрытиями и заполнением инертным газом
- специальные «теплые» дистанционные рамки по краю стеклопакетов

Теплопотери через «теплые» окна в 2-3 раза ниже, чем через обычные стеклопакеты. От таких окон нет «холодного излучения»

Герметичность наружной оболочки

Используются:

- сплошная пароизоляция
- пароизоляционные ленты

Создается сплошная герметичная оболочка для того, чтобы конструкции дома **плотно примыкали друг к другу**

Внутренняя теплоизоляция

Используются:

- минераловатные утеплители
- органические утеплители
- пенополистирол
- вакуумная теплоизоляция

Вокруг дома создается теплоизоляционная оболочка **без разрывов и без уменьшения толщины**

Вентиляция с рекуперацией тепла

Используются:

- приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла

- ① Чистый и свежий воздух поступает в жилые комнаты
- ② Перетекает в коридоры и лестничные клетки
- ③ Попадает в кухни, ванные комнаты, туалеты, курилки
- ④ Выходит наружу, забирая с собой неприятные запахи

Рис. 6.3. Основные элементы энергоэффективного дома

Стоимость строительства энергоэффективного дома всего на 10—20 % выше, чем обычного типового. В процессе эксплуатации все инженерное обеспечение не только полностью себя окупает, но и начинает в скором времени приносить ощутимую выгоду. Деньги, вложенные в энергоэффективный дом, — это деньги, вложенные в безопасность и комфорт, которые уже в течение 4—5 лет возвращаются за счет более низких затрат на эксплуатацию. Уникальное жилье не потеряет в стоимости, комфорте и удобстве более 30 лет. Энергоэффективный дом — это дом будущего!

Пассивный дом

Пассивный дом, или же энергоэффективный дом, экодом (нем. *passivhaus*, англ. *passive house*) — это сооружение, которое отличается отсутствием необходимости отопления или малым энергопотреблением — в среднем около 10 % от удельной энергии на единицу объема, потребляемой большинством современных зданий. Как показала практика, удорожание таких проектов на 8—15 % на самом деле не столь высоко по сравнению с традиционными новостройками и гораздо дешевле элитных новостроек. Сроки окупаемости зависят от климатических условий и вида используемого энергоносителя в конкретной местности и варьируются от 8 до 50 лет.

Концепция пассивного дома представляет собой комплексный подход к экономичному, экологически чистому и энергосберегающему строительству зданий различного назначения (от частных коттеджей до общественных зданий).

Виды энергоэффективных домов:

- ☐ дом низкого потребления энергии (с 2002 года в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) — не более $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ год}$;
- ☐ пассивный дом — не более $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ год}$;
- ☐ дом нулевой энергии — здание, имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащенное таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает — $0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \text{ год}$;
- ☐ дом плюсовой энергии — здание, которое с помощью установленного на нем энергосберегающего оборудования (солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т. п.) вырабатывало бы больше энергии, чем само потребляло.

Энергетическая концепция пассивного дома направлена на снижение расхода энергии в новостройках в 8—10 раз.

Строительство пассивного дома предусматривает обязательное выполнение ряда требований. Базовый критерий пассивного дома — это создание непрерывной оболочки здания с повышенной теплоизоляцией и коэффициентом теплопроводности $< 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Необходимым также является соответствие здания приведенным далее стандартам.

- ☐ Конструкция пассивного дома предусматривает, как правило, использование экологически чистых материалов, часто традиционных — дерево, камень, кирпич. Часто используемыми являются отходы бетона, стекла и металла.
- ☐ Предотвращение "мостиков холода", т. е. мест утечки тепла через плохо изолированные стены, крыши, старые окна, является первостепенной задачей. Именно существование таких "мостиков холода" обуславливает необходимость отопления в наших домах.
- ☐ Компактность сооружения.
- ☐ Пассивное использование солнечной энергии благодаря ориентации здания на юг и отсутствию затененности.

- ❑ Высокоэффективные установки экономии электричества для использования в хозяйственных целях.
- ❑ Подогрев воды с помощью солнечных коллекторов или теплового насоса.

Одним из самых важных элементов в концепции пассивного дома (рис. 6.4) является подвод свежего воздуха в помещения. И эта концепция "отопления свежим воздухом" является единственно возможной в здании с высокой теплоизоляцией, каким и является пассивный дом. При этом тепловая нагрузка должна быть менее 10 Вт/м^2 , что позволяет использовать свежий воздух для отопления.

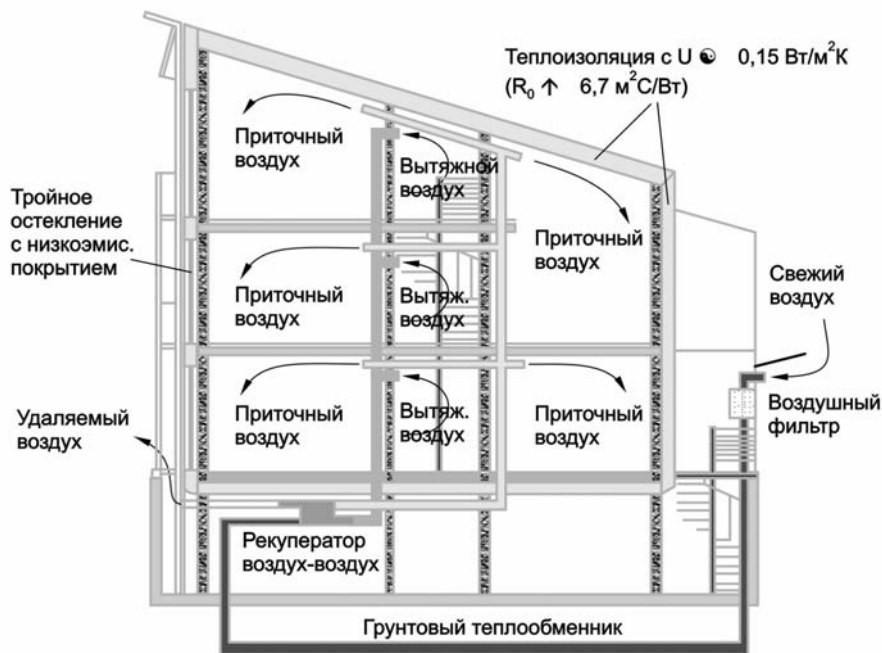


Рис. 6.4. Схема пассивного дома

Преимущества технологии пассивного дома:

- ❑ экономичность — не нужно тратить на установку сетей центрального отопления и газа, а затраты электрической энергии на отопление пассивных домов в 7—12 раз меньше, чем в кирпичных домах традиционной постройки;
- ❑ энергобезопасность — в пассивных домах отсутствуют сети газа и теплоцентралей. Нужна только вода и электроэнергия в размере 10 кВт на дом или квартиру;
- ❑ энергонезависимость — пассивные дома обладают массивными несущими стенами, плитами пола первого этажа и междуэтажными перекрытиями, что способствует хорошей аккумуляции тепла и децентрализации энергоснабжения;
- ❑ экологичность — в зданиях, построенных по данной технологии, применяются современные строительные материалы и конструкции и новейшее инженерное оборудование. В пассивных домах циркулирует чистый и теплый свежий воздух, стены и полы постоянно остаются теплыми.

Распространение технологии пассивного дома достаточно активными темпами связано, в первую очередь, с сокращением расходов на отопление в 7—10 раз. Уже построены пассивные дома второго поколения, отличающиеся чрезвычайно низким потреблением энергии.

Активный дом (Дания)

Активный дом (англ. *active house*) — это комплекс решений, ставящий перед собой целью создание максимального комфорта и качества проживания путем эффективного использования природных энергоресурсов и современных технологий.

Базовым параметром активного дома является объединение решений, разработанных институтом Пассивного дома (Германия), и технологий "Умного дома" (Германия). Благодаря этому удастся создать дом, который не только тратит мало энергии, но еще и грамотно распоряжается той незначительной, которую вынужден потреблять.

Активный дом — это дом, способный снабдить энергией и теплом не только себя, но и гостевой дом, баню и обслужить бассейн.

Первый в мире активный дом построен в Дании. Он потребляет мало энергии, как пассивный дом, но еще вырабатывает ее столько, что может отдавать ее в центральную сеть, и таким образом дом становится источником дохода, а не затрат. Разработчики утверждают, что дом окупит себя за 30 лет.

Активный дом в Дании (Home for Life) от AART позиционируется как первый в мире активный дом. Он производит энергии больше, чем ему необходимо. Он аккумулирует и накапливает энергию и сам регулирует количество света и тепла, поступающего через окна и фасад здания, и изменяет нагрузку в зависимости от потребности.

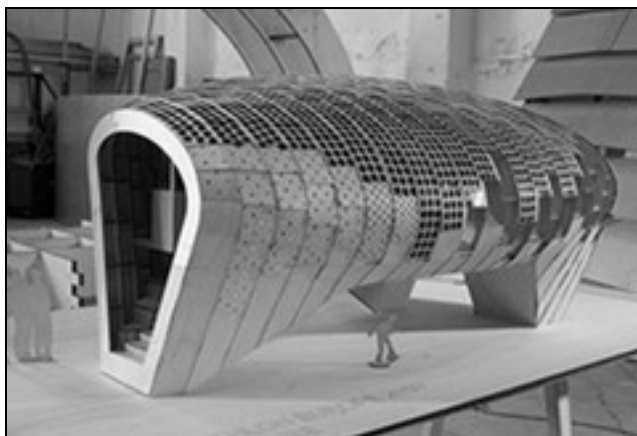


Рис. 6.5. Пример солнечного дома в Каталонии (Испания)

Институт передовой архитектуры Каталонии (IAAC) спроектировал солнечный дом (рис. 6.5) — незаменимый элемент устойчивого города. Дизайн конструкции не слишком поражает новизной, напоминая отчасти золотую рыбку Барселонеты...

Внутренняя отделка из сосновых пород дерева создает впечатление, что вы находитесь в трюме корабля, а не в доме, что и не удивительно, поскольку применяются технологии, аналогичные кораблестроению. Внешнее фотогальваническое покрытие должно не только обеспечить энергоавтономию дома, но и генерировать избыточные киловатты, которые пойдут на покрытие расходов электроэнергии в периоды низкой солнечной активности. Параметры дома: площадь составляет 70 м^2 , высота 5,4 м, длина 12 м, глубина 9 м.

Возведение купольных домов



Рис. 6.6. Пример энергоэффективного дома в виде купола



Рис. 6.7. Пример энергоэффективного экологического дома в средней климатической зоне США

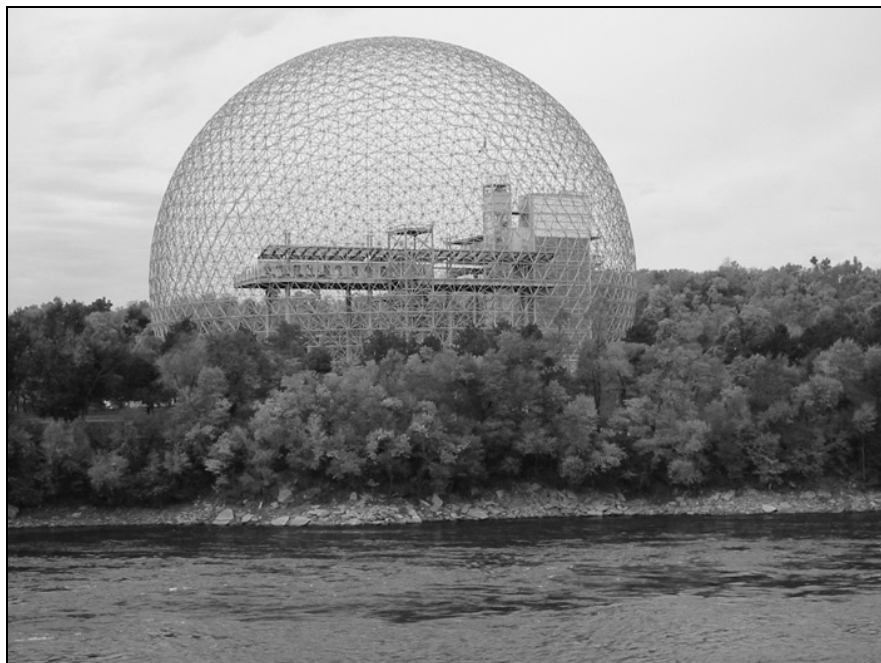


Рис. 6.8. Пример шарообразного дома

Жилые дома купольного типа (рис. 6.6—6.8) — это здания с невероятными характеристиками и феноменальными свойствами, способные обеспечить максимум комфорта, в любых климатических зонах они выдерживали самую неистовую погоду на Земле.

Купольные дома — это инновации в строительстве. Они представляют собой удобные, надежные конструкции из экологически чистых материалов по доступной цене. Каркасные купольные дома изготавливаются в заводских условиях, а заказчику доставляются в виде конструктора. На заранее подготовленном основании такой дом собирается в течение нескольких дней.



Рис. 6.9. Пример купольного дома

Почему купольный дом вне конкуренции по энергоэффективности?

Сфера имеет наименьшее отношение площади наружных стен к внутреннему объему здания среди всех фигур одинаковой емкости. Чем меньше общая площадь стен и крыши, тем выше КПД энергозатрат на контроль климата в помещении. Купольные дома (рис. 6.9) наиболее привлекательные и экономичные, в совокупности с современными материалами и правильным проектированием расходы на отопление (и охлаждение) в них меньше на 70—90 %.

Поверхность шара примерно на четверть меньше, чем поверхность куба такого же объема, а значит, и материалов для строительства купола потребуется на четверть меньше. Помимо этого, у купола на 60—70 % меньше деталей в самом каркасе конструкции, что позволяет экономить дополнительно 5—10 % энергии на отсутствии "мостиков холода" из-за однородности материала защитных ограждений и еще сэкономить 40 % времени на сборке.



Рис. 6.10. Использование нанотехнологий позволит строить дома, которые смогут простоять 300—400 лет

Положительное соотношение площади к объему здания дает прекрасную характеристику куполам (рис. 6.10). Площадь поверхности, подверженной влиянию окружающей среды, имеет намного больше влияния на энергетическую эффективность дома, чем качество заделки стыков и толщина стен, а теплотери фундамента зависят не от площади пола, а от длины периметра.

Теплотери здания находятся в прямой пропорции к его аэродинамическому сопротивлению. Благодаря аэродинамическому эффекту конструкции ветер огибает купол с меньшим сопротивлением.

Купола отличаются превосходными световыми характеристиками, так как сферические формы имеют свойство рассеивать свет, в то время как прямоугольные поглощают его. Внутри купола всегда светлее, чем на улице, даже без внутреннего освещения. Акустические преимущества включают равномерное распределение звука, отсутствие резонирующего звука и на 30 % меньше проникновение внешних шумов.

Дом стараются разместить так, чтобы с учетом особенностей окружающего ландшафта обеспечить максимальную защиту от атмосферных воздействий (рис. 6.11 и 6.12), использовать естественный дренаж, оптимальное солнечное освещение, особенности рельефа.



Рис. 6.11. Учет окружающей среды



Рис. 6.12. Экодом в Заполярье

К самому куполу можно пристроить гараж, мастерскую, подсобные помещения, объединив все это в единый архитектурный ансамбль. Разнообразные пристройки к основному этажу купольного дома (солярии, веранды, бассейны, тамбуры, гаражи, навесы для машин) создают дополнительное полезное пространство.



Рис. 6.13. Сейсмоустойчивость купольных зданий

Круг и купол, совмещенные в одной конструкции, составляют основу ограждения пространства — стены, перекрытия и кровлю. Такая форма строительной конструкции подвижна и позволяет без разрушения воспринимать вихревые, волновые и сейсмические критические нагрузки (рис. 6.13). Не испытывая действия динамической волны и будучи изготовленным из сборных элементов и "мягких" материалов, купол будет стоять даже при колебаниях земной коры в 8—12 баллов по шкале Рихтера, ураганном ветре в 250 км/ч, снеговых нагрузках до 700 кг/м². За исключением повреждений от разверзающейся почвы непосредственно под куполом, они могут выдерживать самые мощные землетрясения.

Проводились лабораторные и компьютерные испытания по 10 различным критериям нагрузки купольной конструкции, когда вся тяжесть приходилась только на 1/2 купола. И купол спокойно выдержал все испытания.

У большинства храмов есть одна отличительная черта — купол.

Купола были известны давно, еще у древнейших народов, потом их словно забыли; они практически были отвергнуты эллинской культурой и древним Римом. Но затем купола неожиданно появились вновь и широко распространились.

Примечательно, что форма куполов, как и чаши радаров, хорошо рассчитывается по одним и тем же формулам, и что площади радиолокационных антенн из меди — лучшие отражающие экраны, а золото, как электропроводный материал и отражатель электромагнитных волн, вообще не имеет себе равных.

Главный купол церкви (рис. 6.14), по форме напоминающий полусферу, а точнее, имеющий параболическую форму, может и функционально служить концентратором энергии — параболической антенной. Сделав такое допущение, а также приняв за основу волновую сущность мироздания, можно рассматривать купол, как

чашу антенны. Благодаря такой форме излучение фокусируется внутри собора. Купола являются хорошими резонаторами, о том, что церковные здания обладают отличной акустикой, знают многие.



Рис. 6.14. Храм Святой Мученицы Параскевы

Загадки куполов не ограничиваются только церквями. Всем известно об удивительных свойствах хранилищ, имеющих форму пирамид. Сообщают, что в таких хранилищах удивительным образом сохраняются зерновые, приобретая особые живительные силы, что восстанавливаются лезвия режущих инструментов, резко снижены болезнетворные свойства микроорганизмов и многое другое.

Экодом (Россия)

В России разработан проект экодома (рис. 6.15), который представляет собой пространственную литую оболочку криволинейного очертания из армированного пенобетона, жестко связанную с опорной плитой ограждения цоколя, а сверху посредством защитных пилонов с верхней надстройкой. Оболочка выполнена в виде напряженной конструкции и представляет собой совокупность несущих модулей в виде соосного пересечения элементов усеченных цилиндров, и каждый модуль включает выполненные единым монолитом стену, технологические перегородки и элементы межэтажных перекрытий с проемами. Криволинейные части оболочек модулей и опорные перегородки выполнены из пенобетона одинаковой плотности.

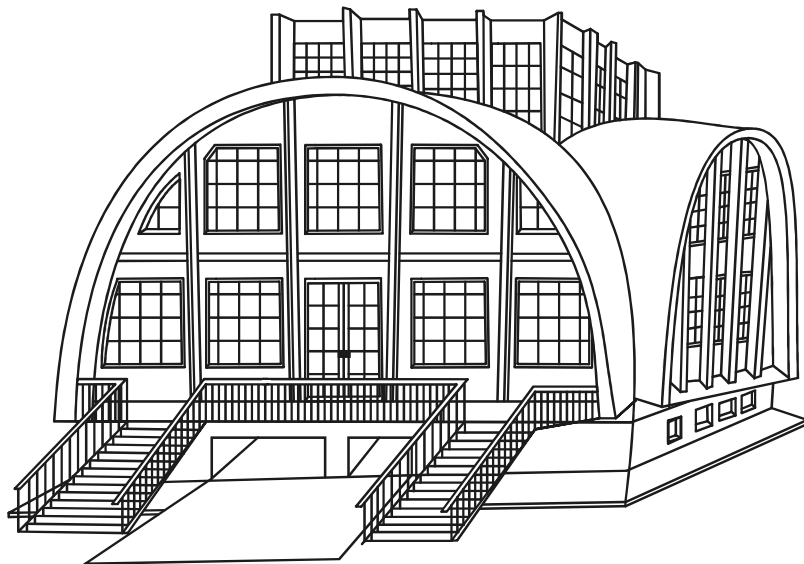


Рис. 6.15. Проект экоддома (Россия)

Энергосберегающие инженерные системы

Инновационные технологии энергосбережения систем теплоснабжения

Примером успешной реализации внедрения инновационных технологий энергосбережения и повышения энергетической эффективности является выполненный институтом проект автономного теплоснабжения в экспериментальном микрорайоне Куркино (Москва), рис. 6.16.



Рис. 6.16. Автономное теплоснабжение в экспериментальном микрорайоне Куркино (Москва)

В рамках проекта впервые в России создан и внедрен высокоэффективный экологически чистый теплогенератор, не уступающий по своим техническим, энергетическим и экологическим характеристикам лучшим мировым образцам.

Использование инновационных технологий показывает достижение существенных преимуществ по повышению энергетической эффективности жилищного средства.

Квартирная система теплоснабжения надежнее, комфортнее и дешевле. Для многоэтажных жилых домов с настенными газовыми теплогенераторами с закрытой топкой такая система полностью исключает потери тепла в тепловых сетях, на источнике и при распределении между потребителями.

Интеллектуальный дом

Понятие "интеллектуальное здание" было сформулировано Институтом интеллектуального здания в Вашингтоне: "Здание, обеспечивающее продуктивное и эффективное использование рабочего пространства...". Основной особенностью интеллектуального здания является объединение отдельных подсистем различных производителей в единый управляемый комплекс, направленный главным образом на энергосбережение ресурсов.

Технология интеллектуальных зданий предполагает создание комплекса инженерно-технических систем, интегрированных в единое информационное пространство (рис. 6.17). Подобные комплексы обычно включают в себя охранные и пожарные извещатели, релейные исполнительные модули, функциональные и системные контроллеры, блоки индикации, источники бесперебойного питания, электронные считыватели и ряд преобразователей интерфейсов для подключения создаваемых систем к управляющим компьютерам, локальным сетям и сетям беспроводной передачи данных.

Единая аппаратно-программная система безопасности, диспетчеризации и управления инженерным оборудованием, поставленная от одного производителя, позволяет минимизировать расходы на установку, настройку и техническую поддержку установленного оборудования и программного обеспечения в течение всего срока эксплуатации.

В качестве примера рассмотрим систему безопасности и управления современным многоэтажным жилым зданием. На первых двух этажах дома расположены магазины и предприятия сервиса, одно из помещений выделено под диспетчерскую. Здание оборудовано подземным гаражом и охраняемой отгороженной площадкой.

В здании находится шесть автономных систем приточно-вытяжной вентиляции, управляемых контроллерами C2000T, взаимодействующими через интерфейсную линию RS-485 с автоматизированным рабочим местом диспетчера системы "Алгоритм". К этой же SCADA-системе через OPC-серверы подключены контроллеры фирмы Siemens, управляющие исполнительными механизмами котельной, и контроллеры фирмы Clipsal, регулирующие систему освещения. Часть функций по управлению зданием автоматизирована. Оператор наблюдает за работой всех систем, получает сообщения о неисправностях и предпринимает необходимые действия для корректировки работы оборудования и устранения нештатных ситуаций.

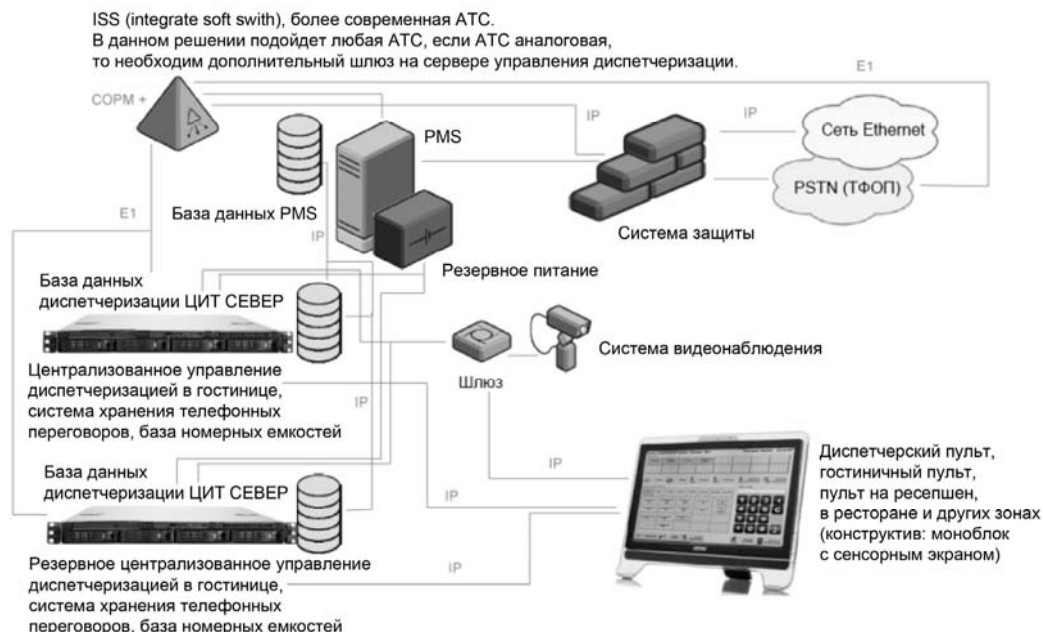


Рис. 6.17. Схема интеллектуального здания

Для учета потребления ресурсов в квартирах жильцов и офисах установлены счетчики холодной воды ЕТКИ, счетчики горячей воды ЕТВИ и счетчики электроэнергии СОЭ-5. Для контроля баланса и обнаружения утечек в здании установлены входные счетчики воды, цифровой электросчетчик МЗЭП СТЭ561, подключенный через трансформатор тока, и тепловычислитель "Теплоком ВКТ-4". Показания с импульсных счетчиков расхода С2000-АСР2 собираются контроллерами адресной линии С2000-КДЛ и передаются по RS-485 интерфейсу в диспетчерскую на АРМ. В начале каждого месяца оператор с помощью обычного лазерного принтера печатает жильцам квитанции на оплату счетов.

Система охранного IP-видеонаблюдения включает шесть уличных видеокамер с режимом работы день/ночь, две беспроводные WiFi камеры для распознавания номеров автомобилей, мегапиксельную обзорную камеру и поворотную камеру с трансфокатором со стороны входа в магазин, а также видеокамеры, установленные в лифтах и настроенные на запись по детекции движения. Данные со всех видеокамер поступают по локальной сети в диспетчерскую АРМ "Орион-Видео". Для удобства управления поворотной видеокамерой используется джойстик.

Охрана квартир осуществляется с помощью датчиков движения С2000-ИК, подключенных к контроллерам адресной линии связи С2000-КДЛ (к которой также подключены пожарные датчики и счетчики расхода ресурсов). Взятие на охрану и снятие с охраны своих квартир жильцы осуществляют с помощью брелоков Touch Memoгу, поднося их к считывателю, расположенному на лестничной площадке.

Охранная система магазина и предприятий сервиса построена на приборах С2000-4. Для постановки на охрану и снятия с охраны используются Проху-карточки.

По RS-485 интерфейсу производится обмен данными с АРМ, расположенным в диспетчерской.

Система противопожарной безопасности здания обеспечивает раннее обнаружение возгораний, голосовое оповещение, дымоудаление и автоматическое пожаротушение. Во всех помещениях установлены датчики задымления ДИП-34А, подключенные к адресной линии связи. Контроллеры С2000-КДЛ при поступлении тревожных сигналов с датчиков через релейные модули С2000-СП2 включают установку дымоудаления и локально отключают систему вентиляции.

На каждой этажной площадке установлены приборы, предназначенные для тревожного речевого оповещения и управления эвакуацией.

В подземном гараже установлены приборы водяного пожаротушения, а в серверной — система газового пожаротушения на базе С2000-АСПТ. Вся информация от приборов по интерфейсу RS-485 поступает на пульт С2000, с которого она передается на компьютер с АРМ в диспетчерскую.

Регистрация событий и действий операторов обеспечивает необходимым аналитическим материалом лиц, ответственных за безопасность объекта и эксплуатацию оборудования.

Использование биотоплива

Опишем принципиальную схему отопления помещений тепловым насосом, использующим *низкопотенциальное тепло грунта*. В помещении расположен конденсатор рабочей среды теплового насоса (например, хладоны 134, 404, 407 и др.). Сконденсировавшийся хладон поступает через дроссельный клапан в испаритель, который размещен в грунте под отапливаемым помещением. Температура воздуха в помещении определяется балансом между сезонным аккумулированным теплом грунта и теплопотерями в окружающую среду.

Энергетический потенциал грунта во многом зависит от геологии местности, типа грунта и глубины залегания грунтовых вод. Теоретическая оценка количества тепла, которое можно снять со 100 м^2 поверхности грунта, расположенной параллельно поверхности земли на глубине от 3 до 8 м, показывает, что оно может обеспечить обогрев $2\text{—}3 \text{ м}^2$ помещения в течение отопительного сезона без дополнительного аккумулирования энергии. Если обеспечить аккумулирование энергии в этом объеме грунта в неотапливаемый летний период, то без дополнительных мер по предотвращению рассеивания тепла можно обеспечить отопление помещения площадью $30\text{—}50 \text{ м}^2$. Расчеты, которые выполнялись при температуре наружного воздуха -15°C , показывают, что для отопления 1 м^2 помещения в течение всего отопительного сезона необходимо трансформировать тепло $45\text{—}50 \text{ м}^3$ грунта, лежащего под зданием. Если использовать в качестве рабочего тела хладоны различных марок, то расход циркулирующего в этом объеме грунта рабочего тела будет составлять около $25\text{—}28 \text{ кг/ч}$.

Тепловые насосы являются высокоэкономичными энергоресурсосберегающими тепловыми аппаратами, которые позволяют снизить потребность в первичных топливных ресурсах в 4 раза.

Сезонная аккумуляция тепла трансформаторов с помощью абсорбционных тепловых насосов позволяет в течение летнего, осеннего и весеннего периодов отобрать избыточное тепло трансформатора и "закачать" в грунт с температурой до 55 °С, а в периоды максимально низкой температуры "выбирать" тепло грунта температурой до –5 °С.

Во всем цивилизованном мире для загородного отопления все более широко используются такие возобновляемые источники энергии, как древесина и другие растительные материалы, поставляемые в виде топливных брикетов или гранул.

В отличие от традиционных березовых дров для производства древесных или торфяных брикетов, используются современные технологии, основанные на измельчении материала в однородную массу с последующим прессованием при очень высоком давлении. В результате получаются топливные гранулы или брикеты, иначе называемые *биотопливом*. Подобное биотопливо можно изготавливать не только из древесных отходов, но также из лузги подсолнечника, соломы, торфа и даже водорослей.

Для автоматизированного производства топливных брикетов из древесных отходов необходимы пресс, сушилка (если влажность исходного сырья превышает 20 %), оборудование для сортировки и измельчения древесины, а также бункеры и транспортные устройства. Полученные брикеты различной формы (в виде цилиндров, брусков или кубиков с отверстием посередине) могут быть разной плотности (750—1100 кг/м³) и массы.

Так как брикеты изготавливаются из перемолотых древесных отходов без каких-либо химических добавок и склеивающих веществ, то они оказываются экологически чистыми, и никакие вредные вещества при их горении не выделяются. Теплотворная способность брикета в 1,5—2 раза больше того же показателя обычной древесины. Это связано с тем, что при сжигании дров большое количество тепла тратится на испарение содержащейся в них воды. Ведь обычно влажность дров составляет 18—20 %, в то время как у топливных брикетов этот параметр не превышает 7—8 %.

Лучистая система отопления

Пленочные лучистые электронагреватели (ПЛЭН) применяются как источник пиковой энергии в дополнение к котельной либо к тепловым насосам, вырабатывающим базовую энергию. ПЛЭН устанавливается между покрытием потолка и дополнительной теплоизоляцией, занимая при этом около 70—80 % площади поверхности (рис. 6.18).

В основу работы нагревателя заложен известный принцип, в соответствии с которым при протекании тока через проводник (резистивную греющую фольгу) выделяется теплота. Она контактно передается на алюминиевую фольгу, поверхность которой нагревается до температуры 43—44 °С. ПЛЭН начинает излучать невидимую тепловую составляющую солнечного света (инфракрасные лучи) длиной волны 9—15 мкм. Данное излучение поглощается поверхностью стен, пола и мебели,

создавая при этом комфортный температурный обогрев помещения (разница между температурой пола и потолка составляет 2—3 °С). КПД ПЛЭН составляет 95 %.

Систему отопления на основе ПЛЭН невозможно разморозить. При отключении электроэнергии с ней ничего не случится, она также отключится и после восстановления энергоснабжения выйдет на заданный температурный режим. Система способна повысить температуру в положительном диапазоне в помещении на 10 °С в течение 40 минут. На обогрев 1 м² помещения с высотой потолка, не превышающей 3 м, затрачивается около 10—20 Вт в час. Столь низкий расход электроэнергии обусловлен тем, что в поддерживающем режиме система включается на период времени, не превышающий 10 мин в час.



Рис. 6.18. Лучистая система отопления

Еще одним важным преимуществом лучистой системы отопления является то, что она включается только тогда, когда есть необходимость в нагреве помещения, и поддерживает комфортную для потребителя температуру.

Минимальное снижение затрат на отопление достигает 2,5 раз. Температура регулируется комнатным терморегулятором: встроенный датчик измеряет окружающую температуру и управляет блоком нагрева согласно различию между заданной и фактической температурой.

От тэнов к тепловым трубам и термосифонам

Перспективной видится замена энергозатратных технологий класса F (тэнов) на энергоэкономичные класса В2 (тепловые трубы и термосифоны). Одним из затратных потребителей по величине заявленной тепловой мощности (по использованию энергии это самое низкое использование мощности), но и самых ответственных потребителей класса F являются тэны, предназначенные для подогрева масла масляных выключателей, приводов выключателей, подогрева ячеек выключателей и распределительных устройств.

Применение *тепловых труб* с использованием в качестве теплоносителя воды с температурой до 55—60 °С позволяет обеспечить высокую энергетическую эффективность и одновременно высокую надежность для обогрева ответственных и труднодоступных элементов электротехнических устройств. Конструктивно тепловые трубы (рис. 6.19) можно выполнить настолько компактными, что они смогут заменить тэны практически в тех же габаритах.

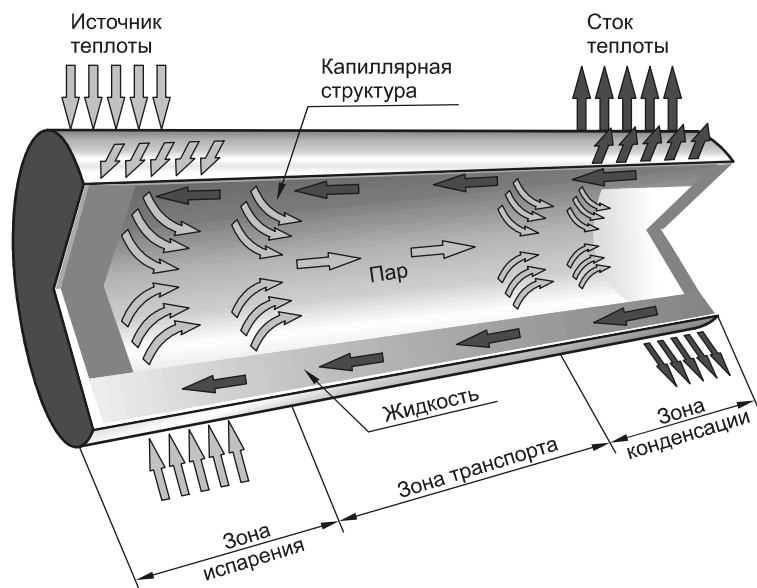


Рис. 6.19. Схема тепловой трубы

Инновационное решение защиты кровли от снега



Рис. 6.20. Система измерения высоты снежного покрова

Система ГК "Специальные системы и технологии" (рис. 6.20) предназначена для контроля высоты снежного покрова на кровле здания. Применение данной системы позволяет предотвратить повреждения кровли от снеговой нагрузки и снизить эксплуатационные расходы по обслуживанию зданий.

Установка данной системы необходима в местах, где прочность несущих конструкций кровли вызывает сомнения, а также на поверхностях, где возможны большие скопления снега и необходимо контролировать его уровень.

Возможности системы:

- ☐ контроль уровня снежного покрова в режиме реального времени;
- ☐ автоматический расчет нагрузки на кровлю в зависимости от высоты выпавшего снега;
- ☐ сигнализация о превышении заданных значений уровня снега;
- ☐ управление системой обогрева кровли.

Принцип работы системы измерения высоты снежного покрова (рис. 6.21):

- ☐ На кровле на специальных кронштейнах монтируются ультразвуковые датчики дистанции, измеряющие высоту снежного покрова, с блоками управления и питания, а также блок сбора информации.
- ☐ Шкаф управления, установленный в диспетчерской, включает в себя модуль визуализации на базе промышленного компьютера, оборудование сигнализации, а также силовую и защитную аппаратуру.
- ☐ Блок управления датчиком дистанции с периодичностью в 30 минут дает команду датчику на измерение высоты снежного покрова. Измеренные данные передаются по радиоканалу в блок сбора информации.
- ☐ Блок сбора информации объединяет данные, полученные от датчиков, и передает их в блок визуализации — промышленный компьютер.
- ☐ Блок визуализации производит анализ полученных данных. Специальный интерфейс позволяет представить их в виде наглядных графиков и таблиц, а также преобразовать высоту снежного покрова в весовую нагрузку.

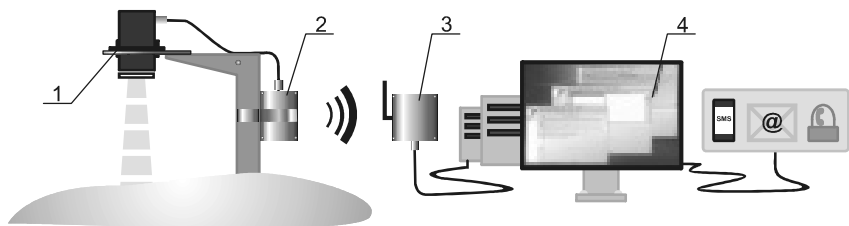


Рис. 6.21. Компоненты системы: 1 — датчик дистанции; 2 — блок управления датчиком дистанции; 3 — блок сбора информации; 4 — промышленный компьютер

Система измерения высоты снежного покрова предлагает различные способы отображения данных: от всех датчиков за указанную дату, группировка данных по часам, по дням недели, средний уровень по дням за выбранный месяц.

Программа хранит данные за предыдущие 10 лет и позволяет прогнозировать расход ресурсов, необходимых для удаления снега.

Система также измеряет температуру наружного воздуха.

Система предусматривает возможность сигнализации о превышении предельных значений по трем "каналам": GSM-канал для передачи SMS-сообщений, отправка сообщения по электронной почте (при подключении к Интернету), а также световая сигнализация на дверце шкафа.

Система измерения высоты снежного покрова адаптирована для совместного использования с системами электрообогрева кровли и водостоков Теплоскат и может быть подключена к системе диспетчеризации здания.

Систему можно установить на кровле практически любого типа и на любой стадии эксплуатации здания.

Низкое энергопотребление системы не потребует выделения каких-либо дополнительных мощностей: электроэнергия нужна фактически только для работы компьютера и модема (не более 500 Вт), а датчики дистанции работают от элементов питания (обычных "пальчиковых" батареек) со сроком службы не менее 5000 часов, которых хватит минимум на сезон.

Система функционирует полностью автоматически, измеряя уровень снега в реальном режиме времени. Оператору нужно только принять решение о мерах по удалению снега с кровли, либо система сама включит электрообогрев (при соответствующем алгоритме работы).

На конкурсе "Инновации в строительстве 2011", который проводился в рамках "Балтийской строительной недели", система измерения высоты снежного покрова была удостоена диплома III степени.

Кабельная антиобледенительная система Теплоскат

Теплоскат (Teploskat) — обогрев крыши, водостоков, защита кровли и фасадов (рис. 6.22). Теплоскат является антиобледенительной системой, которая дает возможность противостоять формированию наледи на краях кровли, желобах водостоков и в водосточных трубах, а также в других местах, где может произойти обледенение. Теплоскат обеспечивает надежную защиту кровли благодаря системам обогрева крыши и обогрева водостоков. Для предотвращения образования ледяного налета внутри водосточных труб применяется обогрев желобов.

Теплоскат имеет ряд достоинств:

- ☐ обогрев кровли обеспечивает бесперебойный сход талой воды с кровли по водосточным трубам;
- ☐ обогрев крыши повышает срок эксплуатации водостоков и кровли;
- ☐ защита фасадов — препятствует процессам разрушения фасадов домов;
- ☐ обогрев кровли обезопасит прохожих от падения льда и сосулек с крыш;
- ☐ монтируется на любой вид крыши;
- ☐ отсутствует необходимость производить демонтаж на летний период;
- ☐ греющий кабель является стойким к солнечной радиации и температурным перепадам;
- ☐ управление системой полностью автоматизировано.

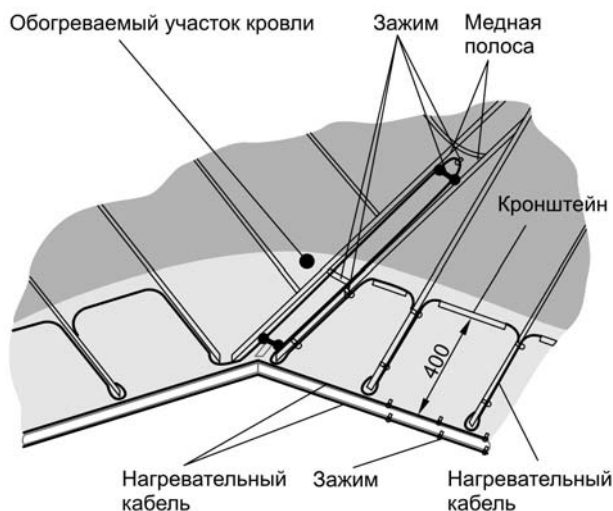


Рис. 6.22. Система Теплоскат

Основными составляющими элементами Теплоскат являются греющие кабели, которые устанавливаются в местах наибольшей вероятности появления наледи (желоба, водостоки, нижняя часть кровельной конструкции). Кабели предотвращают процесс формирования наледи.

Именно применение таких кабелей гарантирует эффективность систем антиобледенения в связи с тем, что:

- ☐ они самостоятельно изменяют величину тепловыделения при изменении температуры окружающей среды;
- ☐ гарантируют оптимальный контакт с поверхностью, которую обогревают;
- ☐ обладают отличными показателями надежности;
- ☐ не перегреваются при самопересечении;
- ☐ есть возможность отрезать любой необходимой длины кабель.

Технология защиты крыши от снега и наледи DEVI (Дания)

Система нагревательных кабелей Deviflex DTCE-30 (рис. 6.23) крепится на крышу с помощью специальной монтажной ленты, так же как и нагревательный кабель под бетонную стяжку. Обогрев крыши освобождает от множества проблем, таких как нагрузка на кровлю, риск падения сосулек и наледи, нормальное функционирование водосточной системы и др.

Нагревательные кабели Deviflex DTIP универсальны и могут применяться как внутри помещения, так и для обогрева открытых площадок от снега и наледи.



Рис. 6.23. Deviflex DTCE-30

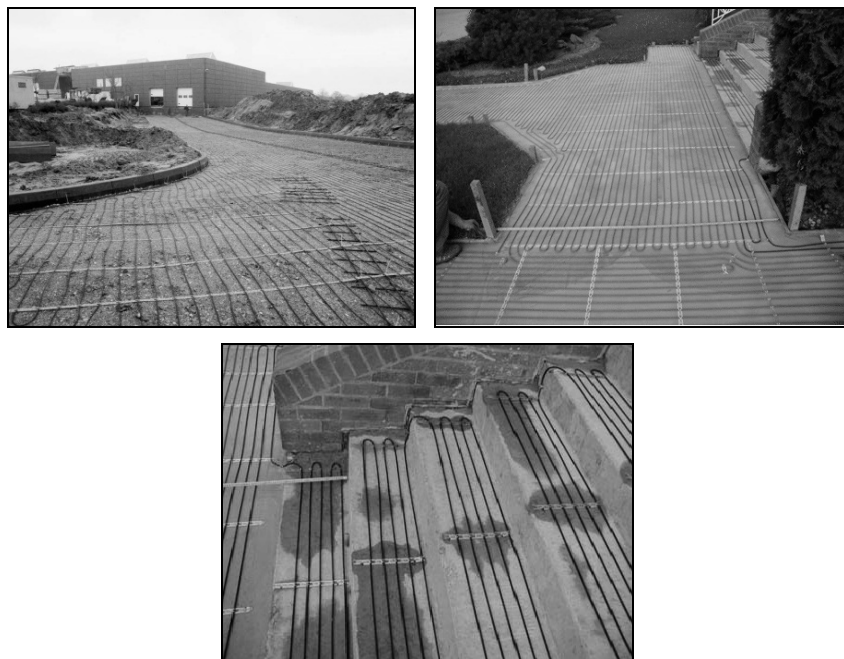


Рис. 6.24. Системы стаивания снега и льда Devi

Системы стаивания снега и льда Devi используются для любых наружных установок (рис. 6.24): автостоянки, дороги, тротуары, ступени, погрузочные рампы, мосты и т. д. Система Devi может использоваться практически с любой наружной поверхностью: асфальтом, бетоном и плиткой.

Саморегулирующиеся кабели Devi применяются для обогрева труб, продуктопроводов, обеспечения необходимой температуры технологических процессов.

Способность к саморегулированию является гарантией того, что теплоотдача кабеля повышается или понижается в зависимости от температуры кабеля. Это особенно важно для технологических установок/труб с неравномерной температурой на поверхности или водосточных труб/желобов, в которые может попадать мусор, листья и т. п. Рекомендуется применять терморегулятор с датчиком температуры на проводе, для отключения системы в теплое время года.

Способ защиты водоотводящих систем кровель зданий от обледенения

Способ включает обогрев наклонных поверхностей желобов дождевых и талых стоков и наружных покрытий кровель зданий теплоносителем с последующим удалением конденсата в канализацию (рис. 6.25). В качестве теплоносителя применяют воздушные потоки из вытяжных систем вентилируемых отапливаемых помещений здания, которые направляют в толщу водоотводящих систем кровель посредством каналов подвода теплоносителя. Воздушные потоки из вытяжных систем вентилируемых отапливаемых помещений зданий перемещают принудительно, дождевые и талые стоки удаляют в традиционную канализацию с помощью водосточных труб, которые нагреваются теплоносителем.

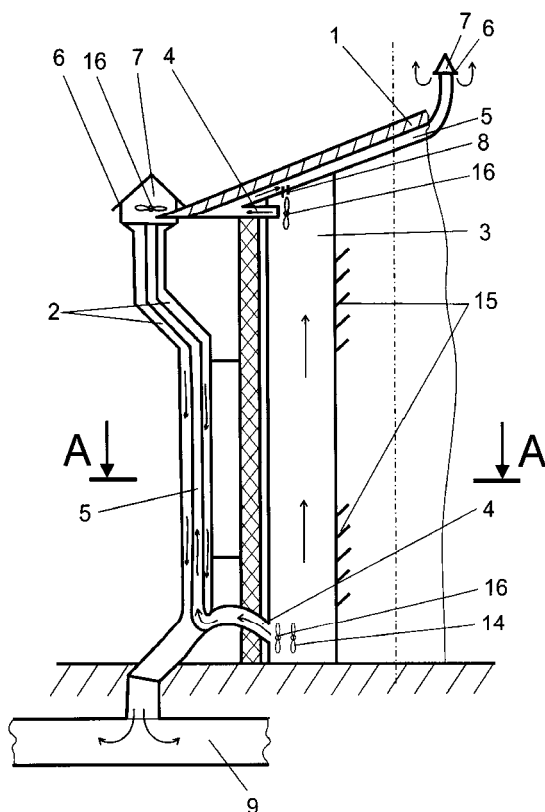


Рис. 6.25. Разрез здания с подводом теплоносителя как в толщу кровли, так и в полость водосточной трубы: 1 — наклонная кровля; 2 — водосточные трубы; 3 — вытяжные системы; 4 — каналы; 5 — средства переноса; 6 — выпускные коллекторы; 7 — козырьки-оголовки; 8 — дренажные каналы; 9 — традиционная канализация; 10, 11 — водосточные трубы; 12 — круговые каналы; 13 — кольцевые каналы; 14 — тепловентиляторы; 15 — впускные коллекторы; 16 — вентиляторы

Инфракрасные потолочные панели Finnstrip

Инфракрасные потолочные панели преобразуют электроэнергию в тепловое излучение, которое переносится на ограниченное пространство. Это позволяет точнее сосредоточить тепловую энергию. Данные панели особенно хорошо подходят для случаев, когда надо отопить зону, не нагревая окружающий воздух.

Настенные и потолочные панели могут быть подразделены на группы, исходя из температуры нагреваемой поверхности.

В низко- и среднетемпературных панелях тепловая энергия передается поверхности панели, а затем в окружающее пространство. Высокотемпературные инфракрасные панели выпускаются с открытым тэном, не имеют защитную панель, тепловая энергия отражается в помещении вогнутым отражателем.

Низкотемпературные (температура поверхности меньше 200°C) инфракрасные панели FinnStrip EL/EC (рис. 6.26) подходят для маленьких комнат с низким потолком и для дополнительного обогрева зоны напротив окон.



Рис. 6.26. Низкотемпературные панели

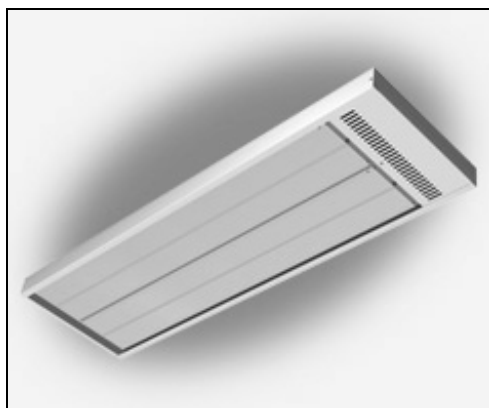


Рис. 6.27. Среднетемпературные панели

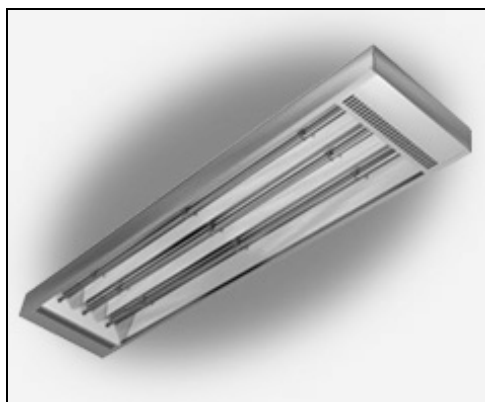


Рис. 6.28. Высокотемпературные панели.

Для комнат большей площади и с более высокими потолками предназначены среднетемпературные инфракрасные панели FinnStrip EE (рис. 6.27). Температура греющей поверхности выше: от 200 до 450 °С.

Инфракрасные высокотемпературные панели FinnStrip EIR и Heller Quartz (рис. 6.28) подходят для использования на балконах, террасах. Мощные инфракрасные панели подойдут для отопления помещений с высокими потолками и спортивных сооружений.

Потолочное отопление регулируется комнатными термостатами. Если параллельно установлена система теплого пола, лучший результат достигается при использовании комбинированного термостата.

Инновационное отопление дома греющей фольгой Alson (Финляндия)

Пленочный инфракрасный обогреватель на основе греющей фольги Alson используется в системах основного потолочного отопления и дополнительного напольного обогрева загородных частных домов, дач и квартир.

В чем преимущество и отличие потолочного инфракрасного отопления от других видов отопления загородного дома?

- ☐ Потолочное отопление монтируется под отделку. Ни труб, ни протечек. Не мешает расстановке мебели.
- ☐ Пленочные инфракрасные обогреватели очень экономичны и имеют КПД более 95 %. В загородном доме общей площадью 200 м² с установленным потолочным инфракрасным отоплением потребление электроэнергии даже в сильный мороз не превышает 4 кВт!
- ☐ Потолочные системы инфракрасного отопления управляются дистанционно с помощью терморегуляторов и полностью совместимы с системами "умный дом".
- ☐ Это полезно для здоровья. Исследования ученых показали, что наиболее полезное воздействие на организм человека оказывает длинноволновое инфракрасное излучение — так называемые "Лучи Жизни" (длина волны 5—15 мкм). Именно в этом диапазоне работают пленочные инфракрасные обогреватели.

Теплый пол на основе греющей фольги Alson прекрасно показал себя в качестве основного и дополнительного отопления. Температура нагрева греющей фольги для теплого пола не превышает 40 °С, что дает ощущение комфортного тепла. Греющая фольга незаменима, если в доме деревянные полы!

Нагревательным элементом в греющей фольге Alson (рис. 6.29) является тонкая алюминиевая фольга, ламинированная в пластик. На греющей пленке есть установочная полоса между греющими элементами и по краям. Тепловая энергия передается поверхностям стен, пола, мебели и т. д., накапливается там и в дальнейшем передается в воздух.



Рис. 6.29. Монтаж греющей фольги Alson

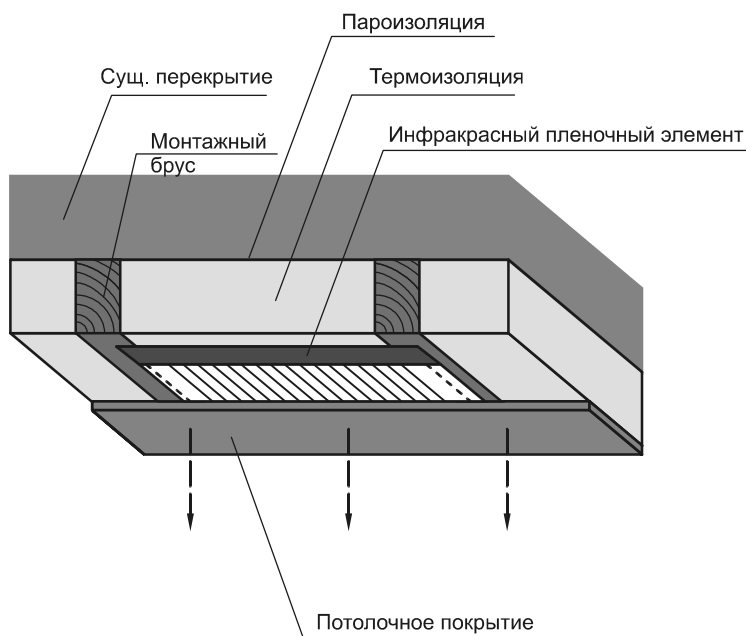


Рис. 6.30. Установка потолочного отопления

Греющая фольга Alson устанавливается между чистовым потолочным покрытием и дополнительной теплоизоляцией (рис. 6.30). Фольга прикрепляется (например, степлером) к потолочным балкам и дополнительной обрешетке.

Возможны различные комбинации потолочного и напольного отопления. Потолочное отопление Alson подходит для большинства видов потолочных конструкций, как на первом, так и на втором этажах.

Есть два вида потолочной фольги. Греющая фольга мощностью 125 Вт/м подходит практически для всех видов потолочных покрытий. Фольга мощностью 150 Вт/м прекрасно подходит для высоких потолков, а также в случае ограниченного пространства на потолке (например, из-за осветительных приборов или вентиляции). Оба вида пленки представлены с установочным шагом 30 и 40 см.

Перед установкой нужно рассчитать необходимую мощность отдельно для каждой комнаты и выбрать соответствующий модуль греющей фольги.

Потолочное отопление регулируется с помощью комнатного термостата, который измеряет температуру воздуха в комнате. Если установлен теплый пол, лучший результат может быть достигнут с помощью комбинированного термостата, измеряющего температуру пола и воздуха.

Инфракрасная греющая пленка Hot Film для теплых полов и обогрева

Греющая пленка Hot Film — источник "мягкого" тепла, представляющий собой совокупность нагревательных элементов на основе модифицированного графита с внедренной в слой серебряной лентой, за счет которой обеспечивается высокая равномерность температурного поля нагревательного элемента.

Отличительной особенностью пленки Hot Film является то, что 90,4 % отдаваемого тепла находится в биорезонансном диапазоне (9,02 мкм), что соответствует частоте излучения тепла от тела человека, это оказывает мощное оздоровительное воздействие на наш организм.



Рис. 6.31. Инфракрасная греющая пленка Hot Film — современный энергосберегающий обогрев помещений

Инфракрасная греющая пленка Hot Film (рис. 6.31) производится в Южной Корее с использованием дорогостоящих материалов: карбона, серебра и меди.

Технические характеристики инфракрасной пленки Hot Film 100 см:

- ☐ электропитание от бытовой сети 220 В;
- ☐ пиковая мощность, потребляемая в моменты активного разогрева, 180—200 Вт/м²;
- ☐ максимальный нагрев пленки 55 °С;
- ☐ потребляемая мощность 30—50 Вт/час (при использовании терморегулятора);
- ☐ ширина полотна пленки 100 см, длина полотна в рулоне 100 пог. м;
- ☐ толщина греющей пленки 0,27 мм;
- ☐ шаг отреза пленки 25 см;
- ☐ гарантия 15 лет, срок службы более 30 лет.

Энергоэффективные системы нагрева воды Корди



Рис. 6.32. Солнечные системы для нагрева воды Корди

Солнечные системы для нагрева воды Корди (рис. 6.32) используют для подогрева воды путем превращения солнечной энергии в тепловую с помощью вакуумных трубок, которые изготовлены из прочного баросиликатного стекла и покрыты специальным абсорбентом, который эффективно впитывает в себя солнечное излучение.

Вода, подогреваемая в вакуумных трубках, поступает в бак-аккумулятор, конструкция которого позволяет сохранять подогретую воду продолжительное время (при температуре –15 °С в течение ночи температура воды в баке снижается максимум на 8 °С). Баки-аккумуляторы изготавливаются объемом от 140 до 385 л.

В среднестатистический солнечный день гелиосистема обеспечивает два полных цикла нагрева воды, т. е. если бак на 300 л, в день получаем 600 л горячей воды средней температуры 70 °С.

Гелиосистема оборудована электрическим тэном мощностью 1,5 кВт (в баках от 140 до 385 л) или 2,4 кВт (в баках от 200 до 300 л), который обеспечивает работу системы в случае пасмурной погоды. Система комплектуется контроллером — электронным прибором, который обеспечивает подачу воды в бак и дает возможность задать температурный режим.

Ресурс работы указанных гелиосистем составляет 30 лет.

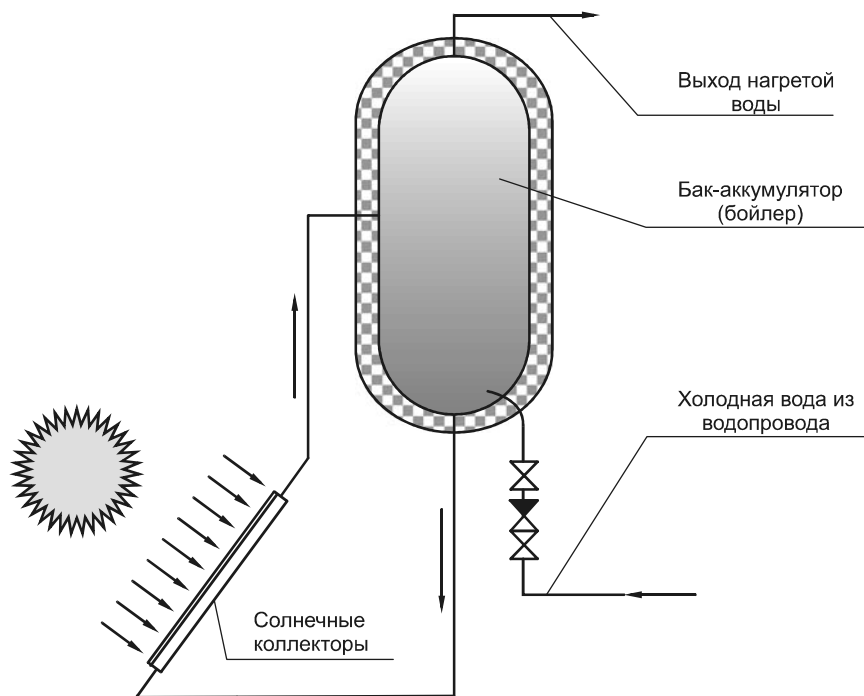


Рис. 6.33. Гелиосистема подогрева воды

Процесс подогрева воды показан на рис. 6.33. Коллекторы, бак-аккумулятор и соединительные трубопроводы системы заполнены холодной водой. Солнечное излучение, проходя через прозрачное покрытие (остекление) коллектора нагревает его поглощающую панель и воду в ее каналах. При нагреве плотность воды уменьшается, и нагретая жидкость начинает перемещаться в верхнюю точку коллектора и далее по трубопроводу — в бак-аккумулятор. В баке нагретая вода перемещается в верхнюю точку, а более холодная вода размещается в нижней части бака, т. е. наблюдается расслоение воды в зависимости от температуры. Более холодная вода из нижней части бака по трубопроводу поступает в нижнюю часть коллектора. Постепенно, в течение светового дня, происходит полный прогрев всего бака, при этом отбор воды для использования должен производиться из наиболее горячих слоев воды, располагающихся в верхней части бака.

Использование солнечной энергии для нагрева

Большинству систем нагрева воды в индивидуальном доме требуются солнечные коллекторы, занимающие на крыше площадь около 4 м^2 . Для того чтобы получить максимальное количество световой энергии от солнца, коллекторы должны монтироваться на скатной крыше с солнечной стороны. Они могут устанавливаться практически на любом доме с его минимальными конструктивными изменениями, а специальное разрешение на проработку такого проекта требуется редко.

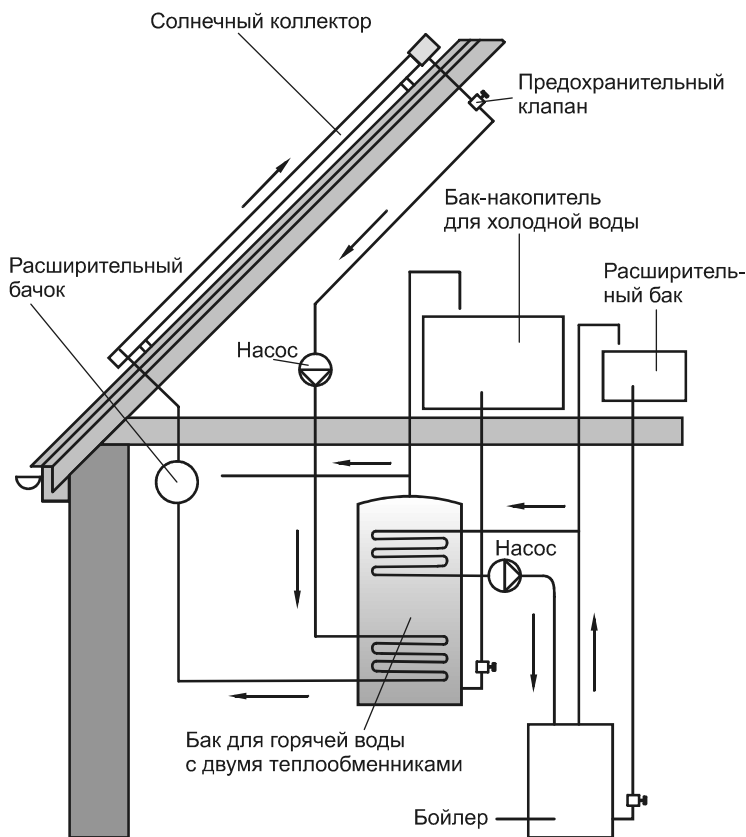


Рис. 6.34. Система с баком с двумя теплообменниками

Самый распространенный способ использования солнечной энергии для поддержки действующей системы водонагрева заключается в направлении горячей воды от коллекторов во второй теплообменник, установленный в баке для теплой воды (рис. 6.34). Это обычно означает замену бака моделью с двумя теплообменниками.

В качестве альтернативы можно установить второй бак с хорошей изоляцией, который будет предварительно подогревать воду, перед тем как она поступит в ос-

новой бак для горячей воды (рис. 6.35). Это может вызвать необходимость поднимать бак-накопитель, чтобы подавать воду в бак предварительного нагрева.

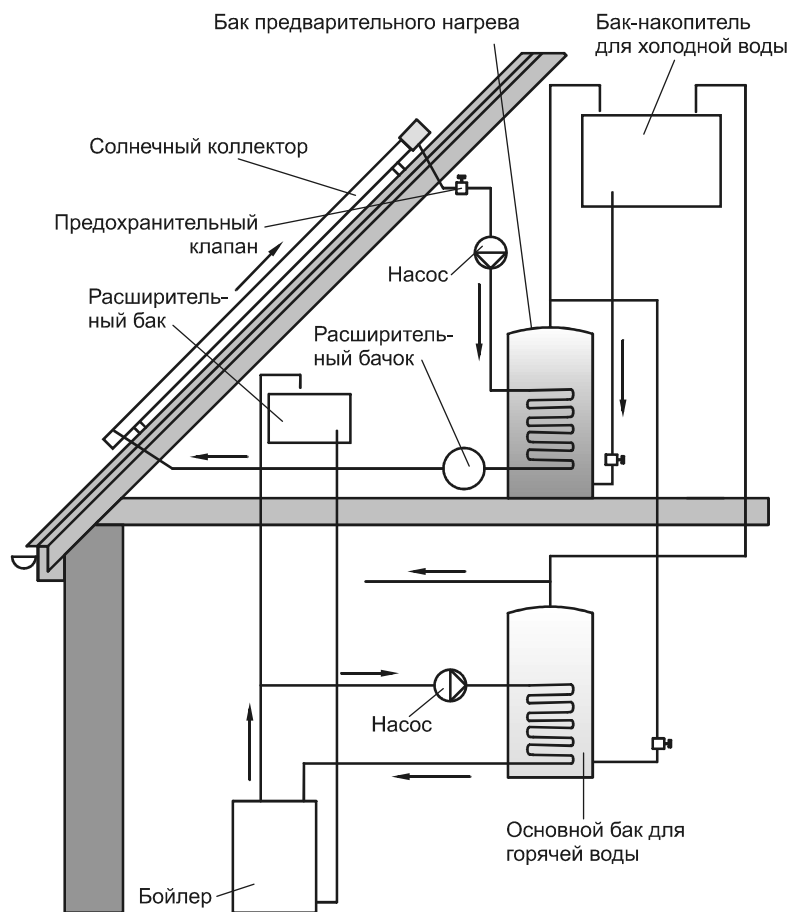


Рис. 6.35. Система с двумя баками

Для подачи воды от коллекторов к теплообменнику и обратно требуется насос. Управляющий работой насоса программируемый термостат определяет, когда панели коллекторов теплее воды в баке.

Применение стеклопрофилита в строительстве общественных зданий

Стеклопрофилит — прокатный профильный длинномерный элемент различного геометрического профиля (коробчатого и швеллерного сечений), обладает достаточной прочностью и жесткостью. В строительстве стеклопрофилит применяют

для устройства беспереплетных светопрозрачных ограждений больших размеров, остекления фонарей (армированный стеклопрофилит) и устройства светопрозрачных ограждений больших размеров. Стеклопрофилит целесообразно также применять в помещениях с повышенным температурным режимом и в зданиях, где требуется надежная пожарная безопасность. В этих целях наиболее целесообразно применять армированное профильное стекло, изготовленное из теплостойкого стекла (РП-600, ШП-250, ШП-300, КП-250, КП-300).

Вставку оконного и витринного стекла производят на замазках или прокладках из резины. Основное назначение замазок — надежная герметизация фальцев переплетов.

Остекление стеклопрофилитом начинают с монтажа элементов из стеклопрофилита, которые вынимают из тары (контейнера) и укладывают ребром на стол-верстак. Уложенный на столе-верстаке стеклопрофилит продувают струей воздуха со всех сторон, очищая от пыли, грязи, после чего сушат струей горячего воздуха.

На специальном приспособлении из губчатой резины (рис. 6.36) нарезают полосы шириной 20—25 мм, которые прокладывают между элементами стеклопрофилита, и шириной 100—120 мм, которые прокладывают по периметру при установке стеклопрофилита в панели. Прокладки приклеивают к элементам стеклопрофилита на клею 88Н. Для герметизации стыков применяют тиоколовые мастики УТ-32 и др. Стеклопрофилит устанавливают обычно вертикально в металлическое или железобетонное обрамление.

Элементы стеклопрофилита собирают в панель на поворотном столе с кондуктором. Стропуют, поднимают и подают панели из стеклопрофилита к месту монтажа траверсами. Монтаж ограждений из отдельных элементов стеклопрофилита показан на рис. 6.37.

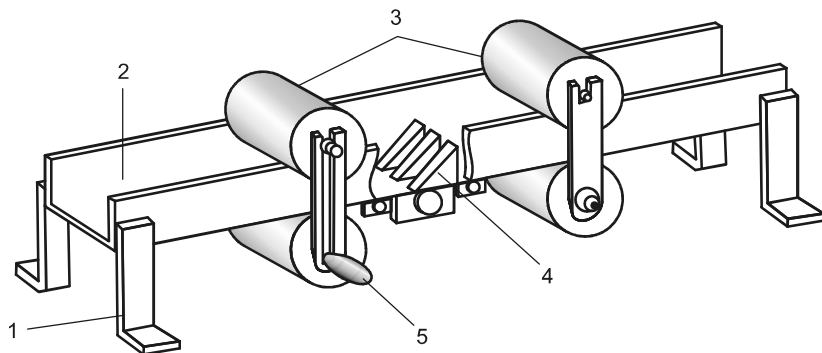


Рис. 6.36. Приспособление для резки резины: 1 — ноги основания; 2 — основание; 3 — ролики; 4 — нож для резки резины; 5 — ручка

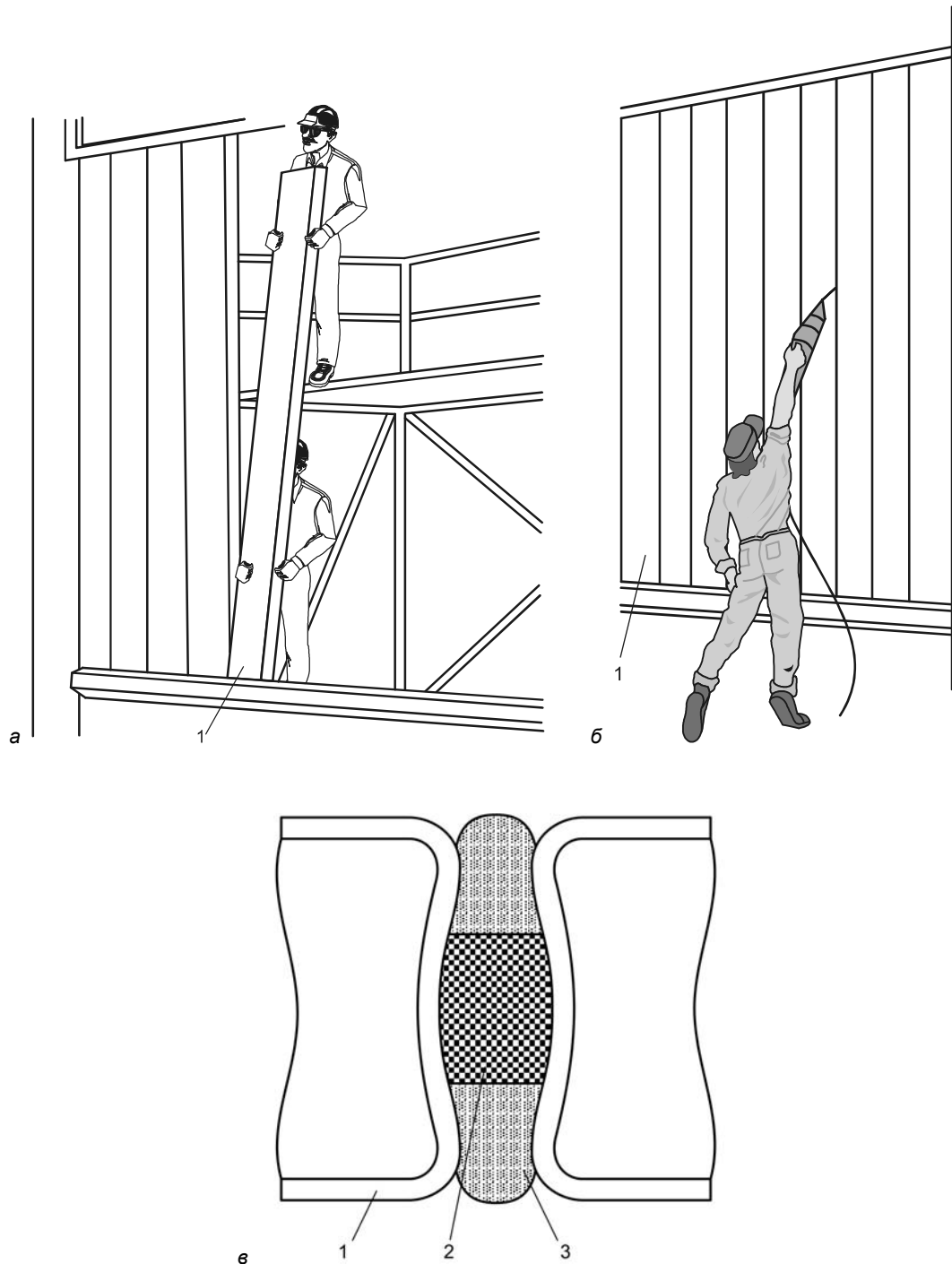


Рис. 6.37. Монтаж ограждений из отдельных элементов стеклопрофилита: а — монтаж ограждений; б — уплотнение стыков герметиком-мастикой; в — узел соединения стеклопрофилита; 1 — стеклопрофилит; 2 — уплотнитель-резина; 3 — мастика

Виды фасадного остекления

Основное количество потерь тепла идет через остекление зданий, таким образом решение проблемы энергоэффективности дома тесно связано с инновационными решениями в этой области.

Стойчно-ригельная система

Стойчно-ригельное остекление, называемое традиционным, представляет собой фасадное остекление с использованием алюминиевого профиля. Такая система состоит из вертикальных стоек, несущих весовую и ветровую нагрузку, а также горизонтальных ригелей, образующих решетчатый переплет. Прижимные планки, расположенные снаружи, приспособлены для стабильной фиксации стеклопакета — части данной конструкции, предоставляющие прозрачность, которую обеспечивают зданию стеклянные фасады.

Классическая стойчно-ригельная система ALUTECH ALT F50 (рис. 6.38) включает в себя стойки и ригели с видимой шириной 50 мм. Это обеспечивает максимальную светопрозрачность и визуальную легкость фасадной конструкции, а также элегантный внешний вид. Все видимые элементы конструкции могут быть окрашены в любой цвет по шкале RAL, при этом качество окраски профилей соответствует требованиям Qualicoat 2000. Набор имеющихся термовставок и уплотнителей позволяет устанавливать заполнение (стеклопакеты, теплоизоляционные панели) толщиной от 4 до 38 мм.



Рис. 6.38. Классическая стойчно-ригельная система ALUTECH ALT F50

Преимущества стоечно-ригельной системы.

□ Высокий уровень термоизоляции.

В современном мире, где цены на все виды энергоносителей неуклонно растут, невозможно оставаться в стороне от проблем, связанных с экологией и экономией средств для создания комфортного климата в помещении. Для получения необходимых теплофизических и звукоизоляционных свойств ограждающей конструкции в серии ALUTECH ALT F50 используется набор термовставок (термоизоляторов) из твердого, ударопрочного поливинилхлорида (PVC-U-HI) с высокими теплоизолирующими параметрами, ко-экструзионный уплотнитель (запатентованное решение) и набор уплотнительных прокладок на основе этиленпропиленовых каучуков (EPDM). Благодаря оптимальному сочетанию этих составляющих достигаются следующие показатели по термической изоляции (согласно нормам DIN 4108-4): при установке рассекающего уплотнителя (рис. 6.39) коэффициент теплопередачи узлового профильного решения (без стеклопакета) составляет $U_f = 1,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ или приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр} = 0,55 \text{ м}^2 \text{°С}/\text{Вт}$; при стандартном решении коэффициент теплопередачи равен $U_f = 2,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ или приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр} = 0,42 \text{ м}^2 \text{°С}/\text{Вт}$.

Это позволяет существенно повысить теплофизические характеристики без значительного увеличения стоимости 1 м^2 конструкции.

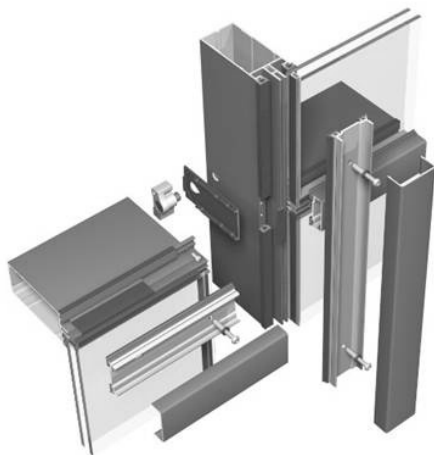


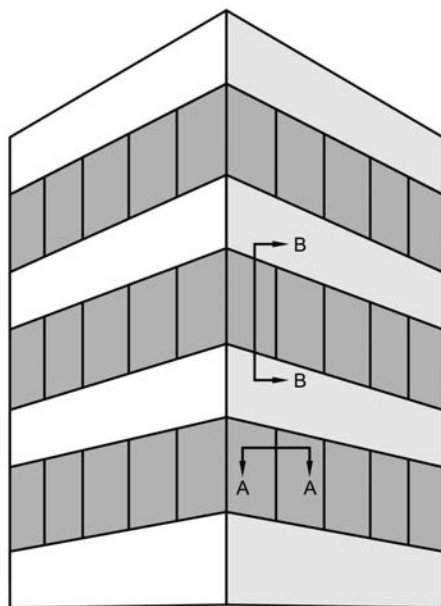
Рис. 6.39. Установка рассекающего уплотнителя

□ Система "тепло-холод".

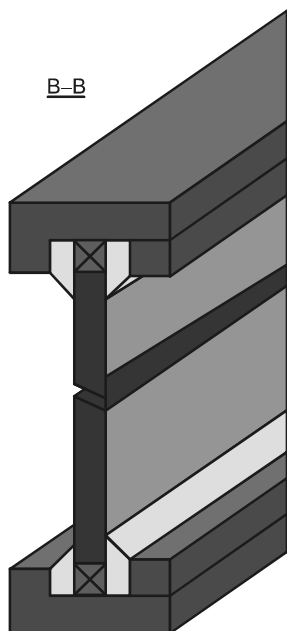
Использование оригинальных дистанционных ПВХ-элементов в зонах простенков и перекрытий фасада позволяет устанавливать вместо стеклопакета одинарное стекло. Наличие специальных пазов предоставляет возможность закрывать утеплитель любым недорогим листовым материалом. Это позволяет реализовать экономичный переход от непрозрачной к прозрачной области конструкции без потери теплоизоляционных характеристик.

Структурное остекление

Структурное остекление — единственно возможная система с высококачественными силиконовыми материалами, специально разработанными для создания накладных светопрозрачных фасадов. В случае применения структурного остекления силиконовые герметики не только выполняют свои обычные функции герметизации, но также при склеивании защищают элементы фасадов. В случае правильного проектирования, установки и сооружения система может успешно противостоять силе тяги, давлению, сдвигам (скалыванию), непрерывному движению, погодным условиям и перепадам температуры. Используемые здесь материалы должны быть подобраны по качествам склеивания, совместимости и корректному определению размеров.



Система двухстороннего структурного остекления



Типичный двухсторонний дизайн
(установленный на объекте)

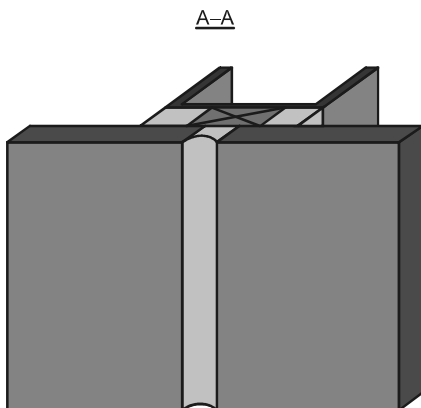
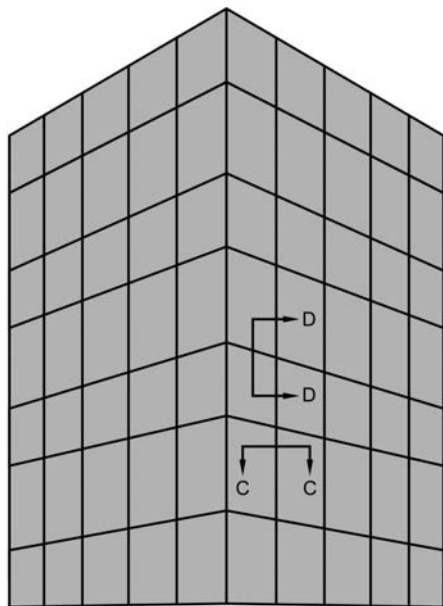


Рис. 6.40. Двухстороннее структурное остекление

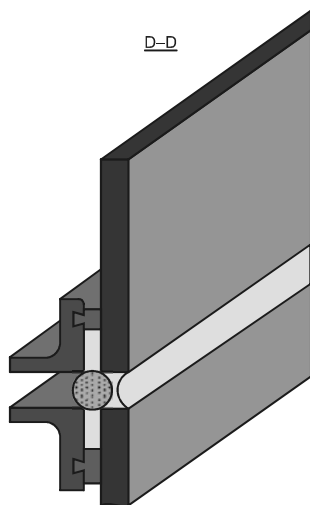
Специально разработанные силиконовые герметики способны защитить здание от неблагоприятных условий, атмосферных воздействий и огня. Правильно спроектированные и изготовленные системы структурного остекления переносят ветровую нагрузку на несущую конструкцию, что позволяет выдерживать трение, компрессию и температурные деформации. Кроме того, силикон обладает отличной сопротивляемостью ультрафиолетовому излучению, что не может обеспечить ни один другой герметик.

Различаются два способа крепления стеклопакетов с помощью силиконового слоя: двухстороннее и четырехстороннее крепления. При использовании первого метода к несущей конструкции крепятся вертикальные и горизонтальные крепежные элементы. В этом случае масса конструкции поддерживается с помощью механических креплений, в то время как подвижная нагрузка распределяется по двум сторонам на структурный силиконовый уплотнитель, а по двум другим сторонам фиксируется механическими креплениями (рис. 6.40).

Другой метод — четырехстороннее крепление (рис. 6.41 и 6.42) — не предусматривает никаких других креплений, кроме силиконового герметика, который используется для склеивания всех четырех сторон. При этом варианте масса конструкции, в зависимости от конкретного проекта, поддерживается с помощью несущего ребра либо силиконового слоя.



Система четырехстороннего структурного остекления



Типичный четырехсторонний дизайн
(остекленный на фабрике)

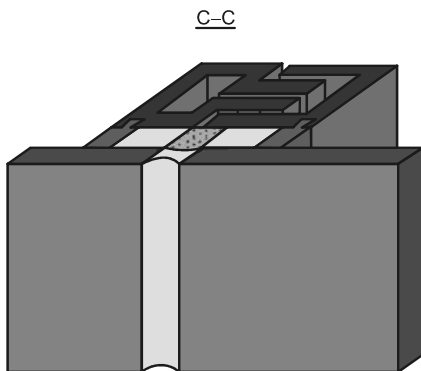


Рис. 6.41. Четырехстороннее структурное остекление

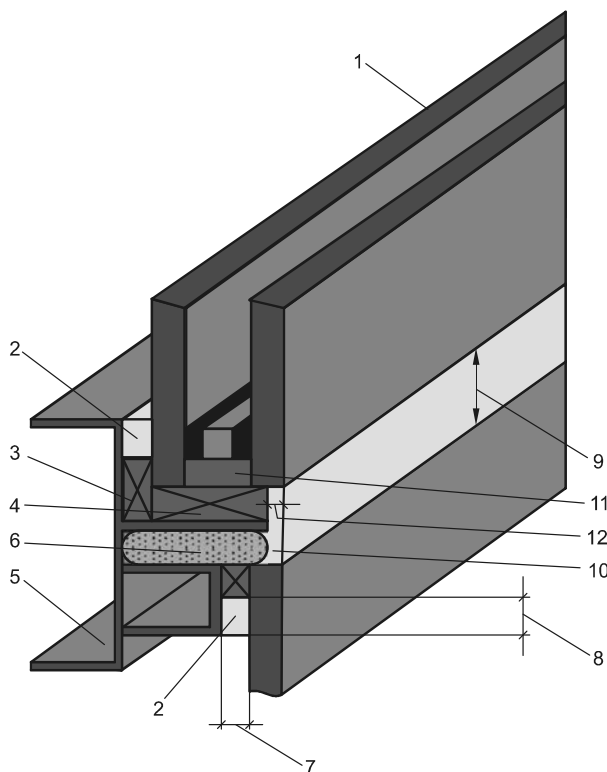


Рис. 6.42. Блок изолирующего стекла:

- 1 — силиконовый герметик для структурного остекления;
- 2 — силиконовая (резиновая) распорка;
- 3 — силиконовые (резиновые) установочные приспособления;
- 4 — алюминиевая опора (профиль);
- 5 — полиэтиленовый поддерживающий брусок;
- 6 — ширина соединения;
- 7 — глубина соединения;
- 8 — ширина внешнего шва погодоустойчивого герметика;
- 9 — силиконовый погодоустойчивый герметик (сцепление);
- 10 — силиконовый изолирующий герметик по стеклу;
- 11 — соединяющий слой (брекер)

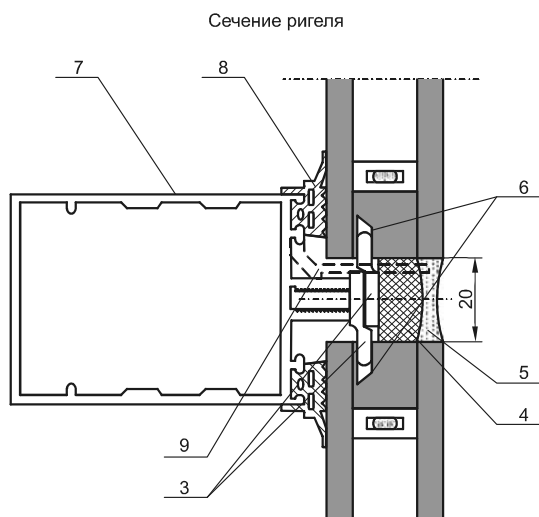
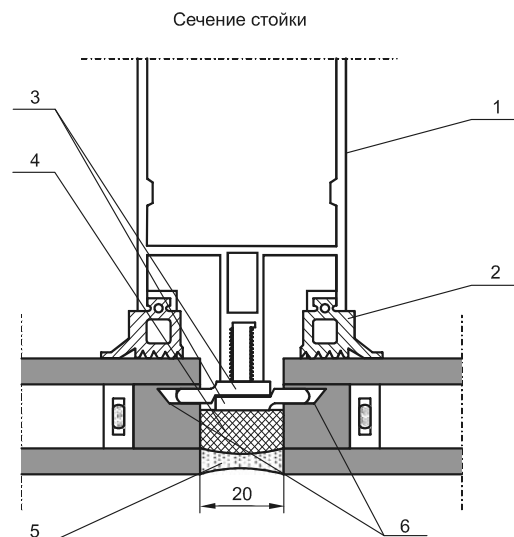


Рис. 6.43. Стеклопакет для структурного остекления:

- 1 — стойка; 2 — внутреннее уплотнение стойки; 3 — прижимы структурного остекления;
- 4 — предварительно сжатая уплотняющая лента (ПСУЛ);
- 5 — герметик фирмы Dow Corning DC791; 6 — профиль опорной рамки; 7 — ригель;
- 8 — внутреннее уплотнение ригеля; 9 — подкладка под стеклопакет

Для структурного остекления часто применяют особый стеклопакет — наружное стекло делается длиннее, чем внутреннее (рис. 6.43). Это позволяет приклеивать к опорной рамке одновременно два стекла — наружное и внутреннее, что, несомненно, делает всю конструкцию более надежной (рис. 6.44).

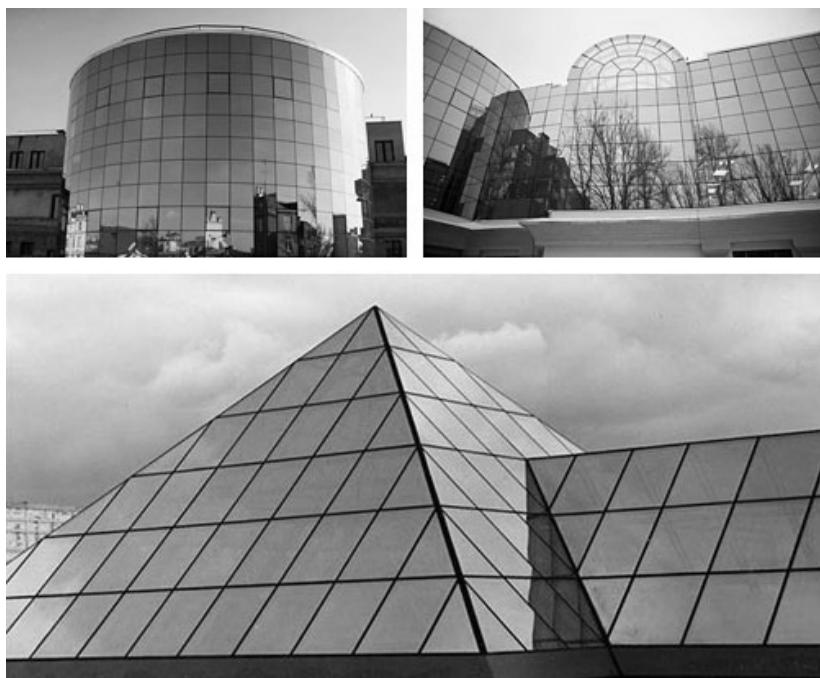


Рис. 6.44. Примеры остекления

Полуструктурное фасадное остекление

Полуструктурное фасадное остекление — это традиционная ригельно-стоечная конструкция, в которой крепление светопрозрачных элементов осуществляется штапиками, а не прижимными планками (рис. 6.45).

Планарное остекление

В 80-х годах прошлого столетия известная английская компания Pilkington для создания новых областей применения своей продукции начала производить системы остекления под торговым названием Pilkington Planar. Эти системы отличались от традиционных видов остекления оригинальной точечной системой креп-

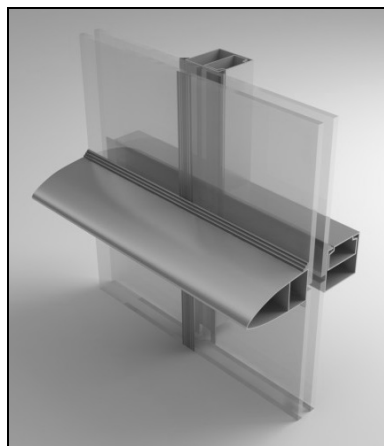


Рис. 6.45. Полуструктурное фасадное остекление

ления с использованием натяжных конструкций, позволяющей создавать прозрачные безрамные конструкции больших площадей и самых разнообразных форм. Со временем это название распространилось на все системы остекления с подобными методами крепления, которые начали выпускать другие фирмы. Таким образом, термин "*планарное остекление*" обозначает систему примыкающих друг к другу светопрозрачных элементов, не разделенных рамами или перегородками из непрозрачных материалов. Часто это название производят от того, что остекление плоское, хотя это не совсем верно — оно может быть и изогнутым, ступенчатым и другой формы (зависит от формы листов стекла и их взаимного расположения).

В зависимости от назначения и для придания конструкции желаемых свойств в планарном остеклении может применяться закаленное стекло следующих видов:

- ☐ бесцветное;
- ☐ окрашенное в массу, с твердыми солнцезащитными или отражающими покрытиями — для защиты от солнечного излучения и/или получения декоративного эффекта;
- ☐ особо прозрачное — для улучшения светопропускания и прозрачности ("воздушности") конструкции;
- ☐ декорированное.

В планарном остеклении рекомендуется применять закаленное стекло толщиной от 10 до 19 мм и с максимальным размером 2000×4200 мм. Максимальное соотношение сторон 10:1. Края стекла должны быть гладко отшлифованными или полированными. Диаметр отверстий не должен быть менее толщины стекла. Расстояние от края стекла до края отверстия должно превышать толщину стекла как минимум в два раза, а расстояние от угла стекла до края отверстия — в шесть раз.

Приведенные здесь данные минимальны, реальное количество, расположение, размеры отверстий должны рассчитываться в зависимости от вида крепления, размеров листов стекла, назначения остекления и т. д. Прочность, характер разрушения, отклонения формы и размеров и другие показатели стекла должны соответствовать требованиям ГОСТ 30698 или EN 12150. Во избежание самопроизвольного разрушения, вызванного присутствием включений сульфида никеля, закаленное стекло, применяемое в планарном остеклении, должно быть подвергнуто дополнительной тепловой обработке (heat soak test) в соответствии с требованиями EN 14179-1.

Многослойное стекло, применяемое в планарном остеклении, должно быть изготовлено из одного (внешнего) закаленного и одного (внутреннего) термоупрочненного стекла. Рекомендуемая толщина внешнего стекла 10—19 мм, внутреннего стекла 4—6 мм.

В планарном остеклении обычно применяют однокамерные стеклопакеты, состоящие из двух закаленных стекол или из одного закаленного и одного многослойного стекла. Для улучшения теплозащитных свойств остекления в стеклопакетах могут использоваться закаленные стекла с низкоэмиссионным покрытием.

Сегодня существует очень большое количество вариантов крепления стекол, и каждая из фирм-производителей предлагает свои. Все варианты можно разделить на две большие группы: со сквозными отверстиями в стекле для расположения крепежных элементов и без сквозных отверстий.

Спайдер-система

Технология, именуемая как *спайдер-система*, представляет собой сплошное структурное остекление фасадов. С помощью спайдер-систем можно выполнять вертикальные фасады различных зданий, остекление крыш, а также внутренние перегородки.

Спайдер-системы состоят из стеклянных панелей размером до 3 м², несущей системы (фермы, балки, арки, ванта или др.) и пространственных кронштейнов — спайдеров, на которые с помощью силиконовых прокладок крепится стеклянный элемент фасада. При использовании спайдер-систем в остеклении фасадов возможна дополнительная комплектация системой автоматики, которая контролирует процесс эксплуатации фасадного комплекса.

Глава 7

Инновационные технологии разноэтажного строительства

Сборно-каркасное домостроение

Каркасное строительство домов, коттеджей — новая технология, которая сегодня очень быстро развивается. Популярность каркасных домов растет благодаря многим положительным аспектам:

- ☐ высокая скорость возведения зданий;
- ☐ возможность строительства в любое время года;
- ☐ высокие эксплуатационные качества домов;
- ☐ возможность осуществления различных архитектурных идей;
- ☐ меньшая стоимость, примерно на 30 %, по сравнению с кирпичными домами.

Применяемые в инновационных технологиях строительства материалы экологически безопасны, не деформируются, не изменяют своих свойств, имеют очень долгий срок эксплуатации. Позволяют в течение двух месяцев возвести современный, экологичный загородный дом или коттедж. По капитальности строительства и долговечности такой дом не уступает кирпичной постройке, и в то же время показатель теплосбережения у них намного больше.

Новые технологии в строительстве подразделяются на несколько основных видов:

- ☐ сэндвич-панели;
- ☐ несъемная опалубка.

Сэндвич-панели — новая технология в строительстве. Сэндвич-панели являются одним из лидеров на отечественном рынке строительных материалов для быстровозводимых зданий. Существует нескольких видов сэндвич-панелей, которые применяют как самостоятельные строительные материалы, так и в виде ограждающих конструкций, для проведения кровельных работ, при реконструкции зданий. Обшивка панелей имеет антикоррозийное покрытие и обладает следующими свойствами:

- ☐ высокое сопротивление к истиранию;
- ☐ кислотоустойчивость;
- ☐ стойкость к ультрафиолетовому излучению.

Несъемная опалубка — одна из последних инновационных технологий строительства. Несъемная опалубка представляет собой жаростойкие листы, изготовленные из магнеземных составляющих, перлита и древесной опилки. Сокращенное название СМЛ — стекломагниево-перлитные листы. Они легки в обработке, не горючие — выдерживают температуру до 1200 °С, имеют поверхность, готовую к отделочным работам, а также это паропроницаемый материал, который можно использовать в помещениях с повышенной влажностью до 80 %. Несъемная опалубка — это прочный материал, экологически чистый, имеющий высокие тепло- и звукоизоляционные свойства.

Армированные плиты Eltovation

Древесно-цементные плиты и изделия имеют превосходную влаго-, морозо- и огнестойкость, стойкость к воздействию гнили, грибка, насекомых и термитов, а также просты в обработке (рис. 7.1).

В дополнение к поставкам новых заводов "под ключ" Eltovation модернизирует существующие заводы, дополняя их новыми технологиями и новейшими системами электронного управления, основанными на ПЛК, что позволяет увеличить мощность, улучшить качество продукции и функциональные возможности оборудования.



Рис. 7.1. Применение плит Eltovation



Рис. 7.2. Плиты из цементного фибролита Eltonation WWCB

Запатентована производственная линия по изготовлению стеновых панелей из цементного фибролита, на которой можно производить готовые теплоизоляционные стеновые панели размером до 6 м × 2,6—3 м × 35—50 см (длина × высота × толщина).

Плиты из цементного фибролита Eltomation WWCB представляют собой универсальный строительный материал, изготовленный из древесной шерсти (древесной стружки) и цемента (рис. 7.2). Мировое признание цементного фибролита доказывает многосторонность использования плит и стойкость к любым климатическим условиям.

Главными характеристиками плит являются:

- ❑ огнестойкость — плиты из цементного фибролита были протестированы и имеют класс огнестойкости В1 (повышенная огнестойкость) в соответствии с немецким стандартом DIN 4102;
- ❑ термоизоляция — благодаря своей относительно низкой плотности фибролитовые плиты имеют хорошие термические свойства. Максимальная теплопроводность плиты толщиной 25 мм — 0,090 Вт/м·К;
- ❑ звукопоглощение — плиты из цементного фибролита с необработанной поверхностью (или окрашенные с помощью распылителя) имеют очень хорошие акустические характеристики по звукопоглощению, так как открытая поверхность способствует хорошему поглощению звука.

Используются следующие виды плит из цементного фибролита:

- ❑ стандартные плиты из цементного фибролита;
- ❑ композитные плиты из цементного фибролита (сэндвич-плиты с наполнителем из полистирола (Polystyrene), пенополиуретана (PU foam), минеральной ваты (Rockwool) или другого изоляционного материала);
- ❑ армированные кровельные плиты из цементного фибролита.

Технология Фибролит (Россия)

Компания "Фибролит" занимается продажей и продвижением системы плит Green Board и ведет строительство по этой технологии.

Система плит Green Board — многофункциональный, экологически чистый и безопасный строительный материал, удовлетворяющий всем критериям комфортного и безопасного жилья.

В готовом виде плиты Green Board (рис. 7.3) по объему состоят из древесной шерсти (60 %) и портландцемента (40 %) с добавлением натурального минерализатора — раствора силиката натрия низкой концентрации, и представляют собой широко известный в мире фибролит.

Фибролит (от лат. *fibra* — волокно и греч. *lithos* — камень) — строительный материал, представляющий собой спрессованную и затвердевшую смесь специально приготовленной древесной стружки (древесной шерсти).

Эластичная и прочная на сжатие плита из древесной шерсти, устойчива к биологическому воздействию, эрозии и гниению; превосходное поглощение шума, оптимальная теплоизоляция, диффузно-открытая структура, высокий уровень огнестойкости. Конструкционные, звуко- и теплоизоляционные свойства строительной плиты

позволяют использовать ее как универсальный материал для теплоизоляции, звукопоглощения и противопожарной защиты кровель и фасадов.

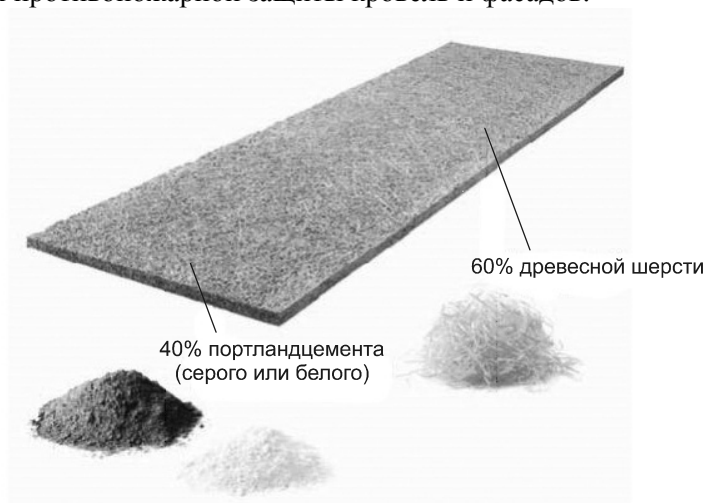


Рис. 7.3. Изготовление фибролита

Достоинства использования фибролитовых магниезиальных плит в качестве материала для обшивки каркаса.

- ❑ Негорючесть материала. По сертификату пожарной безопасности материал относится к категории негорючих.
- ❑ Экологичность материала. В состав фибролитовых плит входят только экологически чистые материалы. Использование фибролитовых плит обеспечивает микроклимат внутри дома такой же, как и у дома, построенного из бруса.



Рис. 7.4. Плиты Green Board

□ Использование фибролитовых магнезиальных плит (рис. 7.4) обеспечивает увеличение коэффициента термического сопротивления: $4,543 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$. (Расчетное значение коэффициента термического сопротивления для Санкт-Петербурга, нормативный показатель составляет $3,079 \text{ м}^2 \cdot \text{С/Вт}$.) При этом толщина стены равна 210 мм. Каркас — брус 150×50 , обшитый с обеих сторон фибролитовыми плитами, толщиной 25 и 35 мм с заполнением внутри минеральной ватой.

□ Дополнительная звукоизоляция.

□ Легкость использования. Плиты имеют следующие весовые характеристики: плита 25 мм — 13 кг/м^2 , плита 35 мм — 16 кг/м^2 и плита 50 мм — 22 кг/м^2 . Приведенные показатели говорят о том, что для работы с фибролитовыми магнезиальными плитами не требуется тяжелой грузоподъемной техники, что сокращает затраты. Материал легко пилится, монтируется, штукатурится.

При устройстве перегородок можно также использовать фибролитовые магнезиальные плиты. Если рассматривать каркасное устройство перегородки, то каркас — направляющую, толщиной 50 мм, можно обшить с двух сторон фибролитовыми плитами, толщиной 25 мм, с заполнением дополнительного звуко- и теплоизоляционного материала во внутрь. Или же использовать фибролитовые плиты, толщиной 50 мм, монтируя их в 50-миллиметровый каркас, промазывая цементным клеем. В любом случае перегородка будет соответствовать необходимым требованиям по звуко- и теплоизоляции. Но второй вариант устройства является наиболее экономичным.

Фибролит с 50-х годов использовался в строительстве как основной теплоизолирующий материал. Им утепляли стены, кровли домов, ферм, ангаров и подобные здания, где необходимо было сохранить тепло в зимнее время года. В наше время фибролит возродился вновь, но уже с определенными изменениями. Главными характеристиками являются:

□ огнестойкость;

□ стойкость против влажной и сухой гнили;

□ морозостойкость;

□ стойкость к воздействию насекомых и грызунов;

□ термоизоляция;

□ акустические свойства — звукопоглощение.

Утеплитель Polarit Comfort

Стену, построенную из Polarit Comfort, не нужно дополнительно утеплять, потому что утеплителем является сам камень (рис. 7.5). Это достигается за счет того, что, во-первых, Polarit Comfort состоит из керамзита, который является одним из лучших натуральных природных утеплителей, и второй важный фактор — это щелевая структура камня. 11 продольных щелей создают препятствие на пути теплового потока, проходящего через стену. Изменение направления прохождения теп-

лового потока позволяет камню равномерно распределять тепло по всей толщине стены, тем самым препятствуя быстрому остыванию дома.

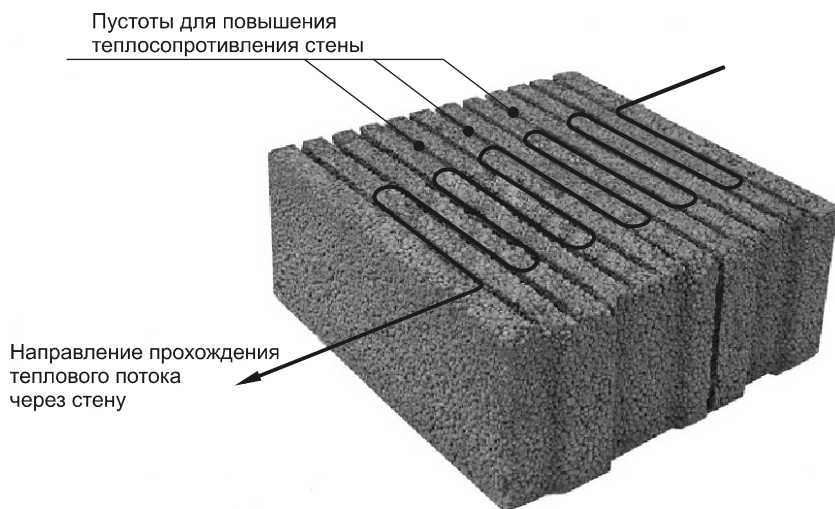
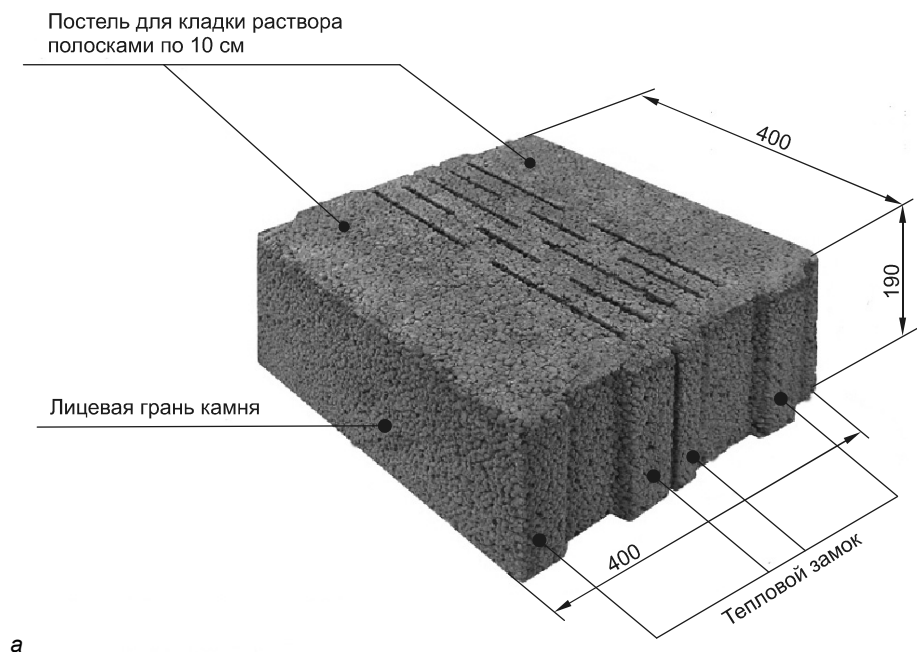


Рис. 7.5. Керамический утеплитель: а — вид камня сверху; б — вид камня снизу

Один керамический камень Polarit Comfort заменяет 15 кирпичей обычного формата (именно поэтому профессиональные строители часто называют Polarit Comfort крупноформатным керамзитным кирпичом 15 NF).

За счет пазогребневого соединения стык выполняется насухо! Система так называемого "Теплового замка" обеспечивает надежное соединение камней по вертикали, не создавая мостиков холода, через которые уходит до 20 % тепла. На горизонтальных швах предусмотрена специальная постель для кладки раствора полосками по 10 см, раствор очень легко укладывается с помощью каретки. Таким образом, расход раствора составляет всего лишь 2 % от всего объема кладки, поэтому строить из Polarit Comfort легко, быстро и недорого.

А за счет несложных дополнительных операций вы можете еще больше повысить надежность тепловой защиты стены, положив между полосками раствора джутовую ленту и запенив специальный паз на вертикальном шве. В итоге вы получаете однослойную стену, качество которой можно проконтролировать на любом этапе строительства и быть уверенным в том, что дом будет теплым и уютным.

Керамический камень Polarit Comfort имеет водопоглощение всего 3—5 %. Для сравнения: популярный пористый кирпич имеет водопоглощение в несколько раз больше (до 17 %), а у газобетона оно достигает 25 %. Низкое водопоглощение — это очень важный параметр для строительного материала, ведь избыточная влага в стене является причиной многих проблем: снижение прочности, ухудшение теплоизоляционных характеристик, преждевременное разрушение материала и самое опасное — появление плесени и грибка.

Герметично закрытая структура пор камня Polarit Comfort не впитывает влагу, а хорошая паропроницаемость обеспечивает естественную вентиляцию стены.

Технология клееных деревянных конструкций HAUS-KONZEPT (Германия)

Производство панельно-каркасных домов и строительство панельно-каркасных деревянных домов, строительство коттеджей из элементов полной заводской готовности с использованием большепролетных клееных деревянных конструкций завода "HAUS-KONZEPT" Содружество" — перспективное направление малоэтажного домостроения.

Эта технология обеспечивает переход от ручного труда на строительной площадке к автоматизированному производству панельно-каркасных домов с 90 % степенью готовности, что максимально сокращает сроки монтажа и уменьшает затраты на внутреннюю отделку помещений. Изготовление панелей панельно-каркасного дома в заводских условиях гарантирует высокое качество деревянного дома.

Между каркасным и панельно-каркасным домами существует ряд существенных различий. Панельно-каркасный дом на 90 % изготавливается на заводе, а на строительной площадке готовые панели с уже установленными окнами, разводкой инженерных сетей и черновой наружной отделкой собираются за 2—3 дня. Это обеспечивает гарантированное качество, позволяет избежать влияния человеческого фактора и не зависеть от погоды.

При строительстве каркасного дома на строительной площадке строителями возводится каркас, который потом обшивается вручную. За счет этого существенно

увеличивается строительный цикл, а качество загородного дома проигрывает по сравнению с домом, произведенным на заводе.

Современные экологически чистые материалы и сухая клееная древесина позволяют панельно-каркасным домам соперничать с каменными по таким важным параметрам, как качество, скорость строительства коттеджей, экономичность в эксплуатации и комфортность проживания.

Конструкция загородного дома (рис. 7.6—7.8), произведенного на заводе ““HAUS-KONZEPT” Содружество”, состоит из многослойных панелей на основе деревянного рамного каркаса из клееного бруса, обшитого с наружной и внутренней стороны плитами (OSB). Внутреннее пространство панели заполняет базальтовый утеплитель, который обеспечивает необходимую теплозащиту, а гидропароизоляционная мембрана защищает конструкцию дома и утеплитель от влаги.

Данная конструкция дома обеспечивает стабильные тепловые характеристики в любое время года. Для обогрева такого загородного дома требуется меньше времени и энергоресурсов, он намного дольше удерживает тепло внутри. Это позволяет сократить расходы на обогрев, а низкая теплоемкость конструкций позволяет применять интегрированную систему отопления.

С завода транспортируется к месту строительства уже на 90 % готовый дом. Каждая панель поставляется на стройплощадку с защитным покрытием, что позволяет вести строительство панельно-каркасных домов, невзирая на погодные условия. Построенные по этой технологии дома экологичны и обладают высокими тепло- и энергосберегающими характеристиками.

Монтажная бригада в составе 3—4 человек и грузоподъемной техники собирает дом общей площадью около 200 м² из комплекта несущих стеновых панелей, плит перекрытия и кровельных панелей за 2—3 дня!

Работы по внутренней отделке можно начинать сразу же.

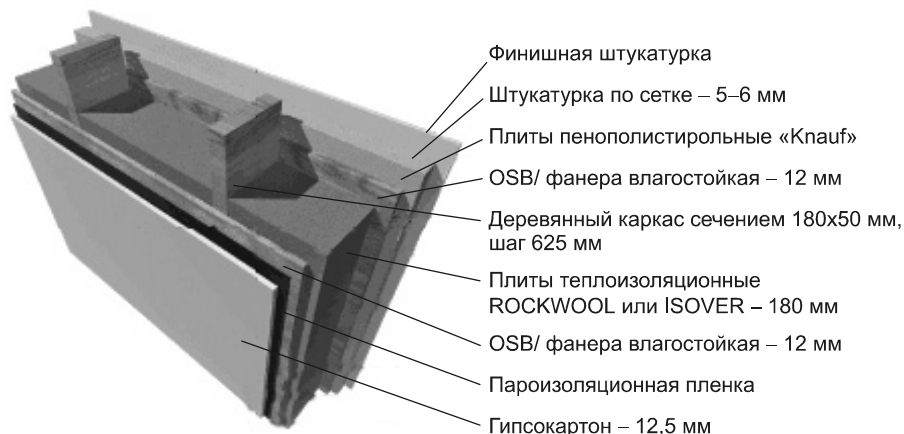


Рис. 7.6. Разрез панели наружной стены

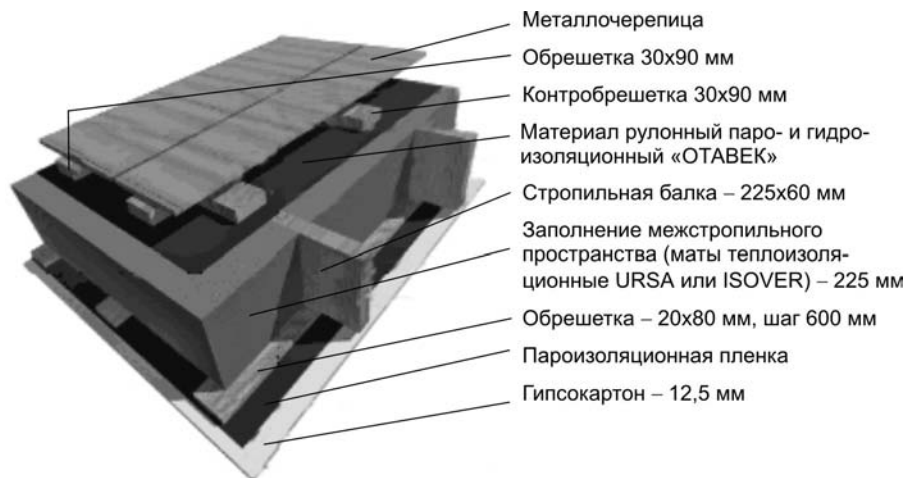


Рис. 7.7. Разрез кровельной панели

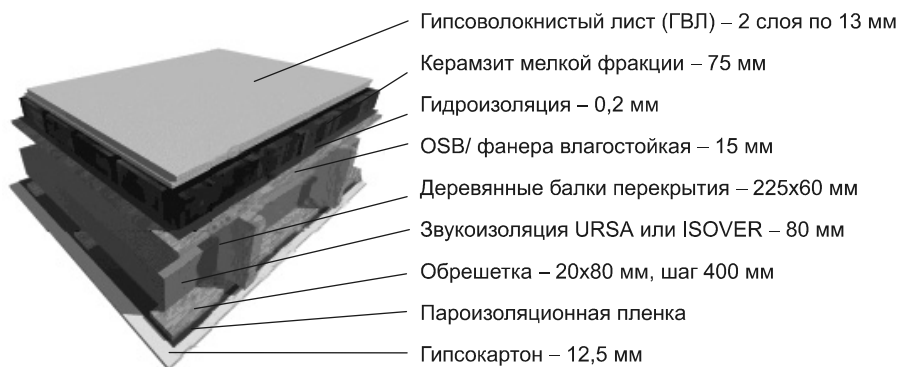


Рис. 7.8. Разрез панели междуэтажного перекрытия

Преимущества домов, построенных по этой технологии, — сжатые сроки сборки, высокая экономичность при строительстве и эксплуатации, высокая точность изготовления, так как каркасно-панельный дом фактически изготавливается на промышленном предприятии, а не строится на площадке.

Технология Durisol (Бельгия)

Материал Durisol (Дюрисол) обладает уникальным сочетанием потребительских свойств, которое основано на использовании природных материалов: дерева и камня. Дюрисол на 80—90 % состоит из щепы хвойных деревьев, обработанной

минеральными добавками и скрепленной портландцементом. Это экологичный, легкий, прочный и долговечный материал. Он обладает отличными тепло- и звукоизоляционными характеристиками, высокой степенью пожарной безопасности, не подвержен гниению, поражению грибками и плесенью, морозоустойчив.

Строительная технология Дюрисол основана на производстве и применении стеновых блоков несъемной опалубки стандартной формы: длиной 50 см, высотой 25 см и толщиной 15, 22, 25, 30 и 37,5 см (в зависимости от функционального назначения).

Типовые серии содержат блоки для возведения несущих стен и межкомнатных перегородок и блоки с утеплительными вставками для наружных стен с высокими теплосберегающими свойствами. В состав серий входят блоки для формирования рядов, углов и проемов.

Процесс монтажа стен из строительных блоков Дюрисол прост и эффективен: они устанавливаются друг на друга без какого-либо связующего в четыре ряда, после чего полости в блоках заполняют бетоном. Затем устанавливают следующие четыре ряда и т. д. В результате внутри деревянной стены получается монолитная бетонная решетка с мощными вертикальными несущими столбами и горизонтальными рядными перемычками. Благодаря макропористой структуре материала и ячейкам решетки стена "дышит", и в помещениях, построенных по технологии Дюрисол, обеспечивается комфортный микроклимат.

При монтаже не требуется применения высококвалифицированной рабочей силы и тяжелой грузоподъемной техники (вес одного блока 6—15 кг). Дюрисол имеет повышенную адгезию к штукатурным составам, что упрощает процесс отделки стен и, в совокупности, ведет к значительному снижению трудоемкости, сроков работ и стоимости готовой конструкции по сравнению с традиционными технологиями.

Блоки Дюрисол применяют для монолитного строительства жилых (индивидуальных и многоквартирных) домов, административных, общественных и производственных зданий, установки ограждений, устройства помещений с повышенным уровнем акустических шумов и возведения шумопоглощающих конструкций вдоль автомагистралей и железных дорог.

Номенклатура серийно изготавливаемой продукции отображена в табл. 7.1 и 7.2.

Таблица 7.1. Перечень выпускаемой продукции

Серия	Внешний вид	Область применения
DM 15/9		Возведение внутренних стен и перегородок, ограждающих конструкций и заборов по границам участков с высокими звукоизоляционными свойствами (52 дБ)

Таблица 7.1 (окончание)

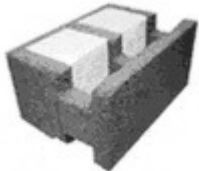
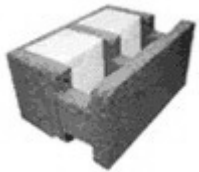
Серия	Внешний вид	Область применения
DM 22/15		Возведение внутренних несущих стен, наружных несущих стен производственных зданий, ограждающих конструкций и заборов по границам участков, с высокими звукоизоляционными свойствами (56 дБ)
DMi 25/18		Возведение внутренних мощных несущих стен с повышенными звукоизоляционными свойствами (60 дБ), наружных несущих стен производственно-бытовых зданий
DSs 30/15		Возведение стен жилых, административно-бытовых и промышленных зданий с повышенными тепло- и звукоизоляционными свойствами (2,20 м ² ·°C/Вт; 52 дБ). Толщина пенополистирольной утеплительной вставки 70 мм
DSs 30/12		Возведение наружных несущих стен жилых, административно-бытовых и промышленных зданий с повышенными тепло- и звукоизоляционными свойствами (2,83 м ² ·°C/Вт; 48 дБ). Толщина пенополистирольной утеплительной вставки 100 мм
DSs 37.5/14		Возведение наружных несущих стен жилых и административно-бытовых зданий с высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами (3,29 м ² ·°C/Вт, 51 дБ). Толщина пенополистирольной утеплительной вставки 155 мм
DSs 37.5/12		Возведение наружных несущих стен жилых и административно-бытовых зданий с высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами (3,53 м ² ·°C/Вт, 51 дБ). Толщина пенополистирольной утеплительной вставки 175 мм

Таблица 7.2. Основные параметры типовых блоков
опалубки строительной системы

СЕРИЯ:	DM 15/9	DM 22/15	DMi 25/18	DSs 30/15	DSs 30/12	DSs 37.5/14	DSs 37.5/12
ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ (рядный блок)							
Толщина, мм	150	220	250	300	300	375	375
Высота/Длина, мм	250/500	250/500	250/500	250/500	250/500	250/500	250/500
Вес, кг	6	8	12	11	11	15	15
Приведенное сопротивление теплопередаче (стены без отделки), м ² ·°C/Вт	0,57	0,91	1,09	2,2	2,83	3,29	3,53
Индекс изоляции воздушного шума R _w , дБ	52	56	60	52	48	51	50
КОНСТРУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ							
Толщина теплоизоляционного вкладыша, мм				75	105	155	175
Размер бетонного ядра, мм	90	150	180	150	120	140	120
Опорная площадь бетона, см ² /пог. м	694	1156	1432	1079	786	951	814
Удельный вес стены, кг/м ²	275	420	500	440	350	410	380
РАСХОД МАТЕРИАЛОВ							
Число блоков, шт./м ² стены	8	8	8	8	8	8	8
Бетон, м ³ /м ² стены	0,075	0,125	0,144	0,120	0,090	0,105	0,090
Арматура, кг/м ²	0,25	0,25	0,3	0,3	0,30	0,3	0,30
ТРУДОЗАТРАТЫ на 1 м ² , ч/час							
	0,59	0,67	0,7	0,75	0,7	0,75	0,75

Технология строительства с применением блоков Durisol. Технология Durisol позволяет использовать любые типы перекрытий (рис. 7.9). Для усиления конструкции на венцовом ряде необходимо установить по периметру стен горизонтальный арматурный пояс из стальных стержней диаметром 10 мм, минимум 4 шт. на один этаж.



Рис. 7.9. Технология строительства с применением блоков Durisol

Бетонная смесь для заливки внутренних полостей в кладке из блоков Durisol выполняет функцию статически прочного каркаса стены, несущего нагрузку здания. Бетон должен соответствовать ГОСТ 25192-82*, ГОСТ 7473-94. В зависимости от нагрузки на здание используются разные виды бетона — класса В15, В20, В25, В30. Класс бетона должен быть одинаковым для всего этажа.

Заливку блоков бетонной смесью эффективнее всего производить после установки 3—4 рядов. Высота заливки не должна превышать 100 см (4 ряда блоков). Используемая бетонная смесь должна иметь такую консистенцию, чтобы она могла проникать во все полости, образованные в каркасе стены.

Заливка полостей бетоном может производиться либо ручным ковшом (на небольших строительных объектах), либо краном или с помощью бетононасоса. Уплотнение бетона на малоэтажных объектах производится вручную или с помощью глубинного вибратора с вибрационной насадкой.

Оборудование, используемое при работе:

- ☐ ручная или механическая пила;
- ☐ ватерпас, отвес, деревянные клинья;
- ☐ ковш-лопата с длинными насадками, тачки или двухколесные тележки для бетона;

- ❑ строительный подъемник для подачи блоков или бетона (при ручных работах);
- ❑ бетононасос для заливки бетоном из контейнера (на более крупных строительных объектах);
- ❑ металлическая загрузочная воронка для блоков — используется при заполнении бетоном из контейнера;
- ❑ глубинный вибратор с насадкой диаметром не более 4 см (на более крупных строительных объектах).

Конструкция блоков с пенополистирольными вставками для наружных стен препятствует возникновению мостиков холода и создает высокую теплоизоляцию (до $3,5 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) бетонной массы внутри стены, которая аккумулирует тепло и отдает его обратно в помещение после отключения отопления. Обеспечивается снижение тепловых потерь и экономия потребления энергии. Обладая высокими теплосберегающими характеристиками, стена из блоков Durisol имеет небольшую толщину (макс. 375 мм), что увеличивает полезную площадь внутри помещения.

Структура материала стен обеспечивает высокую звукоизоляцию внутренних помещений здания (индекс изоляции воздушного шума составляет 50—60 дБ). Это свойство наряду со стойкостью материала к атмосферным воздействиям используется также для строительства шумозащитных конструкций вдоль автомагистралей и железных дорог.

Пористая структура и конструкция блоков обеспечивают естественную циркуляцию водяного пара через стены, устанавливается сбалансированное соотношение температуры и влажности воздуха.

В помещениях, построенных из блоков Durisol, создается здоровый и комфортный микроклимат.

Durisol — безопасный и технологичный строительный материал.

- ❑ Пожаробезопасный: блоки Durisol соответствуют требованиям пожарной безопасности, являясь слабогорючим (группа Г1), трудновоспламеняемым (группа В1) строительным материалом с малой дымообразующей способностью (группа Д1), нераспространяющий пламя (группа Р1), малоопасный по токсичности (группа Т1).
- ❑ Стойкий к образованию плесени и грибков: материал обладает высокощелочными характеристиками (уровень pH около 11—12), что, наряду со свойством материала не впитывать влагу, предотвращает рост плесени и развитие грибков.
- ❑ Стойкий к атмосферным воздействиям: материал является морозостойким и выдерживает резкие перепады температур (более 300 циклов), практически не впитывает влагу, что позволяет хранить блоки под открытым небом и производить строительные работы зимой (при температурах до -5°C , бетон с добавками).
- ❑ Функциональный: спектр конфигураций блоков (рядные, угловые, торцевые, универсальные) для перегородок, наружных и внутренних стен с различной несущей способностью дает возможность создавать разнообразные архитектурные формы и планировки зданий.

- Легкий в обработке: материал легко резать, гвоздить, сверлить и фрезеровать для прокладки в стенах каналов инженерных коммуникаций или придания необходимой архитектурной конфигурации. Пористая структура облегчает финишную отделку штукатурными составами.

Дом, построенный из блоков Durisol — прочный, удобный и долговечный.

Технология Геокар (Германия)

В России, на территории Института торфа, инженером Левит в 1927 г. был спроектирован и построен 2-квартирный жилой дом из плит марки "Wittorf" двух типов:

- "А" — конструкция квартиры имела стены в один кирпич и к ней закреплялась деревянная рама из брусков (4,5×4 см). Деревянная рама заполнялась торфоплитами, покрывалась металлической сеткой с наружной стороны и штукатурилась;
- "В" — конструкция квартиры имела слой торфяных плит, расположенных между стенками в 1/2 кирпича. Обе стенки скреплялись между собой и торфяными плитами проволокой $d = 5$ мм. Стены штукатурились с двух сторон.

В 1990-х годах на основании научных разработок и экономических требований снова вернулись к вопросу об использовании торфоплит в качестве не только теплоизоляционного, но и конструктивного материала. Были разработаны строительные блоки Геокар, обладающие следующими характеристиками:

- размеры блока — 510×250×88 мм (соответствует четырем обычным кирпичам), что позволяет ему хорошо сочетаться по размерам с полуторным кирпичом;
- масса блока — около 4 кг;
- теплопроводность — в зависимости от требований к продукции коэффициент теплопроводности может изменяться 0,047—0,08 Вт/м·°С. Показатель сопротивления теплоотдаче R составляет 3,4;
- прочность — предел прочности блоков при сжатии 8,1—12 кг/см², предел прочности блоков при изгибе 4,1—5,5 кг/см²;
- звукоизоляция — индекс звукоизоляции блоков при 1000 Гц составляет 53 дБ;
- поглощение посторонних примесей в воздухе — 1 кг торфа нейтрализует 50 г аммиака, поэтому блоки Геокар прекрасно избавляют от запахов в помещении;
- защита от радиации — Геокар в 5 раз ослабляет уровень радиации;
- долговечность — гарантированный срок эксплуатации блоков Геокар по экспертному заключению составляет 75 лет;
- экологическая безопасность — блоки Геокар на 100 % состоят из природных компонентов;
- пожарная безопасность — блоки Геокар на основании результатов проверки в ВНИИПО МВД РФ были отнесены к 4-й группе пожароопасности, что аналогично строительным материалам из древесины;

- ❑ удобство использования — Геокар легко режется, что создает широкую гамму архитектурных решений;
 - ❑ не подвергается гниению и порче грызунами.
- Спектр применения Геокара очень широк.
- ❑ Строительство хозблоков, погребов и хранилищ.
 - ❑ Дачные домики. Дачные дома не обладают высокими требованиями к теплоизоляции, поэтому стены толщиной в половину блока Геокар будут идеальным решением. Тепло, надежно, экономно.
 - ❑ Малоэтажное строительство. Заменяя часть кирпичной кладки на Геокар (рис. 7.10—7.12), вы значительно повысите теплоизоляционные свойства дома, при этом значительно сэкономив на строительных материалах и объеме работ.

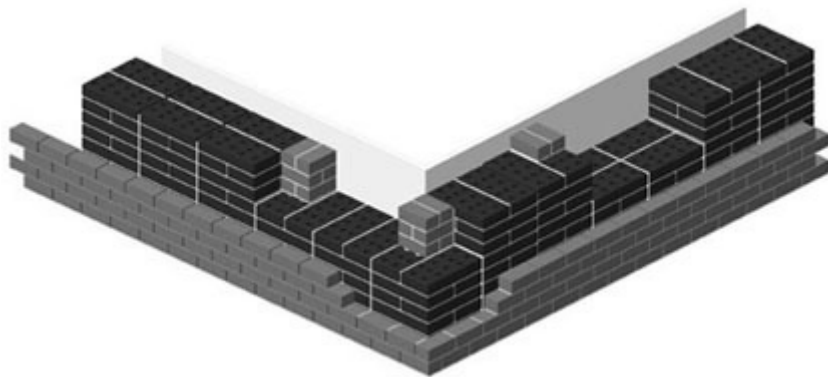


Рис. 7.10. Наружная ограждающая стена



Рис. 7.11. Пример укладки блоков насухо при строительстве зданий до 3 этажей

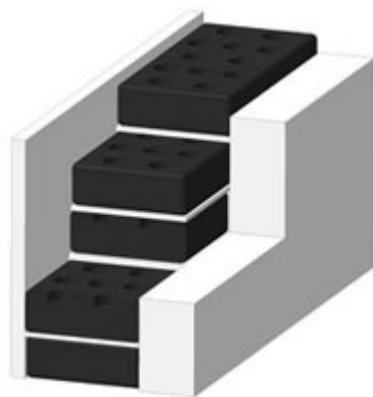


Рис. 7.12. Пример стены с блоками Геокар при строительстве зданий до 10 этажей с наружными слоями из армированного пескобетона

□ Возведение перегородок. В связи с тем, что Геокар прекрасно изолирует помещения (как теплоизоляционный и как звукоизоляционный материал), а также учитывая простоту и экономию возведения конструкций из него, возведение перегородок из Геокара (рис. 7.13 и 7.14) — разумный выбор для тех, кто предпочитает высокое качество по доступной цене.

□ Утепление.

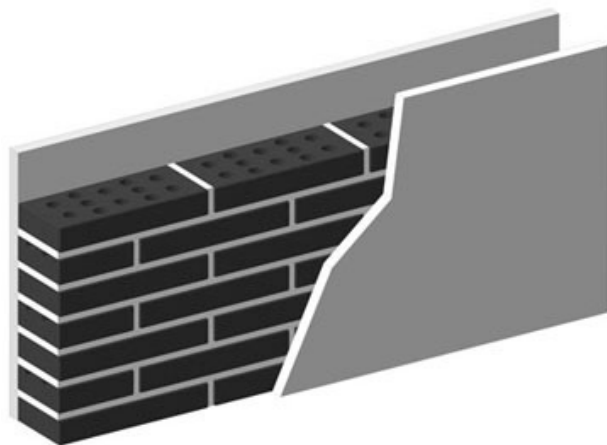


Рис. 7.13. Межквартирная перегородка

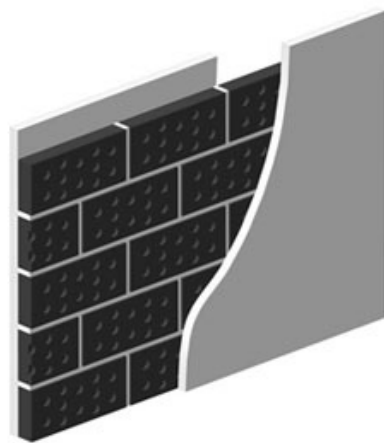


Рис. 7.14. Межкомнатная перегородка

Научное обоснование свойств Геокара. Торф — природный материал, который обладает хорошими теплоизоляционными свойствами. Его теплопроводность настолько низкая, что это давно было подмечено и применялось ранее. Антисептические свойства торфа подтверждаются многолетней практикой его использования. Начиная с древних времен, мореплаватели всегда брали с собой в длительные

странствия воду из болот, которая вследствие бактерицидных свойств торфа не портилась и оставалась долгое время пригодной для питья. Во времена Великой Отечественной войны при ранении солдаты использовали сфагновый мох, растущий на торфяных болотах, для перевязывания ран. При использовании мха отмечалось значительное сокращение нагноений ран, и заживали они гораздо быстрее.

Технология SIP (Канада)

Технология строительства с использованием SIP (Structural Insulated Panel) уже более полувека применяется в странах Северной Америки и Европы. Датой рождения технологии можно считать 1950 год, когда в США была предпринята первая экспериментальная попытка запрессовать между двумя листами толстой фанеры утеплитель, напоминающий пенополистирол. Последующие десятилетия конструкция панели многократно совершенствовалась. В итоге, самым оптимальным и получившим наибольшее распространение стал вариант панели из плит OSB-3 и пенополистирола ПСБ-25С. Такие конструкционные теплоизоляционные панели применяют для возведения стен, перекрытий, стропильной системы, а технологию стали называть *технологией SIP*.

Российский свод правил СП 31-105-2002 "Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом" разработан на основе Национальных норм по жилищному строительству Канады, поэтому в России технологию с применением SIP-панелей часто называют канадской технологией, а дома — канадскими домами.

Технология SIP — это вид панельно-каркасного строительства (рис. 7.15, 7.16). SIP-панели производят в заводских условиях методом прессования и раскаивают в соответствии с проектом на детали будущего дома. На стройплощадке происходит монтаж готовых панелей. Соединяют SIP-панели с помощью деревянного бруса и доски узлом "шип-паз". Таким образом формируется жесткий деревянный каркас, который способен нести нагрузку, передаваемую на стены, перекрытия и крышу здания. Но SIP-панели очень прочны и без каркаса с большим запасом выдержат и осевую сжимающую нагрузку от веса дома, и поперечную нагрузку от ураганных ветров или снега на крыше.

Соединение двух силовых систем — деревянного каркаса и SIP-панели — приводит к тому, что дома из SIP в несколько раз прочнее обычных каркасных. Прочность дома из SIP-панелей достигается без дополнительных затрат и является конструктивной особенностью технологии SIP.

SIP-панель — это замечательный конструктивный элемент, в котором утеплитель играет ключевую роль в обеспечении прочности всего элемента.

Плиты обшивки OSB-3 толщиной могут выдерживать большую продольную растягивающую нагрузку, а при продольном сжатии в силу своей гибкости гнутся даже под собственным весом, а в свободном состоянии всегда имеют начальный прогиб. О несущей способности пенополистирола в качестве материала стен говорить вообще не приходится. Но если эти два материала склеить в монолитную сэндвич-конструкцию, получится удивительно прочная SIP-панель!



Рис. 7.15. Фундамент для канадского дома устанавливается на винтовых сваях



Рис. 7.16. Сборка дома

SIP-панель представляет собой монолитную трехслойную конструкцию, состоящую из двух деревянных плит OSB-3 Glunz Agepan (Германия), между которыми под давлением вклеен слой пенополистирола Knauf Therm.

Часто SIP-панели соединяют между собой с помощью шпонок из OSB-3 или с помощью "сплайнов" (термовставок), нарезаемых из SIP меньшей толщины (рис. 7.17).

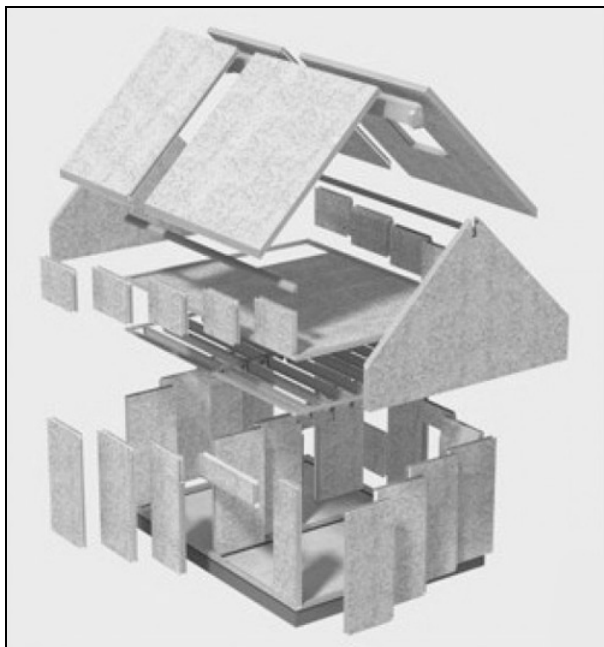


Рис. 7.17. Способ соединения SIP-панелей

Преимущества:

- ☐ теплозащита — дома из SIP-панелей теплее каркасных в 1,5 раза и во много раз теплее кирпичных, деревянных, газосиликатных и тому подобных домов;
- ☐ энергосбережение — экономия (в несколько раз!) на отоплении, на 30 % больше полезных квадратных метров;
- ☐ доступность — расходы на строительство минимальны;
- ☐ минимальные сроки строительства — коробка дома за 2—3 недели;
- ☐ дома из SIP не дают усадки, поэтому сразу после сборки можно начинать отделочные работы;
- ☐ малый вес;
- ☐ не нужен дорогой фундамент — винтовой фундамент устанавливается за 1 день;
- ☐ простота сборки, не нужна спецтехника;
- ☐ заводское изготовление панелей — панельная технология строительства минимизирует брак недобросовестных или неопытных строителей;
- ☐ строить можно круглый год;

- ☐ в доме из SIP комфортно и в стужу, и в жару;
- ☐ дом из SIP быстро прогревается и медленно остывает;
- ☐ не нужна мощная система отопления, не нужны кондиционеры;
- ☐ надежность и неприхотливость в обслуживании;
- ☐ дом из SIP чрезвычайно прочный;
- ☐ "зеленая технология" — защита окружающей среды.

Нетрудно заметить, что описание преимуществ технологии SIP во многом повторяет то, что обычно пишут про каркасное домостроение. Если не брать во внимание повышенную прочность, теплозащищенность и отсутствие в SIP проблем с утеплителем, то основное различие этих конструктивных схем можно сформулировать так: стены из панелей собираются быстрее и проще, чем каркасные стены. Применение SIP дает экономию труда 55 % по сравнению с традиционным каркасным строительством.

Сборка стен из SIP-панелей проста и доступна. Это связано с самой технологией сборки. Вертикальная стыковочная и горизонтальная направляющая доска "заставляют" следующую панель встать точно на место. Уровень нужен только для того, чтобы при установке очередной панели удостовериться в ее точности.

Качество каркасного дома очень сильно зависит от квалификации и добросовестности строителей. Технология SIP, как любая панельная технология, снижает влияние человеческого фактора.

Как и любая панельная технология строительства, технология SIP удобна для промышленного производства готовых комплектов домов. Сборка коробки дома из готовых элементов (модулей) у подготовленных людей занимает мало времени. При наличии опыта хорошо проработанный заводской комплект реально собрать за несколько дней.

Инновационная строительная система Термокаркас

Строительство каркасных домов является одной из наиболее перспективных технологий малоэтажного строительства. Каркасные дома давно получили признание в Канаде, Скандинавии, Германии и других Европейских странах и приобретают все большую популярность в России.

Термокаркасные строительные панели (рис. 7.18) — инновационный продукт, специально разработанный для реализации малоэтажных проектов.

С помощью этой технологии строительство загородных домов протекает очень быстро. При наличии элементарных навыков рабочих можно построить загородный дом, площадью 120 м², за 8—10 дней. Разумно упростить и ускорить строительный процесс позволяют отличительные характеристики строительных панелей.

Термокаркасная строительная панель представляет собой цельную конструкцию из металлодеревянного каркаса с пенополистирольным заполнением. Торцы панелей обрамляются тонколистовым оцинкованным профилем (швеллером или уголками). В результате получается прочная модульная строительная панель, выпол-

няющая одновременно несущую, ограждающую и теплозащитную функции. Такие панели формируют теплоизоляционный контур здания: стены, перекрытия, крыша. Открытый каркас панелей позволяет применять любые облицовочные материалы как для внутренней, так и для внешней отделки каркасного дома.

В отличие от сэндвич-панелей термокаркасные строительные панели монтируются с открытым каркасом без облицовки. Это значительно упрощает монтаж теплового контура каркасного дома и позволяет вести дальнейшие работы по инженерному обустройству и чистовой отделке непосредственно под крышей готового загородного дома.

Основные особенности термокаркасных панелей, определившие их преимущество перед другими конструкциями:

- ☐ доступная цена;
- ☐ простота и доступность технологии строительства домов и помещений любого профиля (загородный дом, магазин, склад и т. д.);
- ☐ отличные показатели по теплозащите, влагостойкости, морозостойкости и прочности;
- ☐ возможность ведения работ в зимний период;
- ☐ высокие эксплуатационные показатели каркасных загородных домов;
- ☐ высокие показатели энергосбережения каркасного дома;
- ☐ высокая экологичность каркасного дома;
- ☐ использование средств малой механизации.



Рис. 7.18. Строительная система Термокаркас

В системе Термокаркас соединены две технологии: панельного и каркасного домостроения.

В деревянный каркас устанавливается пенополистирольный изолирующий блок — получается панель, которая используется не только в качестве стен, но также межэтажных перекрытий и мансардных крыш. Такие панели выдерживают вертикальную нагрузку до 8 тонн, что значительно расширяет область их применения. Кроме того, они весьма устойчивы к влиянию внешних разрушителей (сейсмо, вода, ветер), а обшитая металлической сеткой (сечением 20×20 мм) по цоколю панель становится не доступной и для грызунов.

Одно из важных преимуществ рассматриваемой каркасной панели — низкая теплопроводность. Панель толщиной 150 мм пригодна для эксплуатации в районах Крайнего Севера. По результатам теплотехнических испытаний такая панель по теплопроводности сравнима с 0,25 м минеральной ваты, 0,9 м деревянного бруса, 1,8 м газобетона или 2,4 м кирпичной стены. Дом из таких панелей работает по принципу термоса: сохраняет заданную температуру.

Строительные панели обладают небольшим весом, что значительно упрощает их транспортировку и монтаж. А значит, позволяет экономить на затратах на спецтехнику и рабочую силу. Технология изначально разрабатывалась как доступный конструктор для застройщиков. Комплект таких панелей отгружается на объект по составленной спецификации по проекту, и непосредственно на месте монтируется сам дом. А так как термокаркасная панель легка в применении, без использования спецтехники, дом небольшой бригадой из трех специалистов монтируется "под отделку" за 10 дней.

Система утепления фасада Capatect

Системы утепления фасадов Capatect — многослойная система теплоизоляции фасадов (рис. 7.19), это фирменная разновидность "легкого" метода утепления наружных стен зданий. В качестве изоляционного слоя в системе утепления фасадов Capatect используются плиты из минеральной ваты (Paroc Fas 4) или (Paroc Fas 3) или пенополистироловые плиты. Фасадным слоем системы утепления фасадов является тонкослойная фактурная штукатурка — белая или окрашенная. Многообразие декоративной финишной отделки дает широкий выбор для оформления внешнего облика фасада после утепления.

Преимущества системы утепления фасада Capatect:

- ☐ обеспечивает надежную теплозащиту здания, снижая затраты на отопление;
- ☐ перемещая "точку росы" из ограждающей конструкции в утеплитель, уменьшает разрушительное воздействие влаги на конструкцию, а также исключает образование плесени;
- ☐ создает комфортные условия проживания внутри здания, обеспечивая стабильную температуру внутренней поверхности стены (как при очень низкой, так и при высокой температуре наружного воздуха);
- ☐ обеспечивает эффективную звукоизоляцию;

- позволяет существенно уменьшить толщину наружных стен строящихся зданий, снижая затраты на строительство и увеличивая внутреннюю площадь помещений;
- создавая сплошное покрытие, дает возможность качественно нового оформления фасадов зданий (особенно панельных).

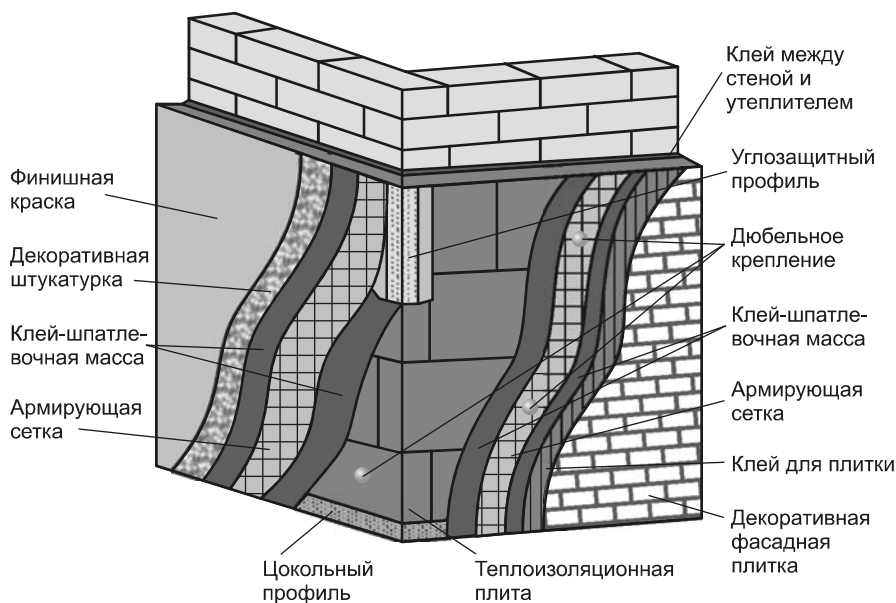


Рис. 7.19. Система утепления фасадов Capatect

Утепление дома эковатой

Эковата (Эковилла, Термекс — Ecovilla, Termex) — это органический теплоизоляционный материал для утепления дома (рис. 7.20). Эковата не требует пароизоляции, т. к. поддерживает естественный баланс влаги и тепла. Эковата является экологически чистым продуктом, экономичным, долговечным, огнестойким, ее можно применять вне зависимости от того, какое устройство фундамента или стен у дома. Именно поэтому строительство под ключ часто выполняется с использованием данного материала.



Рис. 7.20. Пример напыления эковаты

Преимущества:

- ❑ экологически чистый материал — не содержит вредных для здоровья веществ;
- ❑ обладает высокой теплоизолирующей и звукоизолирующей способностью — 50 мм напыленной эковаты по теплопроводности эквивалентны 1,5 кирпича;
- ❑ негорючий материал (сертификат Г1);
- ❑ благодаря содержащимся антисептикам, в эковате не заводятся грызуны, насекомые или грибки;
- ❑ бесшовный слой (уменьшает потерю тепла примерно на 40 % в сравнении с любой правильно уложенной теплоизоляцией из рулонного материала).

Утепление дома пенополиуретаном (ППУ)

Пенополиуретан — технологичный, качественный, уникальный по своим характеристикам теплоизоляционный материал. Он идеально подходит для утепления и ремонта фасадов зданий с недостаточной теплоизоляцией (рис. 7.21).



Рис. 7.21. Утепление деревянных конструкций

Принцип действия: два жидких компонента независимо друг от друга подаются в распылитель, где под воздействием сжатого воздуха перемешиваются между собой и в виде мелких капель распыляются на поверхность, подлежащую утеплению. Попав на заданное основание, пенополиуретан вспенивается и твердеет в течение нескольких секунд. Толщина напыляемого слоя не ограничена.

Метод теплоизоляции строительных конструкций по технологии напыления пенополиуретана в сравнении с другими традиционными теплоизоляционными технологиями имеет ряд неоспоримых преимуществ.

- ❑ Нанесение бесшовной теплоизоляции, благодаря чему теплоизоляционные свойства наносимого покрытия равномерны по всей поверхности, что препятствует выпадению конденсата на стыках.
- ❑ Адгезия к основанию по всей поверхности, в результате чего нет технологической необходимости в крепеже, следствием чего является полное отсутствие так называемых "мостиков холода".

- ❑ Пенополиуретан устойчив к воздействию влаги, в то время как большинство других утеплителей, таких как минеральная вата, пенобетон, эковата, под воздействием влаги теряют свои теплоизоляционные свойства, без возможности их восстановления, деформируются и разрушаются.
- ❑ Устойчивость к воздействию микроорганизмов (плесень, грибок).
- ❑ Хорошие звукопоглощающие и звукоизолирующие свойства.
- ❑ Малый вес необходимой теплоизоляции позволяет без проведения каких-либо расчетов по дополнительной нагрузке на фундамент проводить теплоизоляционные работы, с другими материалами расчет дополнительных нагрузок обязателен.
- ❑ Пенополиуретан абсолютно экологичен.
- ❑ Благодаря высокой технологичности и производительности используемого оборудования количество персонала и человеко-часов сведены к минимуму, поэтому для утепления методом напыления пенополиуретана характерна низкая стоимость выполнения работ.
- ❑ Большой срок эксплуатации (более 30 лет), при отсутствии воздействия ультрафиолета и механических повреждений более 50 лет. Эффективный срок эксплуатации минваты в 10 раз меньше (как показывает практика 5 лет, далее вследствие нарушения герметичности теплоизоляционного "пирога" минвата пропитывается влагой).
- ❑ Низкая стоимость доставки материала и отсутствие необходимости хранения материала на стройплощадке.

Современные технологии монолитного домостроения

Система Velox (Австрия)

Несъемная опалубка Velox (Велокс) изготавливается из щепоцементных плит и именно их свойства определяют качественные характеристики дома (рис. 7.22). Плиты экологически чистые, производятся методом прессования из минерализованной древесной щепы (95 %) и цемента, с добавлением сульфата алюминия (катализатор) и жидкого стекла (минерализатор, атисептик, связующее). Размеры 2000×500×35 мм.

Все свойства древесины по тепло- и звукоизоляции в щепоцементных плитах Velox сохранены полностью. Утеплитель монтируется с наружной плитой, стена дома получается сразу "теплой" и не требует дополнительного утепления (рис. 7.23). За счет минерализации древесные щепоцементные плиты Velox не горят, не гниют, не подвержены процессам старения. Структура материала несъемной опалубки обеспечивает хороший воздушный обмен, стены "дышат", и в монолитных домах Velox создается комфортный микроклимат деревянного дома.



Рис. 7.22. Несъемная опалубка Velox (Велокс)

Для повышения прочности
можно добавить ребро

Первый слой опалубки
стены следующего этажа

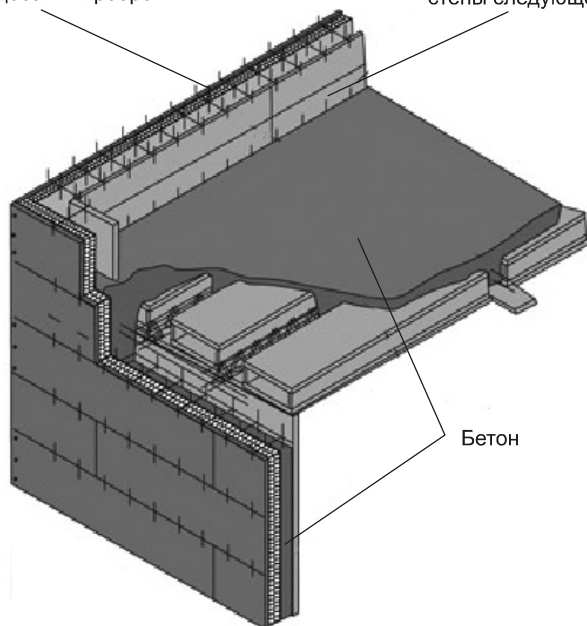


Рис. 7.23. Бетонирование конструкций Velox (Велокс)

Строительная система Velox — технология монолитного строительства в несъемной опалубке из щепоцементных плит запатентована в 1956 году в Австрии. За полвека технология получила широкое распространение и признана специалистами более 40 стран. Полностью соответствует требованиям современных стандартов по энергоэффективности и экологической устойчивости.

Показатели технологии:

- ❑ снижение себестоимости строительства до 50 %;
- ❑ сокращение сроков возведения объектов в 2,5 раза;
- ❑ экономия тепла при эксплуатации 40 %;
- ❑ срок службы домов более 100 лет.

Область применения несъемной опалубки Velox — новое строительство: коттеджи, дачи, особняки, малоэтажные дома, высотные здания, административные и общественные здания, социально-бытовые объекты, промышленные объекты, объекты сельскохозяйственного назначения, автозаправочные станции, шумозащитные экраны для автострад, перегородки.

Система Фортмастер (Италия)

Несущие конструкции системы несъемной опалубки Фортмастер представляют собой сплошную монолитную железобетонную пространственную структуру (далее — структура), состоящую из перекрестных продольных и поперечных стен, ребристых монолитных перекрытий и обвязочных горизонтальных рам, соединяющих стены и перекрытия.

Все несущие и самонесущие элементы структуры возводят в несъемной опалубке из жесткого пенополистирола (далее — ППС).

Несъемная опалубка состоит из опалубочных элементов стен и перекрытий заводского изготовления, выполняющих также функции теплозвукоизоляции и основания для отделки или облицовки ограждающих конструкций.

Для опалубки стен и перегородок используют элементы размерами 1500×300×250 мм и 1500×375×250 мм, изготавливаемые в двух вариантах:

- ❑ составные элементы заводского изготовления собирают на строительной площадке из двух пенополистирольных пластин размерами 1500×75×250 мм при общей толщине стены 300 мм, 1500×100×250 мм и 1500×75×250 мм при общей толщине стены 325 мм или 1500×150×250 мм и 1500×75×250 мм при общей толщине стены 375 мм и соединительной детали (перемычки) из ударопрочного полистирола (далее УПП);
- ❑ элементы заводской готовности, изготавливаемые полностью из пенополистирола.

Для возведения стен также применяют следующие элементы из пенополистирола: элемент угловой разборный, элемент поворотный, элемент-корректор и элемент надпроемный.

В составных элементах наружных стен внешние пластины могут быть толщиной 75, 100 или 150 мм, а внутренние пластины — 75 мм, так же как во внутренних стенах.

Толщину железобетонного слоя стены, как правило, принимают равной 150 мм. При применении составных элементов возможно увеличение слоя за счет удлинения перемычек из УПП.

Для возведения перекрытий и покрытий предусмотрено применение элемента опоры перекрытия и элемента многопустотного перекрытия.

Многопустотные опалубочные элементы имеют размеры поперечного сечения 600×192 мм (высота) и длину до 350 мм.

После установки опалубочных элементов стен и перекрытий в проектное положение, а также установки технологической оснастки проводятся работы по их армированию и последующему бетонированию. Для обеспечения прочности и жесткости здания в поперечном направлении (перпендикулярно направлению основных несущих ребер перекрытия) в системе несъемной опалубки предусмотрено устройство промежуточных (поперечных) балок жесткости, образующих сетку из продольных и поперечных ребер.

После завершения работ по бетонированию стен, перекрытий и покрытий образуется структура, состоящая из перекрестных железобетонных конструкций, которая в сочетании с лестничными клетками, лифтовыми шахтами и другими элементами жесткости обеспечивает пространственную жесткость всей системы несъемной опалубки.

Для защиты наружной поверхности опалубки наружных стен используют два способа. Первый способ предусматривает применение цементно-песчаного штукатурного слоя толщиной не менее 25 мм по одному ряду стальной оцинкованной сетки (далее — сетка) и 40 мм по откосам оконных проемов по двум рядам сеток. Сетки крепят к стене на стальных стержнях, замоноличенных или засверленных в бетон. Количество стержней определяют расчетом, но не менее одного на 500 мм. Нахлест сеток второго ряда в пределах оконных откосов с основной одинарной сеткой наружной стены должен составлять не менее 100 мм.

Второй способ отделки основан на использовании технологий, применяемых в фасадных системах теплоизоляции с применением плитного пенополистирола. Этот способ отделки предусматривает нанесение многослойных декоративно-защитных штукатурных слоев толщиной 6—9 мм на минеральной или полимерной основе на предварительно наклеенную на пенополистирол щелочестойкую стеклосетку. Эта технология предусматривает устройство наружного и внутреннего обрамления из негорючих минераловатных плит шириной не менее 150 мм и толщиной, равной толщине пенополистирола, по всему периметру оконных и дверных проемов, а также сплошных противопожарных рассечек по всему периметру фасадов здания в уровне верхних горизонтальных откосов оконных проемов.

При применении цементно-песчаной штукатурки крепление стальных сеток к поверхности опалубочных элементов осуществляют с помощью стальных анкеров (далее — анкера) диаметром 4 мм, замоноличенных в бетон стен или перекрытий при их возведении. Анкеры устанавливают с шагом 250—300 мм в шахматном порядке.

При установке первого ряда сеток их крепят к поверхности пенополистирола путем загибания анкеров с шагом 500—600 мм (через один ранее установленный). После нанесения первого слоя штукатурки толщиной 12—15 мм устанавливают второй ряд сеток, который закрепляют в проектном положении оставшимися анкерами с шагом 500—600 мм.

При использовании ГКЛЮ для отделки внутренних поверхностей стен и потолочных поверхностей перекрытий их крепление к поверхности опалубочных элементов осуществляют самонарезающими шурупами на каркасе из стальных оцинкованных полос толщиной 0,6—1 мм и шириной 50—70 мм. Стальные полосы каркаса устанавливают на поверхности опалубочного элемента с шагом 400 мм и закрепляют на нем стальными анкерами диаметром 4 мм и стальными стопорными шайбами. Стальные анкера устанавливают на поверхности опалубочного элемента с шагом 400 мм и замоноличивают при бетонировании.

В углах сопряжения перекрытий и стен устанавливают уголки, из тонколистовой оцинкованной стали сечением 75×75×(0,6—1,0) мм, закрепляемые к бетонному ядру стены, к которому, в свою очередь, крепят ГКЛЮ стен и потолка.

Особенности возведения зданий с применением системы несъемной опалубки

I. Этап. Возведение здания до отметки 0.00

К установке элементов опалубки стен подвального этажа приступают после набора бетоном монолитного пояса прочности не менее 70 % проектной.

Работы выполняют в определенной последовательности:

- ☐ Вынос осей и геодезическая подготовка.
- ☐ Установка элементов опалубки стен и временное закрепление стен подкосами.
- ☐ Установка вертикального несущего арматурного каркаса (согласно проекту) в опалубку.
- ☐ Установка горизонтальных стяжных элементов.
- ☐ Установка элементов проемообразователей и проектное закрепление их подкосами.
- ☐ Выверка опалубки и оформление акта приемки.
- ☐ Укладка бетона в конструкцию опалубки.
- ☐ Выдержка бетона до набора 30 % проектной прочности, но не менее 1,5 МПа.
- ☐ Укладка опалубочных элементов перекрытий.
- ☐ Установка строительных лесов под перекрытием.
- ☐ Установка арматурных каркасов монолитного пояса.
- ☐ Укладка арматурных каркасов между опалубочными элементами перекрытия.
- ☐ Укладка арматурной сетки поверху опалубочных элементов.

- ☐ Укладка бетона в конструкцию перекрытия.
- ☐ Выдержка бетона до достижения прочности 70 % проектной.
- ☐ Геодезическая съемка и выверка геометрических размеров здания на отметке 0.00.
- ☐ Оформление акта приемки.

II. Этап. Возведение первого этажа здания

После выноса осей здания на рабочий горизонт первого этажа производят их закрепление путем укладки направляющих швеллеров из оцинкованной листовой стали, на которые после геодезической выверки и закрепления в проектном положении устанавливают внутреннюю часть опалубки.

Установку опалубки стен системы начинают с углов, определяющих конфигурацию здания в плане. Дальнейший монтаж опалубки стен производят последовательно с одновременной установкой вертикальных несущих арматурных каркасов.

После установки стяжных элементов между секциями опалубки и закрепления элементов проемообразователей производят выверку положения углов и вертикальность опалубки.

Составляют акт приемки конструкции опалубки, устраивают средства подмащивания поверху внутренней части опалубки и устанавливают направляющий швеллер из листовой оцинкованной стали. Производят укладку бетонной смеси и лабораторный контроль качества бетона.

Бетон выдерживают до набора 70 % проектной прочности, затем на строительные леса укладывают опалубочные элементы перекрытий.

После выполнения всех операций устанавливают арматурный каркас монолитного пояса и укладывают несущий арматурный каркас между опалубочными элементами перекрытия, составляют акт приемки и производят укладку бетона.

III. Этап. Возведение второго и последующих этажей здания

Возведение второго и последующих этажей здания производят в последовательности, аналогичной возведению первого этажа.

Технологическую последовательность установки элементов стен, их временное закрепление, последовательность и точность выполнения работ устанавливают в проекте производства работ, выполненного специализированной организацией.

Работы по бетонированию конструкций на вышележащих этажах начинают после достижения бетоном нижележащих конструкций 30 % проектной прочности, но не менее 1,5 МПа. При этом поддерживающие элементы временного крепления (стойки, прогоны, подкосы и т. д.) должны быть сохранены.

При наличии второго комплекта технологической оснастки устанавливают опалубочные элементы перекрытия последующего этажа. При этом опорные стойки располагают одну над другой. Бетонирование перекрытия производят при достижении бетоном 50 % проектной прочности конструкции нижележащего этажа.

Преимущества технологии строительства Фортмастер

Эта технология имеет ряд принципиальных отличий от существующих ныне и традиционно применяемых в строительстве технологий:

- ❑ минимальные сроки монтажа;
- ❑ круглогодичный цикл строительства;
- ❑ простота и технологичность монтажа;
- ❑ экономичность зданий в эксплуатации;
- ❑ минимизация себестоимости строительства;
- ❑ простота применения системы несъемной опалубки предотвращает возможность ошибок и брака в процессе возведения домов;
- ❑ максимальное сокращение сроков строительства обеспечивается самой технологией: для коттеджа 240 м² монтаж стены из пенополистирольных блоков, армирование и заливка бетоном производится за три недели бригадой из 6 человек;
- ❑ технология позволяет легко обучить профессиональных и не владеющих высокой квалификацией строителей;
- ❑ в стенах дома из несъемной опалубки не может быть раковин и воздушного пространства, т. к. бетон при заливке вибрируют;
- ❑ пенополистирольная опалубка обеспечивает отличный температурный и влажностный режим для застывания;
- ❑ технология не требует применения тяжелой строительной техники;
- ❑ позволяет возводить здания в сейсмоопасных районах и на "тяжелых" грунтах;
- ❑ благодаря легкости конструкции длина потолочного перекрытия составляет 7,5 м, сейчас разрабатывается перекрытие длиной 9 м, что позволяет свести к минимуму количество внутренних несущих стен и делает возможной практически любую планировку;
- ❑ пожаробезопасность зданий обеспечивается самозатухающими свойствами пенополистирола: время горения при 300 °С — 1 секунда, кроме того, при плавлении пенополистирол выделяет не больше горючих веществ, чем древесина;
- ❑ материал не имеет ограничения срока годности, т. к. стоек к биологическому разрушению и большинству химических реагентов;
- ❑ экологичность материала подтверждена Санитарно-эпидемиологической службой России;
- ❑ пенополистирол не может служить питательной средой для микроорганизмов, даже бактерии почвы не наносят материалу никакого ущерба; мелкие грызуны, термиты, прочие насекомые равнодушны к материалам, из которых изготавливают блоки.

На сегодняшний день на рынке представлено много производителей домостроительных систем на основе пенополистирольной опалубки, таких как: СОПОС (Союзполимерстрой), Изодом-2000 (Изодом), Мосстрой-31, Пластбау, Теплый дом, ARXX (Канстрой). Технология Фортмастер аналогична представленным строительным технологиям и отличается более высокими прочностными, тепло- и зву-

коизоляционными характеристиками, что позволяет при строительстве увеличить подачу бетона до 15 м^3 в час.

В основе технологии Фортмастер используются элементы несъемной опалубки из вспененного пенополистирола. Элементы несъемной опалубки, выполненные из твердого самозатухающего пенополистирола в форме пустотелых блоков, армированные и заполненные бетоном, представляют собой универсальную систему для возведения стен объектов любого типа высотой до 75 м.

Специальная конструкция замков позволяет быстро и точно соединить блоки. Низкая плотность пенополистирола предотвращает нарушение теплопроводности и усадку блоков на стадии монтажа, также в процессе эксплуатации. Смонтированная из таких блоков полая стена заливается бетоном. Таким образом, в ходе одной технологической операции сооружается монолитная бетонная стена, обрамленная с внутренней и наружной стороны теплоизоляционной оболочкой из пенополистирола.

По теплозащите, звукоизоляции, комфортности, простоте, скорости и стоимости строительства, прочности и долговечности зданий систему Фортмастер можно назвать высокой технологией в области строительства. Два слоя пенополистирола в 7,5 см имеют такую же теплопроводность, как и кирпичная стена, толщиной 2,5 м.

Технология PLASTBAU (Германия)

Технология PLASTBAU очень гибкая, пластичная, обеспечивает разнообразные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений различной этажности. Монтаж системы несъемной опалубки быстр и прост в исполнении. Технология монтажа не требует применения специальных инструментов и подъемно-транспортных механизмов.

Наличие внутреннего арматурного каркаса в опалубке несущих стен и перегородок позволяет снизить объем арматурных работ на строительной площадке. Конструкция опалубки перекрытий позволяет создавать высокоэффективные железобетонные ребристые перекрытия пролетом до 9 м без дополнительных опор. Основные преимущества технологии PLASTBAU характеризуются снижением трудовых затрат и расхода основных строительных материалов — бетона и арматуры. По сравнению с традиционным монолитным строительством расход арматуры сокращается на 25—30 %, а бетона — на 35—40 %. Сроки строительства сокращаются в 1,5—2 раза.

Малый вес зданий, построенных по этой технологии, позволяет уменьшить размеры фундаментов, а также использовать существующие фундаменты реконструируемых зданий при их надстройке.

Элементы конструкции (рис. 7.24) произведены с высокой точностью, что способствует, отсутствию строительного мусора и улучшению экологического состояния стройплощадки. Отличные теплоизоляционные свойства опалубки позволяют выполнять бетонирование при отрицательных температурах без подогрева бетона.



Рис. 7.24. Конструктивные элементы системы PLASTBAU:

- 1 — опалубка для несущих наружных и внутренних стен (пенополистирольные плиты со стальным арматурным каркасом);
- 2 — пенополистирольная панель-опалубка для межэтажных перекрытий и крыш;
- 3 — пенополистирольная панель перегородки

Дома, возведенные по технологии PLASTBAU, являются капитальными сооружениями со сроком эксплуатации 100 лет и более. Экономия затрат на отопление при эксплуатации зданий из конструктива PLASTBAU в сравнении с кирпичными домами, без дополнительного утепления достигает 40—50 %!

Система PLASTBAU предназначена для строительства зданий и сооружений различного назначения, повышенного, нормального и пониженного уровня сложности, в том числе жилых.

По условиям эксплуатации:

- ☐ строительство в сейсмических районах с расчетной сейсмичностью 9 баллов;
- ☐ допускаемая нормативная временная равномерно распределенная нагрузка на перекрытие, кПа (кгс/м²) — 4,0 (400);
- ☐ допускаемая относительная влажность воздуха основных и вспомогательных помещений — до 60 % — для объектов повышенного и нормального уровня ответственности и 75 % — для объектов пониженного уровня ответственности;
- ☐ внутренняя среда — неагрессивная;
- ☐ индекс изоляции воздушного шума, дБ:
- ☐ для внутренних стен и перегородок — 50;

- ☐ для перекрытий — 50;
- ☐ индекс приведенного уровня ударного шума для перекрытий — 67 дБа.

По условиям пожарной безопасности: система может применяться для строительства, реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений различного назначения повышенного, нормального и пониженного уровней ответственности, в том числе жилых домов, высотой до 75 м.

В соответствии со СНиП 21-01-97*:

- ☐ предел огнестойкости перекрытий, не менее — REI 120;
- ☐ предел огнестойкости стен, не менее — REI 180;
- ☐ класс пожарной опасности перекрытий и стен со стороны помещений — КО (45) и соответствует классу конструктивной пожарной опасности зданий Со.

По габаритам основных помещений:

- ☐ максимальная высота помещений от пола до пола — 4,2 м;
- ☐ максимальное расстояние между вертикальными несущими конструкциями — 9,0 м.

Технология ABS бетонирования в несъемной опалубке

Пенополистирольная опалубка ABS из мелкоштучных теплоизолирующих элементов — образец новейших энергосберегающих технологий возведения стен. Эта технология позволяет возводить монолитные бетонные стены, одновременно с двойной тепло- и звукоизоляцией из блоков-модулей, которые легко собираются на строительной площадке. Такая опалубка нашла достаточно широкое применение в Канаде, на севере США и в Европе. По данной технологии можно возводить здания до 16 этажей.

Области применения пенополистирольной плиты:

- ☐ внутренняя и наружная теплоизоляция стен зданий любого типа; теплоизоляция плоских крыш;
- ☐ теплоизоляция наклонных кровель (жилье и сельскохозяйственные помещения);
- ☐ изоляция железобетонных конструкций у поверхности земли и ниже (цокольные этажи и подвалы);
- ☐ теплоизоляция полов;
- ☐ изоляция бассейнов, искусственных катков и других сооружений;
- ☐ изоляция промышленных холодильных камер.

Типоразмеры теплоизоляционной опалубки ABS:

- ☐ стандартный элемент (рис. 7.25): длина — 1200 мм, ширина — 280 мм, высота — 400 мм, толщина внутренней и наружной стен блока — 63,5 мм;
- ☐ левый и правый угловые элементы под 90 градусов (рис. 7.26): длина 670 мм + 370 мм, ширина — 280 мм, высота — 400 мм, толщина внутренней и наружной стен блока — 63,5 мм;

- левый и правый угловые элементы под 135 градусов (рис. 7.27): длина — 560 мм + 260 мм, ширина — 280 мм, высота — 400 мм, толщина внутренней и наружной стен блока — 63,5 мм.



Рис. 7.25. Стандартный элемент

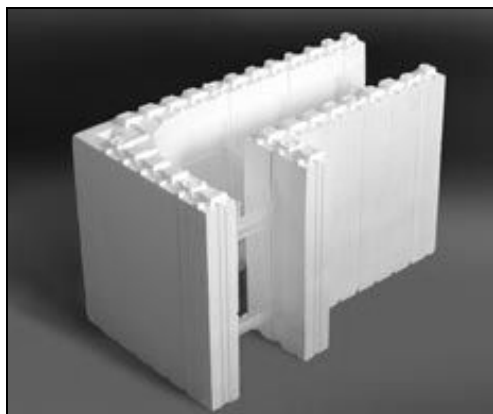


Рис. 7.26. Левый и правый угловые элементы под 90 градусов

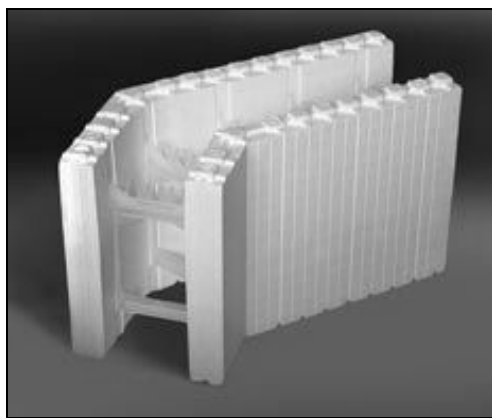
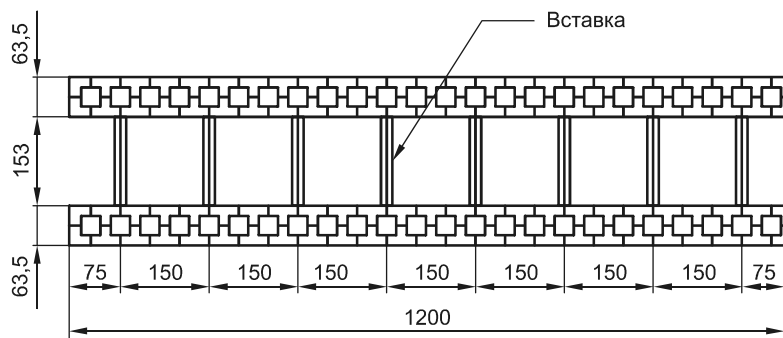


Рис. 7.27. Левый и правый угловые элементы под 135 градусов

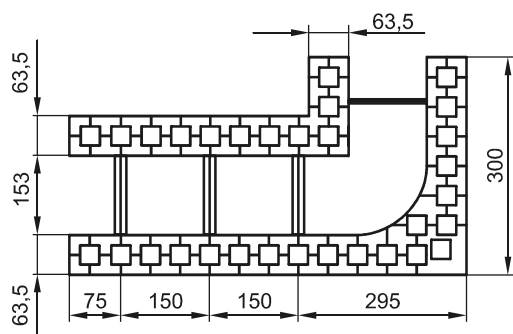
Себестоимость строительства с применением несъемной опалубки уменьшается, как минимум, в 1,5—2 раза по сравнению с традиционными методами.

При использовании традиционных материалов строительство дома растягивается на годы. Если же вы строите с применением несъемной опалубки, та же площадь стены возводится примерно в 10 раз быстрее!

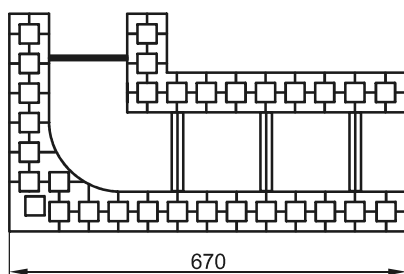
Специальная конструкция замков позволяет быстро и точно соединять блоки, подобно сборке кубиков в популярной детской игре "ЛЕГО", и препятствует вытеканию бетона (рис. 7.28 и 7.29).



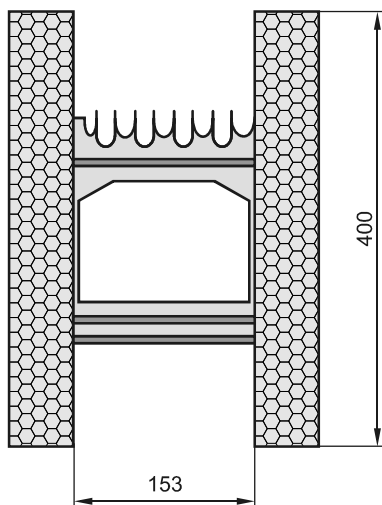
Прямой блок в плане



Блок угловой 90° (левый) в плане



Блок угловой 90° (правый) в плане



Поперечное сечение блока

Рис. 7.28. Общий план

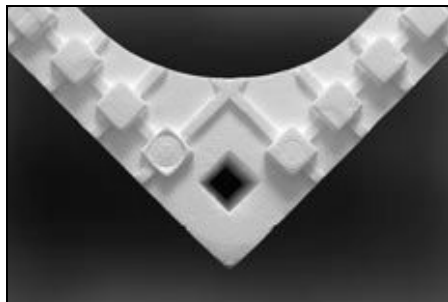


Рис. 7.29. Угловой элемент

Нет особых квалификационных требований к бригаде строителей. Поэтому затраты на оплату труда строителей примерно в 3—4 раза меньше, чем при возведении стен из кирпича. Стоимость 1 м² стены в 1,5—2 раза ниже стоимости стены из кирпича, аналогичной по теплосбережению.

Малый вес несъемной опалубки позволяет обходиться на стройке без грузоподъемных механизмов большой мощности.

Структура пенополистирола обеспечивает его уникальные теплоизоляционные свойства (при средней плотности — 20 кг/м³ и теплопроводности — 0,03 Вт/м·К), стена имеет сопротивление теплопередаче > 3,5 м²·К/Вт.

Особые теплоизоляционные характеристики пенополистирола позволяют уменьшить расходы на отопление зимой в 3—4 раза по сравнению с кирпичными и деревянными домами и в 8 раз по сравнению с домами из железобетона.

С применением несъемной опалубки возможно вести строительство круглый год практически во всех климатических зонах России. Высокие теплоизоляционные свойства блоков позволяют выполнять работы по бетонированию при минусовых температурах, что уменьшает сроки строительства в различных климатических условиях.

Жесткая каркасная силовая конструкция домов, построенных из пенополистирольных блоков, при их малом весе обеспечивает надежные антисейсмические свойства объектам, построенным по данной технологии, сводят на нет риск обрушивания конструкций, что проверено на практике строительства в сейсмоактивных регионах.

Технология ИЗОДОМ (Россия)

Технология быстрого возведения стен из монолитного железобетона с помощью несъемной опалубки из специального твердого самозатухающего пенополистирола получила название *ИЗОДОМ*.

Блоки ИЗОДОМ представляют собой две пластины из специального строительного пенополистирола, соединенные перемычками из того же материала или ПВХ. Блоки практически невесомы и их легко поднимает ребенок. Они имеют полости, которые в процессе строительства армируются и заполняются бетоном. Верхняя и нижняя плоскости элементов системы ИЗОДОМ снабжены специальными замка-

ми сложной формы, подобно сборке кубиков в популярной детской игре "ЛЕГО". Их конструкция позволяет отказаться от применения временных подпорных элементов и идеально выдерживает геометрические размеры стен, обеспечивая герметичность соединений и блокируя вытекание бетона. На внутренних поверхностях все блоки имеют пазы в форме "ласточкин хвост", что обеспечивает надежность сцепления бетона со стенками блока. Можно разрезать блоки ручной пилой по размерам, соответствующим проекту. Оставшаяся часть блока так же идет в дело, что позволяет отнести технологию ИЗОДОМ в разряд безотходных.

Опалубка одновременно является идеально ровной поверхностью, готовой под отделку любыми материалами. Отделка крепится либо клеевым соединением с полистиролом, либо механическим креплением в тело бетона.

Таким образом, в ходе одной технологической операции возводится монолитная железобетонная стена, имеющая с внутренней и наружной сторон тепло- и звукоизоляционную оболочку, которая полностью исключает образование "мостиков холода". Наружный слой утеплителя ограждает и защищает монолитную конструкцию от воздействия внешних факторов окружающей среды, в частности от промерзания, а внутренний слой служит барьером по теплообмену между нагретым воздухом и стенами. Вы сразу получаете теплый и очень прочный дом за удивительно короткий срок. Ассортимент блоков позволяет подобрать модули с толщиной наружного утепления, соответствующей климатической зоне застройки.

По своей структуре пенополистирол схож со структурой природного материала, как кора пробкового дерева, он состоит из микрогранул. Внешне пенополистирол похож на пенопласт, но отличается по своим физико-механическим свойствам, благодаря которым заслужил особое внимание как утеплитель и как форма для опалубки, которую не распирает бетон.

Параметры стен ИЗОДОМ:

□ толщина конструкции:

- блок 25МСО — 25 см, из которых 15 см — бетон, 10(5+5) см — пенополистирол;
- блок 25МСР — 25 см, из которых 15 см — бетон, 10(5+5) см — пенополистирол;
- блок 30- и 35МСР — 30 и 35 см, из которых 15 или 20 см — бетон, 10(5+5) и 15(10+5) см — пенополистирол;
- фундамент-лента 60МСР — 30 и 35 см, из которых 40 см — бетон, 20(10+10) см — пенополистирол;

□ масса (без отделки) — 280—340 кг/м²;

□ расход бетона — около 0,125—0,14 м³ на 1 м²;

□ расход арматуры, до 10 кг/м² (для зданий выше 3-х этажей);

□ коэффициент теплопроводности — 0,036 Вт/м·К;

□ паропроницаемость — 0,032 мг/м·ч·Па;

□ влагопоглощение (за 24 часа, по объему) — 0,1 %;

- ❑ акустическая изоляция — 46 дБ;
- ❑ сопротивление теплопередаче — более 3,2 м²·С/Вт;
- ❑ предел огнестойкости — II степень (самозатухающий).

При строительстве зданий можно использовать любые виды перекрытий: пустотные бетонные плиты, монолитную плиту перекрытия, классические конструкции деревянных перекрытий. Для наружной отделки стен подходят любые системы фасадных конструкций (рис. 7.30): системы мокрого типа, сайдинг, облицовочный кирпич. Внутреннюю отделку можно осуществлять с помощью гипсокартонных плит.

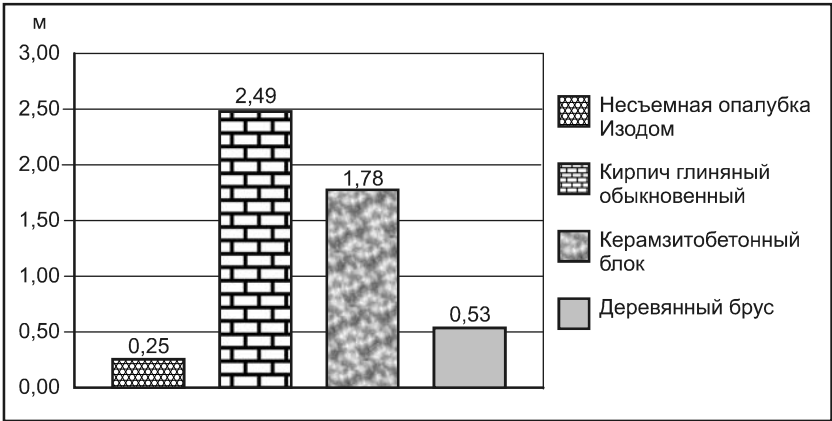


Рис. 7.30. Сравнение по теплосбережению толщины стены из различных материалов

Таблица 7.3. Тепло-экономические характеристики стен

Материал стен	Стоимость 1м² готовой стены (\$)	Сопротивление теплопередаче R = м²·С/Вт	Толщина стены
Керамзитобетонные блоки — 400 мм Пенополистирол — 70 мм Отделочные блоки — 100 мм	95	3,06	560
Пено- и газобетонные блоки — 200 мм Пенополистирол — 125 мм Кирпич силикатный — 100 мм	42	337	450
Блоки трехслойные стеновые с эффективным утеплителем	33	3,08	310
Домостроительная система ИЗОДОМ (несъемная опалубка)	26	2,9—4,5	250—350

Традиционный пенополистирол знаком потребителю как материал белого цвета с отличными изоляционными показателями. На 98 % состоящий из воздуха, материал содержит лишь 2 % сырья, что дает основное преимущество — ценовую доступность для потребителя (табл. 7.3).

Низкозатратное производство пенополистирола (ПСБ-С) объясняется расширением полистирола во время производственного процесса. В ходе изготовления шарики полистирола наполняются пентаном (чистый углеводород), который является основным вспенивающим фактором. Под воздействием высокого давления полистирольные шарики также расширяются, и на выходе мы получаем чистый пенополистирол, увеличивший свой объем как минимум в 50 раз.

ПСБ-С (самозатухающий пенопол) — экологически чистый, звуко- и теплоизоляционный материал, не выделяющий токсических веществ и имеющий класс горючести Г1. ПСБ-С получил название самозатухающего благодаря специальным добавкам антипиренам, температура возгорания материала составляет +4910 °С, что лишь на 500 ниже температуры плавления меди. Это идеальный вариант для создания термоизолирующих объектов и звукоизоляции зданий.

Существует несколько видов пенополов:

- ❑ ПСБ-С-15 — используется как утеплитель для бытовок, вагонов, контейнеров и других конструкций, которые подвержены минимальным механическим нагрузкам;
- ❑ ПСБ-С-25 — наиболее распространенный утеплитель для фасадов зданий, перекрытий, лоджий и пр.;
- ❑ ПСБ-С-35 — является составляющей производства многослойных панелей теплоизоляции фундамента, трубопроводов и пр.;
- ❑ ПСБ-С-50 — ориентирован на устройство полов холодильников, а также в гаражах, на стоянках для тяжелого автотранспорта, при строительстве дорог в заболоченной местности и пр.

ARXX — несъемная опалубка из пенополистирола

ПРИМЕЧАНИЕ

"Строительная система ААБ" — старое название системы ARXX. Решение о переименовании строительной системы было принято канадской стороной в 2000 году. В России эта система применяется под названием "Изомод"!

Канадская технология ARXX предназначена для строительства, реконструкции и капитального ремонта сооружений, разного назначения, уровня ответственности и этажности. Стандартный базовый блок представляет собой две панели из пенополистирола, соединенные жесткими перемычками из полипропилена. Блоки скрепляются между собой с помощью простого, но очень надежного механизма фиксации по торцевым граням панелей, а также по их верхним и нижним граням. Механизм скрепления обеспечивает очень плотную укладку блоков и их сцепление. Полость, которая образуется внутри этой несъемной опалубки, заполняется

арматурой и бетоном, и после застывания и набора расчетной прочности получается монолитная железобетонная стена.

Пенополистирол способен нести относительно высокую механическую нагрузку при минимальной плотности. В систему ARXX, кроме блоков, входят специальные строительные леса и выравнивающая система: стойки и подкосы, которые помогают соблюсти идеальную геометрию будущих стен. После застывания бетона пенополистирольные блоки становятся неотъемлемой частью конструкции стены, что позволяет создать повышенную звукоизоляцию. Здания, построенные с использованием технологии ARXX, не пропускают холод внутрь помещений. Строительство по технологии ARXX не требует тяжелой грузоподъемной техники, так как блоки обладают сравнительно небольшим весом.

Существует несколько модификаций пенополистирольных блоков несъемной опалубки (рис. 7.31) — это прямой, угловой и поворотный блоки. Заполненные бетоном блоки образуют монолитный сердечник толщиной 160 мм. Ограждающая конструкция имеет два слоя утеплителя общей толщиной 130 мм, (65 + 65) мм.



Рис. 7.31. Виды блоков: прямой, угловой 90, поворотный

При использовании выравнивающей системы, конструкция блоков позволяет возводить стену и укладывать бетон сразу на высоту этажа (до 4000 мм).

Приведенное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции:

$$R = 1 / 8,7 + (0,16 / 1,69) + (0,13 / 0,038) + 1 / 23 = 3,688 \text{ (м}^2\cdot\text{С)/Вт}$$

Система ARXX основывается на технологии укладывания друг на друга легко соединяющихся блочных секций, с последующей укладкой внутрь бетона. Получается монолитное сооружение с высокими теплоизоляционными качествами. Заполненная бетоном стена ARXX — это настоящий монолит толщиной 160 мм, с пределом огнестойкости не менее 2,5 часов и уровнем звукопоглощения 53 дБ.

Несомненные преимущества перед другими видами строительных материалов.

- ❑ Крепкие надежные стены — из системы несъемной опалубки строятся здания практически любой этажности.
- ❑ Очень теплое здание — стены из несъемной опалубки с двух сторон теплоизолированы самым надежным и долговечным утеплителем — вспененным пенополистиролом. Его толщина — 150 мм, что в 1,5 раза превышает существующие современные строительные нормы. Здание получается очень теплым зимой, что сильно экономит расходы на отопление, и прохладным летом, что создает комфорт и экономию в затратах на кондиционирование.

- ❑ Отсутствие "мостиков холода" — блоки из несъемной опалубки укладываются таким образом, что нет никаких контактов конструкционных материалов с атмосферой, здание упаковывается целиком в "рубашку" из теплоизоляции.
- ❑ Самый недорогой строительный материал — если сравнить в комплексе все параметры конструкции стен из несъемной опалубки с другими строительными материалами, то несъемная опалубка получается наиболее выгодная во всех отношениях.
- ❑ Блоки имеют улучшенную геометрию и съемные пропиленовые перемычки — при транспортировке блоков больше не возится "воздух", части блоков плотно укладываются и сильно экономятся затраты на транспорт.
- ❑ Полипропиленовые перемычки больше не находятся на поверхности стен, это позволяет получить абсолютно однородный материал без включений и возможных проблем с долговечностью отделки, также при этом улучшились теплоизоляционные свойства.
- ❑ Полипропиленовые перемычки имеют специальные пазы-замки для укладки арматуры, в связи с чем отпала необходимость в вязке арматуры, а также при укладке срабатывают специальные замки, которые надежно фиксируют соединения рядов блоков — при бетонировании блоки не смогут разъединиться.
- ❑ Самое главное отличие от других систем — несъемная опалубка предназначена как для хозяйственного, так и для профессионального методов строительства — можно сразу заливать бетононасосом этаж до 4 м и при этом использовать вибратор для лучшей укладываемости бетона.
- ❑ У пенополистирола очень низкое влагопоглощение и сорбционная способность, поэтому сама конструкция не набирает влаги. Паропроницаемость пенополистирола — в 2 раза лучше, чем у бетона и точно такая же, как у дерева!

Технология строительства Теплый дом

Технология строительства Теплый дом является разновидностью каркасно-монолитной технологии. Ее главная отличительная особенность заключается в том, что опалубка остается на стене здания в качестве первоклассного утеплителя.

Технология Теплый дом (рис. 7.32) является не только быстрой и недорогой технологией строительства, но также очень простой и доступной даже для тех, кто строит в первый раз. В основу технологии положена система креплений конструктора "LEGO". Из кубиков размером 1000×250×250 мм собирается опалубка, внутри которой закладывается арматура и заливается бетон. Стенками у этих кубиков является очень плотный самозатухающий пенополистирол.

Основной элемент строительной технологии Теплый дом — это стеновой блок несъемной опалубки из специального пенополистирола, который представляет собой две пластины, соединенные перемычками. Перемычки могут быть металлические или пенополистирольные. В зависимости от модели блока меняется и расстояние между пластинами (стандартное расстояние — 150 мм, но есть и 200 мм для фундаментных блоков, и 70 мм для межкомнатных перегородок).



Рис. 7.32. Технология Теплый дом

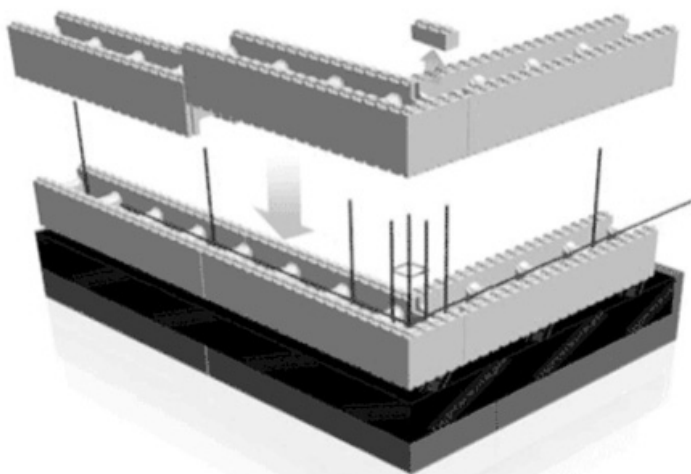


Рис. 7.33. Технология Теплый дом

Подобно конструктору "LEGO" блоки скрепляются друг с другом системой па-зогребень. Блоки настолько плотно садятся один на другой, что эта замковая система не позволяет бетону вытекать в местах соединения.

Коэффициент теплопроводности пенополистирола Теплый дом — $0,036 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

Теплый дом — пожаробезопасный дом. Используемый утеплитель не поддерживает огня, так как пенополистирол во время горения распадается на углекислый газ и воду, которые не дают огню дальше распространяться. Пенопласт самозатухающий — огнетушитель, I степень огнестойкости. Распространение огня равно нулю, предел огнестойкости — 2,5 часа.

Теплый дом — экологически безопасный и полезный для здоровья дом. Двойная пенопластовая шуба Теплого дома (рис. 7.33) защищает своих жильцов от городского шума и поэтому бережет их от различных стрессов. Акустическая изоляция — 46 дБ.

Технология армосистемы СОТА (США)

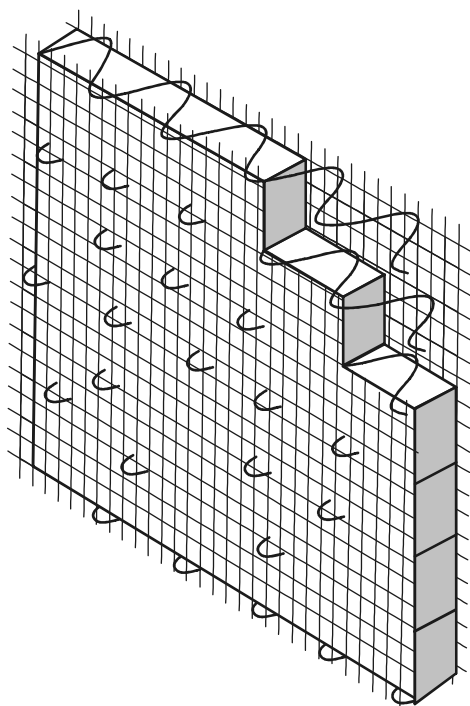


Рис. 7.34. Новая строительная система-конструктор

СОТА — новая строительная система-конструктор (рис. 7.34), в основе которой несъемная опалубка из армированных универсальных стеновых панелей с применением модифицированного судостроительного бетона. Современный подход в строительстве предполагает использование трехслойных панелей, в которых ме-

жду наружным и внутренним слоями бетона находится теплоизоляционный материал (пенополистирол, ROCKWOOL, PAROC и др.).

При этом бетонирование панелей выполняется прямо на объекте методом торкретирования, что исключает применение тяжелой строительной техники ввиду легкости строительного материала. Здание, построенное из трехслойных панелей, открытых швов и "мостиков холода" не имеет, это фактически монолитный бетон, нанесенный вертикально, а не залитый при помощи опалубки (т. е. утепленная самонесущая монолитная конструкция).

Таким образом, применение теплоизоляции и технология торкретирования позволяют сохранить все преимущества панельной технологии (низкая себестоимость и сжатые сроки строительства) и возводить при этом дома, полностью отвечающие самым высоким требованиям качества.

Одной из главных новаций НПО СОТА является использование в панельном строительстве легкого модифицированного судостроительного бетона, что позволяет применить тонкостенные конструкции с одновременной защитой их несущей способности (судостроительный бетон на 100 % водонепроницаем).

Несъемная опалубка СОТА предназначена для устройства теплоэффективных фундаментов, стен и перекрытий для зданий различного назначения в жилищном, гражданском и промышленном строительстве.

Трехслойные панели несъемной опалубки СОТА прекрасно показали себя при реконструкции и утеплении фасадов зданий, при устройстве бассейнов, бань-саун и других объектов с повышенной влажностью. Создавая все стены одновременно, СОТА привносит в строительство все преимущества заводского сборочного конвейера — высокая скорость и качество работы при значительном снижении трудовых затрат.

Например, индивидуальный дом можно построить силами одной бригады, состоящей всего из 2—4 человек, без применения тяжелой строительной техники ввиду легкости строительного материала. Главное преимущество армированных панелей, которое единогласно отмечают строители, заключается в том, что значительно снижается расход основных строительных материалов (бетона, арматуры, изоляционных материалов, экономия на кровельной системе и т. д.).

Строительство из этой панели в 2 раза дешевле, чем по технологии строительства в блок-оболочках по принципу несъемной опалубки (Термодом). Экономичная панельная технология затрагивает практически все стороны строительного процесса (например, фундамент это 15 % стоимости здания, коробка 55 %, кровля 10 % и т. д.), улучшает экономические показатели сразу нескольких сфер, изменяя все представления о строительстве.

При строительстве сооружения с одинаковыми теплотехническими показателями на возведение 1 м² приведенной площади требуется в 3—4 раза меньше бетона, чем при возведении по монолитно-кирпичной технологии.

По технологии несъемной опалубки СОТА на покрытие 1 м² стены нужно 70—100 кг бетона (толщина нанесенного бетона на стены может составлять от 35 до 50 мм). Для застройщика это означает прямую экономию средств за счет толщины нанесения бетона, а для пользователя сооружения — дополнительную полезную

площадь. На 100 м^2 дополнительная полезная площадь составляет $1,5\text{—}2 \text{ м}^2$. Получаемая при более "тонких" стенах дополнительная площадь экономит $12\text{—}15 \%$ сметной стоимости строительства. Несъемная опалубка СОТА — безотходная технология, немногие остатки панели после устройства стен и перекрытий используются при устройстве лестничных маршей и др. Модифицированный судостроительный бетон готовится прямо на строительной площадке непосредственно перед нанесением на стены, что экономит $20\text{—}25 \%$ на 1 м^3 . Легкий вес армированных панелей СОТА позволяет выполнять надстройку этажей над существующими зданиями без работ по усилению фундаментов и стен, что позволяет значительно сократить расход средств.

Суммируя, можно утверждать, что строительство по технологии несъемной опалубки СОТА снижает трудозатраты минимум в 3 раза, а стоимость строительно-монтажных работ объекта снижается на $20\text{—}30 \%$. При этом производительность труда в $5\text{—}6$ раз выше, чем при кладке кирпичной стены (1 рабочий делает в смену до 100 м^2 стены). Бригада из 5 человек за 1 рабочий день может собрать 1 этаж дома с частичным нанесением бетона снаружи на высоту этажа (3 м), с установкой опалубки под плиты перекрытия, включая разведение всех инженерных коммуникаций.

Затраты на перевозку строительных элементов сокращаются в $3\text{—}4$ раза (один грузовик с прицепом перевозит необходимые материалы для постройки дома в 200 м^2). Транспортная составляющая при доставке на расстояние до 1000 км не превышает 5% от приведенной себестоимости здания.

При строительстве по технологии несъемной опалубки СОТА отсутствует необходимость в использовании строительных кранов, бетоновозов и другой тяжелой техники. Небольшой вес конструкций исключает применение на строительной площадке дорогостоящих грузоподъемных механизмов. При производстве строительных работ (рис. 7.35) возникают лишь минимальные потребности в техническом обеспечении. На строительной площадке достаточно иметь штукатурную станцию или хоппер-ковш и ручной электрический инструмент.



Рис. 7.35. Новая строительная система СОТА

Технология поризованного (аэрированного) монолитного бетона (Россия)

Технология работ с поризованным бетоном отличается простотой выполнения операций и экономным расходом строительных материалов. Стоимость изготовления и укладки поризованного конструктивного бетона составляет 350—400 руб./м³, что в 1,5—2 раза экономичнее использования блоков газобетона заводского изготовления.

Для оценки эффективности в качестве базисных принимаются два варианта традиционной технологии возведения наружных кирпичных стен для малоэтажных жилых домов:

- ❑ вариант № 1 — сплошная кирпичная стена из эффективного пустотелого керамического кирпича, изготавливаемого в соответствии с ГОСТ 530-95 НПО "Керамика" г. Санкт-Петербурга;
- ❑ вариант № 2 — слоистая кирпичная стена с газобетонными блоками, изготавливаемыми 211 КЖБИ в п. Сертолово г. Санкт-Петербурга, и кирпичом по варианту № 1.

Исходные данные вариантов приведены в табл. 7.4 и на рис. 7.36.

Таблица 7.4. Система технико-экономических показателей вариантов технологии производства работ для устройства наружных стен жилых домов

Система технико-экономических показателей	Варианты		
	№ 1. Сплошная кирпичная стена	№ 2. Слоистая кирпичная стена с газобетонными блоками	№ 3. Кирпичная стена с аэрированным бетоном
Толщина стены, см	77	58	81
Прочность, МПа	10	2	5
Теплопроводность, В/м·К	0,26	0,10	0,25
Объемная плотность, кг/м ³	1100	400	1150
Стоимость 1 м ³ , руб.	1500	820	350
Морозостойкость, циклы	25	25	25
Эксплуатационные расходы, руб.	Приняты одинаковыми		
Размеры, мм	250×120×65	600×300×250	Монолитный вариант
Огнестойкость	Группа негорючих строительных материалов по ГОСТ 30244		
Стоимость 1 м ² , руб.	1171	622	562
Использование отходов производства	Нет	Нет	Есть

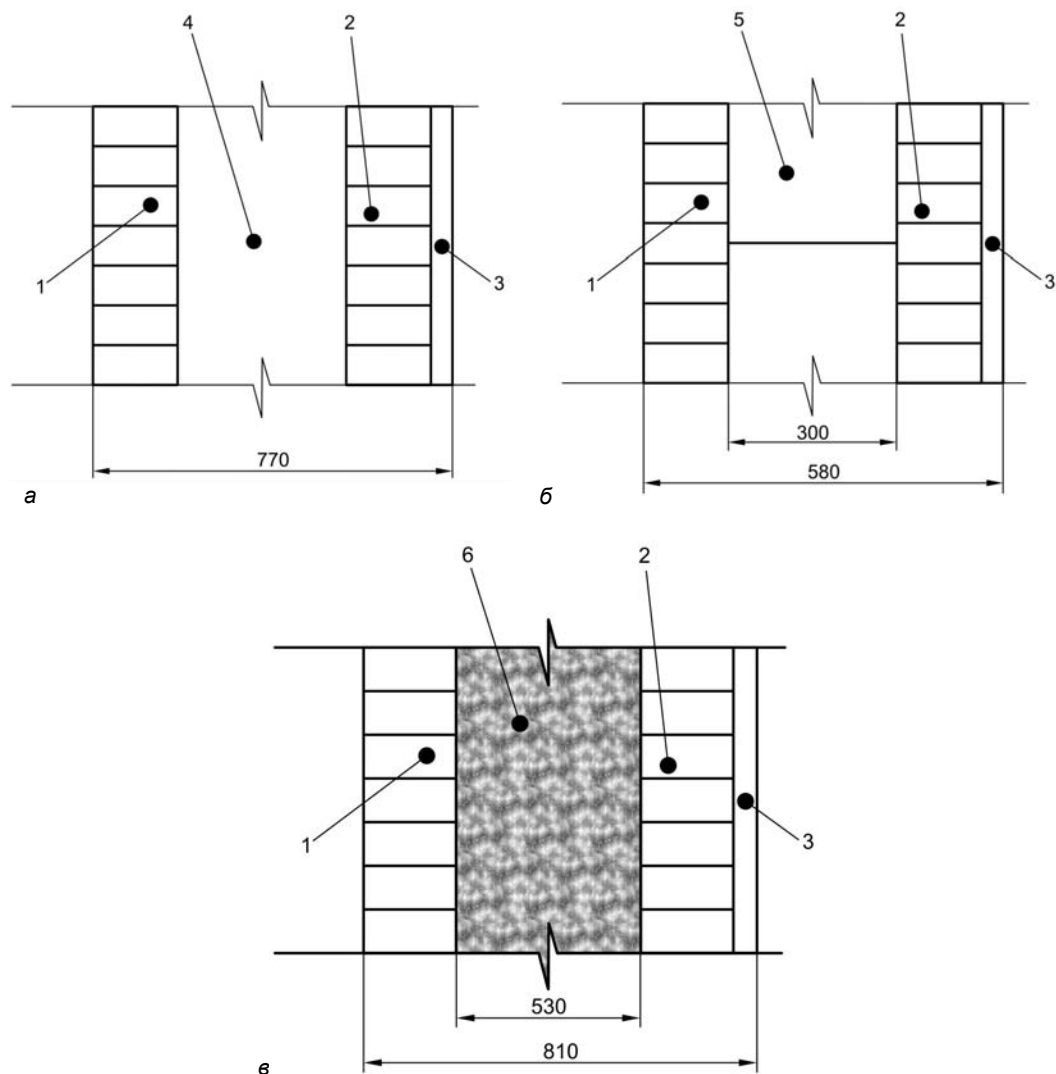


Рис. 7.36. Сравнимые варианты технологий устройства кирпичных наружных стен для малоэтажных жилых домов в условиях Санкт-Петербурга:

- а — сплошная кирпичная кладка (вариант № 1);
- б, в — многослойные кирпичные кладки (варианты № 2 и 3);
- 1 — наружный ряд кирпича; 2 — внутренний ряд кирпича; 3 — штукатурка;
- 4 — средний слой кирпича; 5 — газобетонные блоки;
- 6 — поризованный опилко-песчаный монолитный бетон

Таким образом, технология поризованного бетона (вариант № 3) в 2,1 раза экономичнее существующей технологии сплошной кирпичной стены и в 1,11 раз — технологии с газобетонными блоками. Полученные данные наглядно отражены на рис. 7.37. На их основе построены зависимости стоимости стен и расхода материалов от их площади (рис. 7.37—7.39).

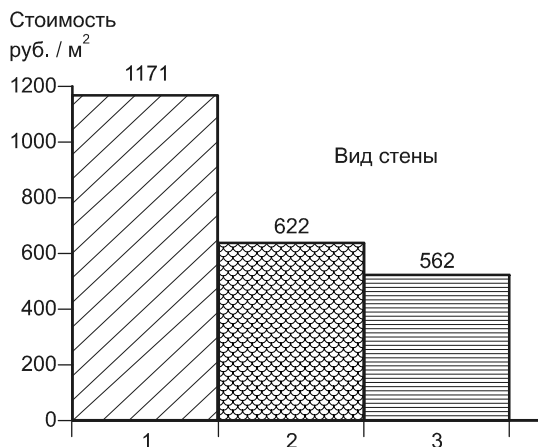


Рис. 7.37. Сравнительные значения стоимости 1 м² наружной стены различных конструктивных решений:

- 1 — слоистая кирпичная стена из поризованного кирпича НПО "Керамика" (вариант № 1);
- 2 — слоистая кирпичная стена с газобетонными блоками 211 КЖБИ (вариант № 2);
- 3 — кирпичная стена с аэрированным бетоном (вариант № 3)

Из анализа стоимости наружных стен, отраженной на рис. 7.38, следует, что удельная экономия на 1 м² стены по варианту № 3 составляет 60 и 609 руб. по сравнению с вариантами № 2 и 1.

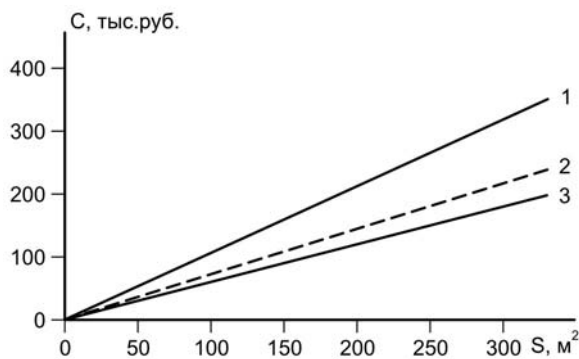


Рис. 7.38. Зависимости стоимости наружных стен различных конструкций жилых домов от их площади:

- 1 — слоистая кирпичная стена из поризованного кирпича НПО "Керамика" (вариант № 1);
- 2 — слоистая кирпичная стена с газобетонными блоками 211 КЖБИ (вариант № 2);
- 3 — кирпичная стена с аэрированным бетоном (вариант № 3)

Анализ вариантов использования конструкций из аэрированного бетона показал их высокую технико-экономическую эффективность по сравнению с сопоставимыми современными аналогами. По сравнению с технологией сплошной кирпичной стены из поризованного керамического кирпича плотностью 1100 кг/м³ теплопроводностью 0,26 Вт/м·К производства НПО "Керамика" (г. Санкт-Петербурга) эффект составляет 609 руб. на 1 м² поверхности наружной стены.

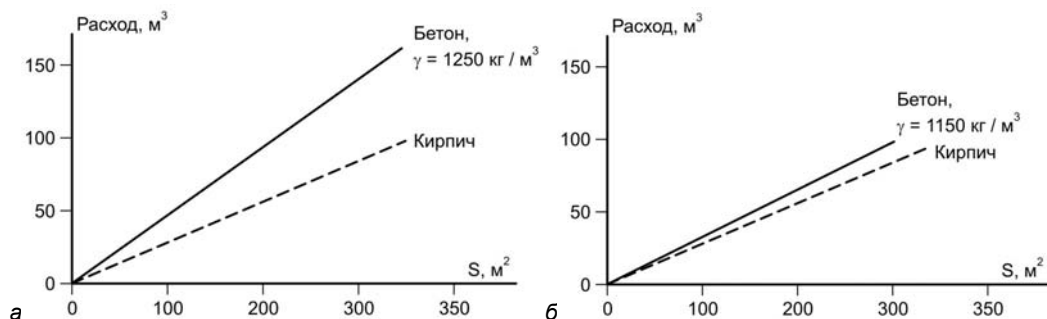


Рис. 7.39. Зависимость расхода бетона и кирпича в многослойных наружных стенах с использованием технологии поризованного бетона от площади стен:
а — бетон с $g = 1250 \text{ кг/м}^3$; б — бетон с $g = 1250 \text{ кг/м}^3$

Затраты на кирпичную кладку составляют 1171 руб./м², а на бетонную кладку — 622 руб./м², т. е. в 2,1 раза меньше. По сравнению с технологией кирпичной кладки с использованием газобетонных блоков плотностью 400 кг/м³, теплопроводностью 0,10 Вт/м·К производства 211 КЖБИ (п. Сертолово) эффект составляет 60 руб./м². Затраты на газобетонную кладку составляют 622 руб./м².

Технология работ с поризованным бетоном отличается экономичным расходом доступных строительных материалов и простотой выполнения. Она позволяет вести работы при отрицательной температуре (до -15°C) с использованием противоморозных добавок и покрытием бетонируемых поверхностей теплоизоляционными матами.

Система ТеРем

Это новая энергосберегающая технология по теплозащите, звукоизоляции, комфортности, простоте, скорости и стоимости строительства может быть отнесена к высоким технологиям в области строительства. Ее главными особенностями являются: легкость и простота монтажа конструкций; низкая трудоемкость строительно-монтажных работ; возможность отказа от использования тяжелой строительной техники; возможность обеспечения необходимой степени тепло- и звукоизоляции зданий; соответствие требованиям действующих нормативных документов; снижение тепловпотерь при эксплуатации зданий и сооружений; высокая степень архитектурно-дизайнерских решений по внешнему и внутреннему облику зданий и сооружений. Конструктивные решения системы ТеРем обеспечивают минимум приведенных затрат и разнообразие объемно-планировочных решений, выполнение требований по огнестойкости конструкций, качеству и безопасности работ. Оператором и владельцем патента является ООО "Прогрессивные строительные технологии".

Размеры и габариты зданий и сооружений определяются геометрическими размерами и формой элементов несъемной опалубки (ЭНО): $1,2 \times 0,4 \times 0,06 \text{ м}$; высота помещений (от пола до потолка) минимум 2,96 м.

Рассмотрен вариант возведения наружных стен с опалубочными элементами из плит ЭПС с наружной грани стены и плит из Пеностекла толщиной 60 мм с внутренней стороны стены. Элементы несъемной опалубки (ЭНО) из плит ЭПС и Пеностекла объединены между собой с помощью связевых элементов (фиксаторов) из полипропилена (патент системы ТеРем), осуществляющих объединение элементов конструкции стены и фиксацию слоев опалубки между собой.

Гибкие связи из полипропилена коррозионно устойчивы, в местах пересечения с арматурными стержнями связи фиксируются кабельными нейлоновыми хомутами или вязальной проволокой. Количество связей определяется расчетом из условий соответствия их прочности нагрузкам от свежеуложенного бетона и не менее 4 штук на 1 м² стены.

Оконные и дверные коробки жестко соединяются с внутренним монолитным слоем и с опалубочными слоями через упругие прокладки и герметики. Крепление элементов лоджий и балконов к слоям ЭНО не допускается. Высота оконных проемов наружных стен составляет 1,6 м с совпадением по вертикали. Ширина проемов согласно предложенным конструктивным решениям составляет 1200 мм, ширина простенков 1200 мм.

При разработке конструктивных решений принято армирование стен и перекрытий арматурой Кл А-III диаметром 12 мм отдельными стержнями в два слоя с шагом 200 мм. Диаметр арматуры с учетом обеспечения защитных слоев и расстояния между стержнями должен отвечать требованиям, указанным в табл. 7.5.

Таблица 7.5. Требования для обеспечения защитных слоев и расстояния между стержнями

Показатели	Варианты			
	1	2	3	4
Толщина стены (мм)	160			
Защитные слои вертикальной арматуры	30	32	34	36
Мин. шаг (в свету) стержней	50	50	50	50
То же с контролем фракции щебня	35	35	35	35
Макс. диаметр вертикальной арматуры	16	14	12	10
Шаг (в свету) между вертикальными стержнями	36	36	36	36

Конструктивное армирование стен выполняется вертикальными каркасами (КВ), которые устанавливаются с шагом не более 90 см и отдельными горизонтальными стержнями. Стены в местах пересечений и у граней проемов рекомендуются армировать пространственными каркасами КВ с продольной арматурой диаметром не менее 8 мм, объединенными замкнутыми хомутами с шагом не более 50 см. Отдельные стержни (ОС) из арматуры класса А-I диаметром не менее 6 мм или из арматуры класса Вр-I диаметром не менее 5 мм. Соединение каркасов КВ с отдельными стержнями производится вязальной проволокой или специальными кабельными хомутами. Продольная арматура каркасов КВ класса А-III (А-II) диаметром 12 мм, хомуты из арматуры класса Вр-I диаметром 5 мм.

На уровне перекрытий по стенам устанавливается арматурный пояс из плоских каркасов. Каркасы пояса состоят из продольных стержней $d = 10$ мм класса А-I и поперечных $d = 6$ мм класса А-I с шагом 250 мм.

Для устройства монолитных ребристых перекрытий (покрытий) конструктивно предусмотрено использование ячеистых бетонных вкладышей $600 \times 250 \times 200$. Для образования оконных и дверных проемов могут применяться извлекаемые и неизвлекаемые проемообразователи. При использовании неизвлекаемых проемообразователей оконные и дверные блоки могут устанавливаться в процессе производства бетонных работ.

Защита наружной поверхности ЭНО — плит опалубки наружных стен — осуществляется следующими способами:

- путем устройства цементно-песчаной штукатурки по стальной сетке толщиной не менее 25 мм (по поверхности) и 40 мм (по откосам оконных проемов и на фасадах здания). Сетки крепятся к стене на стальных стержнях, замоноличенных или засверленных в бетон;
- с помощью многослойных декоративно-защитных штукатурных слоев толщиной 6—9 мм на минеральной или на полимерной основе, которые наносятся на предварительно наклеенную щелочно-стойкую стеклосетку. Данная технология предусматривает устройство окантовок по всему периметру оконных и дверных проемов, а также сплошных противопожарных расщечек по всему периметру фасадов здания в уровне верхних горизонтальных откосов оконных проемов из негорючих плит Пеностекла, шириной не менее 150 мм. При отделке могут использоваться другие системы утепления, прошедшие натурные огневые испытания.

Поверочный теплотехнический расчет многослойной конструкции наружной стены с применением несъемной теплоизоляционной опалубки Пеноплекс и Пеностекло выполнен на основании СНиП 2.08.01-89*. Конструкция стены представлена на рис. 7.40, а исходные данные — в табл. 7.6. Несъемная теплоизоляционная опалубка представлена наружным слоем экструдированного Пеноплекса толщиной 60 мм и внутренним слоем Пеностекла толщиной 60 мм, которые фиксируются между собой стяжкой на расстоянии 160 мм. Пространство между ними заполняется тяжелым бетоном расчетной прочности. Снаружи стена облицовывается искусственным камнем типа TOP STONE по выравнивающему слою цементно-песчаного раствора, армированного металлической сеткой. Внутри применяется сухая штукатурка — листы Гипрока (ГКЛ толщиной 13 мм).

Таблица 7.6. Перечень слоев ограждающей конструкции

№ слоя	Наименование слоев материала конструкции	Толщина слоя, мм	Теплотехнические характеристики СНиП-3-79*, ч. II, гл. 3
1	Панели искусственного камня типа TOP STONE	25	3,49 Вт/(м ² ·°C)
2	Выравнивающий слой цементно-песчаного раствора по металлической сетке	15	0,81 Вт/(м ² ·°C)
3	Пеноплекс экструдированный	60	0,031 Вт/(м ² ·°C)

Таблица 7.6 (окончание)

№ слоя	Наименование слоев материала конструкции	Толщина слоя, мм	Теплотехнические характеристики СНиП-3-79*, ч. II, гл. 3
4	Бетон расчетной прочности	160	1,86 Вт/(м ² .°C)
5	Пеностекло	60	0,08 Вт/(м ² .°C)
6	Листы ГКЛ	13	0,21 Вт/(м ² .°C)

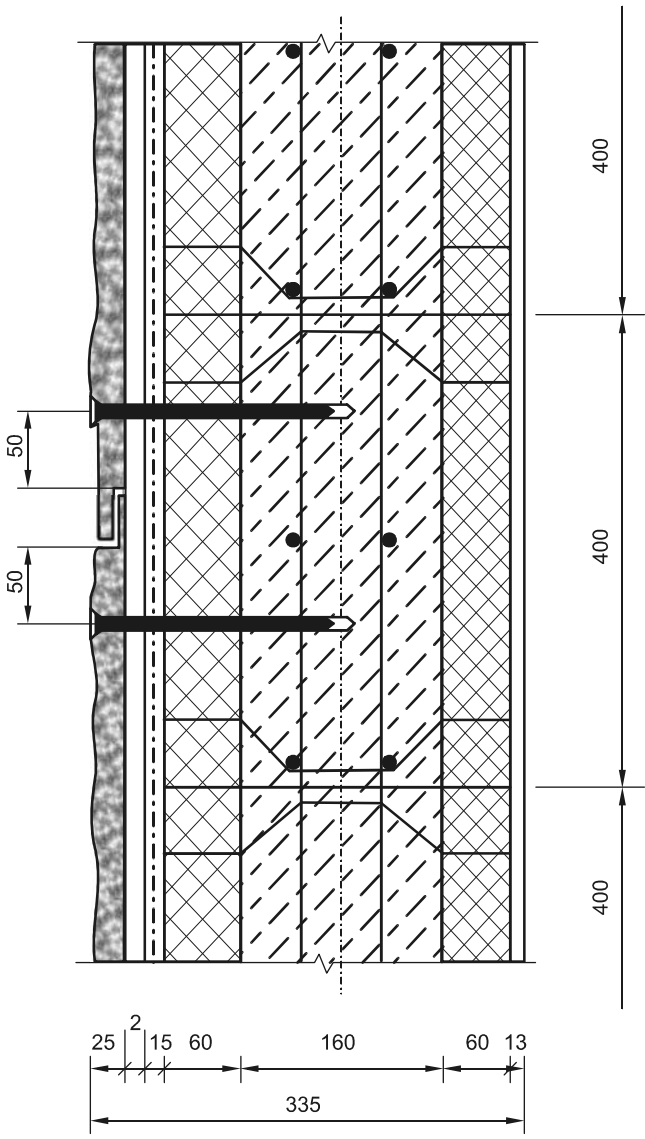


Рис. 7.40. Конструкция стены системы ТеРем с облицовкой камнем

Проверяем условие II этапа энергосбережения табл. 7.6. Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций наружных стен для жилых зданий равно $2,925 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$:

$$R_o = 3,017 > R_{np} = 2,925.$$

Таким образом, запроектированное конструктивное решение наружной стены для условий Санкт-Петербурга удовлетворяет условиям II этапа энергосбережения по СНиП II-3-79* и отвечает требованиям СНиП в отношении сопротивления теплопередаче.

Конструкция стены системы ТеРем отвечает современным требованиям СНиП по сопротивлению теплопередаче, паропроницанию и воздухопроницанию.

Технические характеристики Пеностекла

Пеностекло является превосходным теплоизоляционным материалом. Так, например, блок толщиной 60 мм обладает такими же теплоизоляционными свойствами, как кирпичная кладка толщиной 475 мм. Коэффициент теплопроводности Пеностекла равен $0,06 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. При плотности 170 кг/м^3 водопоглощение его составляет 2—4 % объема, что облегчает хранение и транспортировку материала и повышает качество утепления конструкции.

Герметичная замкнутость стеклянных ячеек материала обуславливает его непроницаемость для пара и влаги, постоянство теплопроводности и прочности, высокую сопротивляемость выдуванию ветром в течение многих десятков лет. Прочная ячеистая структура Пеностекла делает его пригодным для изоляции поверхностей, находящихся под нагрузкой, предотвращая расслоение, усадку и набухание материала.

Пеностекло является экологически чистым и пожаробезопасным (негорючим) материалом, температурный интервал колеблется от -30 до $+500 \text{ °C}$. Пеностекло не подвержено коррозии, гниению, разрушению грибом, вредителями, грызунами. Размеры блоков Пеностекла, применяемых в технологии ТеРем: длина — 1200 мм, ширина — 400 мм, толщина — 60 мм.

Технические характеристики Пеностекла приведены в табл. 7.7.

Таблица 7.7. Технические характеристики Пеностекла

Показатель	Значение
Плотность, кг/м^3	170—190
Сорбционная влажность, %	0,2—0,5
Теплопроводность, $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$	
при $+20 \text{ °C}$	0,060—0,070
при -18 °C	0,035—0,050
Паропроницаемость, $\text{мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$	0,001—0,005

Таблица 7.7 (окончание)

Показатель	Значение
Предел прочности, МПа	
при +20 °С сжатие	0,7—1,1
-«- при изгибе	0,4—0,6
при -18 °С сжатие	0,8—1,4
-«- при изгибе	0,3—0,5
Температура начала деформации, °С	540
Водопоглощение, % от объема	2-4
Температура применения, °С	От -30 до +400 °С

Пеностекло обладает устойчивостью к органическим растворителям, ацетону, уксусно-этиловым эфирам, растворителям красок, скипидару и другим насыщенным углеводам (спирты, керосин, бензины, жидкий битум, смолы и другие нефтепроизводные продукты).

Пеностекло не растворяется и не разбухает в воде, практически не впитывает влагу, обладает значительной долговечностью и стоек к гниению, не усваивается животными и микроорганизмами, не является питательной средой для грибов и бактерий. Имеет группу горючести Г-2 и воспламеняемости В2.

Проектная марка бетона для монолитных стен по прочности на сжатие должна быть не менее: для бетонных стен из тяжелого бетона — В 7,5, из облегченного и легкого бетона на пористых заполнителях — В 5, для железобетонных стен из всех видов бетона — В 12,5.

Для армирования монолитных несущих и ненесущих стен применяется арматура проволочная Вр-I и арматура стержневая классов А1, А-II и АIII.

Минимальное требуемое количество связей при интенсивности бетонирования 0,4 м/ч и при разрывном усилии стяжки 300 кг/см², требующихся для удержания элемента опалубки: $3983(1,2 \cdot 0,6)/(300 \cdot 0,78) = 12,25$ шт.

ЭНО ТеРем конструктивно предусматривает 6 стяжек на 1 опалубочный модуль стены, т. е. для восприятия нагрузки от бокового давления бетонной смеси на элементы несъемной опалубки и предотвращения их изгиба в продольном направлении требуются дополнительные крепления в виде стоек и распределительных прогонов монтируемых по боковым поверхностям стен.

**Технология производства работ
при возведении стен с использованием элементов
несъемной теплоизоляционной опалубки**

Сначала производится разметка монтажного горизонта: разбивочные оси зданий для внутренних монолитных стен — по геометрической оси сечения; для наружных монолитных стен — от нулевой привязки.

Последовательность операций следующая. Устанавливаются плоские вертикальные арматурные каркасы КВ с подвязкой их к выпускам арматурных каркасов КВ нижнего этажа или анкерных каркасов фундаментного пояса. Далее поярусно устанавливаются наружные и внутренние элементы несъемной опалубки и выполняется горизонтальное армирование отдельными стержнями (ОС) (рис. 7.41).

Стойки и горизонтальные элементы крепления (прогоны) обеспечивают жесткость и неизменяемость конструкции стены при ее бетонировании, предотвращают изгиб конструкции в продольном и поперечном направлении при выполнении бетонных работ.

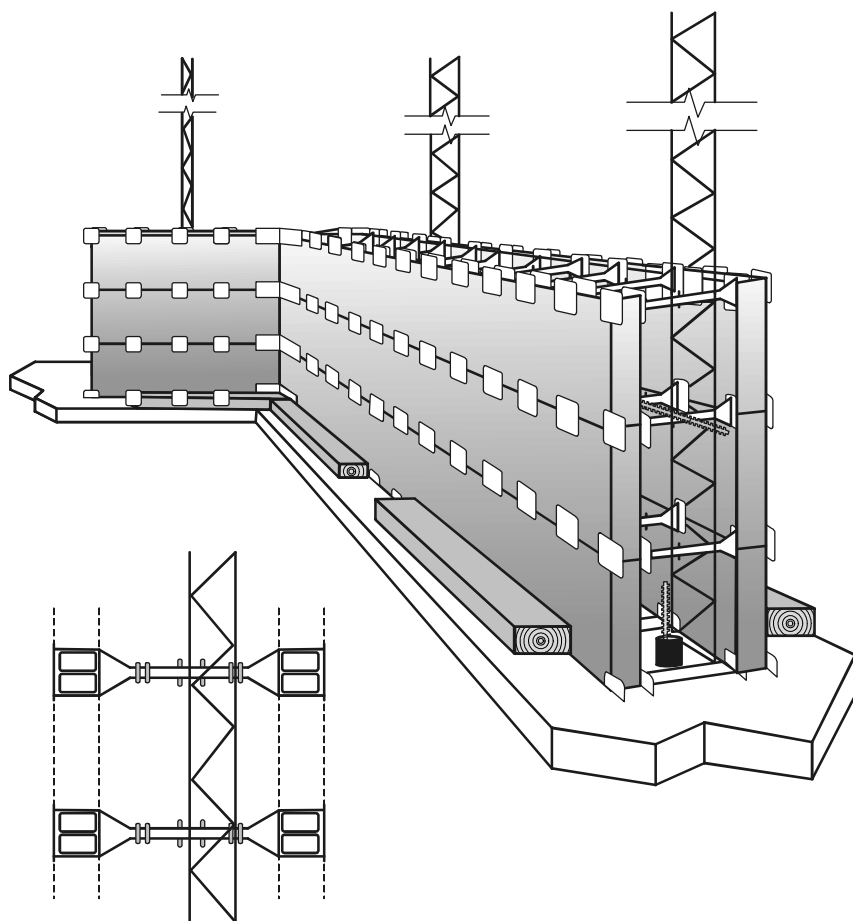


Рис. 7.41. Установка опалубки и арматуры первого яруса бетонирования (стойки и горизонтальные прогоны крепления не показаны)

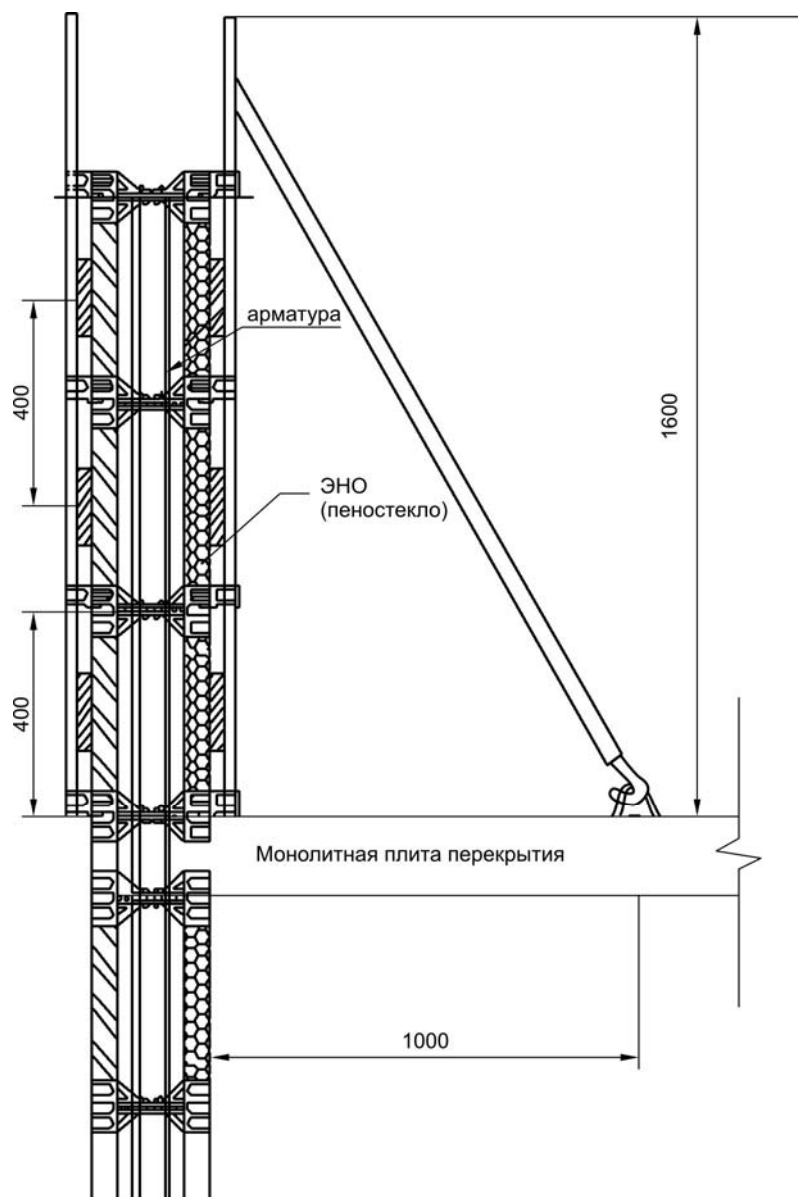


Рис. 7.42. Установка элементов поддерживающих конструкций

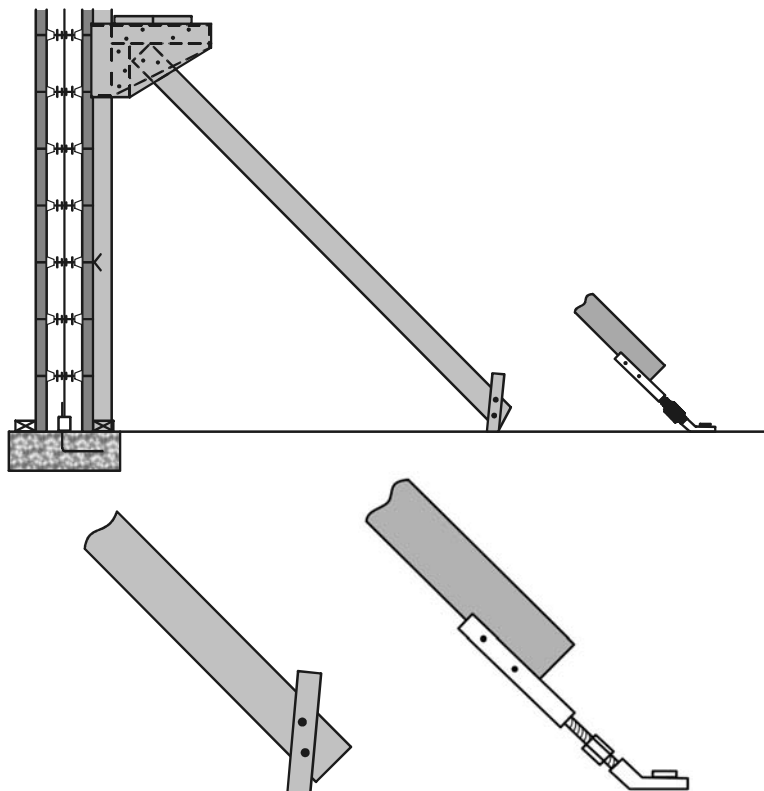


Рис. 7.43. Элементы подмостей, крепление подкосов на грунтовом основании и к железобетонному перекрытию

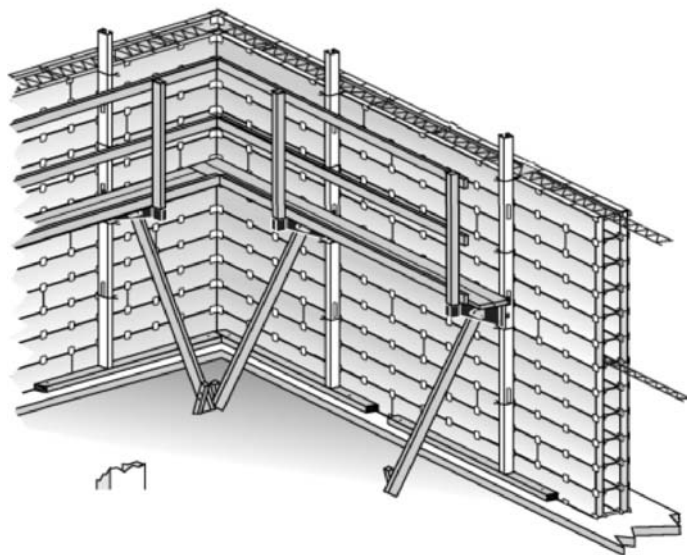


Рис. 7.44. Установленные опалубки и арматуры 1-го и 2-го яруса бетонирования (дополнительные стойки и прогоны не показаны)



Рис. 7.45. Укладка бетона с подачей бетононасосом 2-го яруса бетонирования

Последовательность возведения стен следующая (рис. 7.42—7.45). Устанавливаются плоские вертикальные арматурные каркасы КВ с подвязкой их к выпускам арматурных каркасов КВ нижнего этажа или анкерных каркасов фундаментного пояса. Далее поярусно устанавливаются наружные и внутренние элементы несъемной опалубки и выполняется горизонтальное армирование отдельными стержнями (ОС). Арматурные и опалубочные работы стен выполняются одновременно. Для обеспечения устойчивости, надежности, безопасности, а также неизменяемости формы конструкции при производстве бетонных работ необходимо применение временной съемной поддерживающей опалубочной системы, которая позволяет возводить конструкцию стены до отметки низа перекрытия. Затем выполняются опалубочные и арматурные работы устройства междуэтажного перекрытия в монолитном варианте. Армирование, опалубка и бетонирование первого яруса выполняются на высоту 1,2 м с отметки перекрытия. Длина арматурных стержней первого яруса армирования составляет 1,4 м.

Обеспечение устойчивости опалубки осуществляется путем: установки временных горизонтальных связей и подкосов, сварки или вязки арматурных стыков; крепления ЭНО к арматурным каркасам; установки фиксаторов-связей (стяжек ЭНО) и металлических профилей — стоек К.

Далее повторение всех технологических операций по монтажу несъемной опалубки стен, армированию и бетонированию и устройству междуэтажного перекрытия на 2-м, 3-м этаже и т. д.

Для выполнения калькуляции трудозатрат, определения продолжительности работ на один этаж в качестве примера была выбрана блок-секция площадью 18×12 м.

Начинать монтаж второго ряда можно сразу после установки арматуры на первом. Начинать следует с того же самого угла, что и первый ряд, установив первый элемент в обратном направлении, закрепив его винтами с головкой под ключ или связями.

При монтаже блоков нужно придерживаться вертикальной линии расположения связей-перемычек.

Бетонную смесь транспортируют на строительную площадку в автобетоносмесителях, а подают на рабочее место бетононасосом. Бетонирование стен и перекрытий ведут по литевой технологии.

Бетонирование стен ведется в три этапа:

- ☐ бетонирование до уровня низа оконных проемов;
- ☐ бетонирование с уровня простенков и стен до уровня низа оконных перемычек;
- ☐ бетонирование до уровня низа опалубочных элементов перекрытия.

Перед заливкой бетона нужно проверить еще раз стены по отвесу и произвести их корректировку по вертикали с помощью струбцин выравнивающей системы, проверить жесткость и неизменяемость формы и размеров конструкции теплоизоляционной опалубки при бетонировании.

Заливка бетона должна начинаться от оконных проемов, чтобы при заливке остальных участков стены не оставалось пустого пространства под проемами.

Рабочие швы бетонирования для данной опалубочной системы допускается устраивать в следующих местах: для стен первого этажа — только в подоконном пространстве; для стен второго этажа — в межоконных простенках; при бетонировании перекрытий — в пределах 1/4 пролета бетонируемого элемента.

Бетон, укладываемый в стеновую опалубку, должен отвечать следующим требованиям: минимальная прочность бетона на сжатие должна быть не менее 15 МПа после 28 дней выдержки; соотношение воды и цемента должно быть менее 0,60; осадка конуса бетонной смеси 12—15 см.

Блоки несъемной опалубки, выполненные из облицовочных плит

Способ возведения монолитных зданий включает установку блоков несъемной опалубки (рис. 7.46), облицовочных плит и заполнение полостей композиционной смесью. Блоки несъемной опалубки выполняют из облицовочных плит, имеющих канавку по наружной поверхности периметра. Дверные и оконные блоки устанавливают одновременно с облицовочными плитами, а крепление осуществляют путем соединения облицовочных плит между собой штампованными элементами. Плиты крепят порядно к продольному съемному кондуктору. Балки перекрытия выполняют в виде швеллера высотой, равной высоте облицовочных плит. Переход от плоской поверхности стеновых плит к дверным и оконным блокам выполняют криволинейными облицовочными плитами. Угловые облицовочные плиты выполняют в виде цилиндрических секторов. Композиционную смесь получают путем вспенивания раствора цемента, при этом высота разовой заливки смеси не превышает 300 мм.

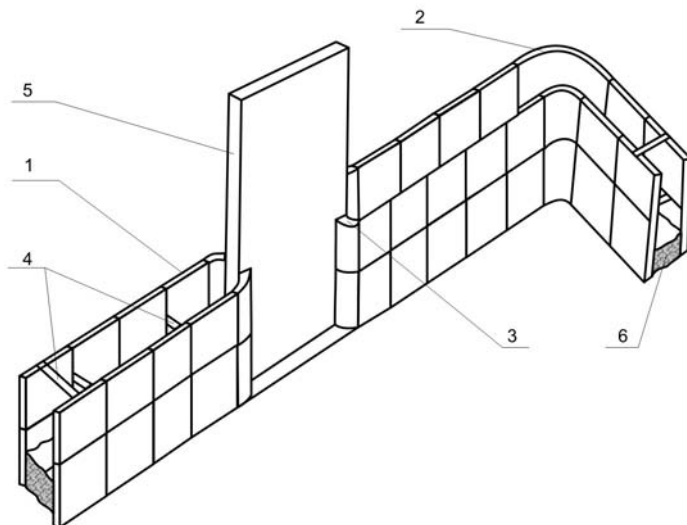


Рис. 7.46. Блоки несъемной опалубки: 1 — плоские облицовочные плиты; 2 — угловые облицовочные плиты; 3 — переходы; 4 — крепежные штампованные элементы; 5 — дверной блок (или оконный, который не показан); 6 — композиционная смесь

Несъемная опалубка из древесно-минеральных материалов

Включает установку на технологическом горизонте одновременно внешних и внутренних отдельных щитов опалубки из древесно-минеральных материалов и фиксацию их поверху гибкими связями в виде монтажных хомутов, которые закрепляют верхние грани отдельных внешних и внутренних щитов в проектном положении (рис. 7.47). Первый ряд из отдельных внешних и внутренних щитов устанавливают на захватку, секцию или этаж по всему периметру ограждающих стен и перегородок. Далее по гибким связям первого ряда отдельных внешних и внутренних щитов одновременно устанавливают из отдельных внешних и внутренних щитов при помощи гибких связей второй ряд внешних и внутренних опалубочных панелей. Бетонную смесь укладывают в несъем-

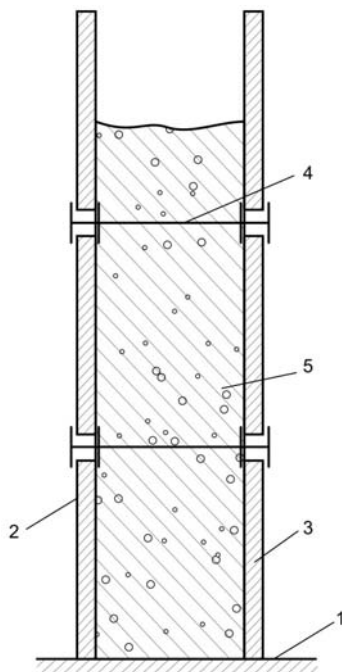


Рис. 7.47. Опалубка из древесно-минеральных материалов: 1 — технологический горизонт; 2 и 3 — внешние и внутренние отдельные щиты опалубки из древесно-минеральных материалов; 4 — гибкие связи; 5 — бетонная смесь

ную опалубку, смесь равномерно распирает щиты каждого ряда до упора по гибким связям и фиксирует плоскости панелей в проектном положении при одинаковой толщине стены.

Технология GRUBER (Австрия)

Рассматриваемая система опалубки существенным образом отличается от пенополистирольной опалубки. Крупноразмерные стеновые элементы из ДСП (рис. 7.48) связываются друг с другом через определенные расстояния с помощью Х- и У-образных металлических или полимерных профилей. Из ДСП изготавливаются все настенные, потолочные и специальные элементы. В зонах, подвергающихся строительно-физическим нагрузкам, используются деревянные каркасные плиты, связанные цементом (ЦСП).

В данном случае ДСП и ЦСП не являются теплоизоляционными материалами, и, следовательно, ограждающая конструкция, получаемая по данной технологии, требует дальнейшего утепления. Но в то же время система имеет и существенные преимущества, прежде всего, это более высокая индустриальность всех элементов системы.

При изготовлении панелей на заводе между деревянными каркасными плитами устанавливается арматура в соответствии с требованиями расчетов по несущей способности. Также в заводских условиях монтируется по проекту электропроводка и устанавливаются инженерные коммуникации. Таким образом, практически готовая панель (со всеми коммуникациями и арматурой) доставляется на стройплощадку, где остается только ее смонтировать и залить во внутренние пустоты бетон. Монтаж стеновых элементов осуществляется с помощью крана грузоподъемностью 1 т.

Все элементы опалубки имеют поверхность, полностью готовую для покраски, побелки или другой отделки.

Перенесение в заводские условия большинства технологических процессов позволяет легче осуществлять контроль за качеством и минимизировать сроки монтажных работ на стройплощадке.



Рис. 7.48. Крупноразмерные стеновые элементы из ДСП

Технология Симпролит (Россия)

Симпролит — это запатентованная разновидность легкого бетона (ГОСТ Р 51263-99), состоящая из гранул пенополистирола, цемента, специальных добавок и воды. На основе этого материала доктор технологии и инжиниринга в строительстве Милан Девич (Сербия) разработал и сертифицировал в России не только уникальный

материал, но и предложил новую для России технологию строительства. Эта технология получила название — *система монолитного строительства на основе несъемной опалубки из мелкоштучных блоков*.

Кладка блоками Симпролит с технической стороны не только улучшает термические характеристики стен, но и технологически значительно облегчает и ускоряет строительство объектов (рис. 7.49).

Учитывая вес самих блоков Симпролит (около 140 кг/м^3 блоков), наглядна легкость манипуляции, горизонтального и вертикального транспорта, меньшая нагрузка несущих конструктивных элементов, меньший вес конструкции объекта в целом и т. п.

При кладке блоками Симпролит арматура для вертикальных обвязок устраивается непосредственно в пустоты блоков, опалубка горизонтальных обвязок формируется просто резкой блоков Симпролит и раскладкой таким образом полученных частей по уже построенной стене, а у оконных и дверных перемычек по подпорной/подпертой доске — вот и вся опалубка. И при всем этом, бетон в вертикальных и горизонтальных обвязках, отлитых в блоках из Симпролита, сразу термически защищен, то есть отсутствуют термические мосты.

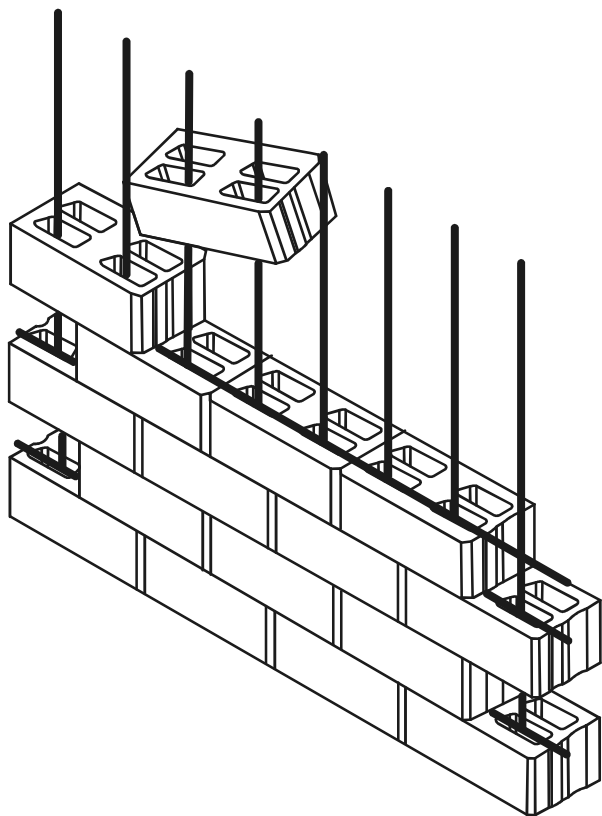


Рис. 7.49. Опалубка несущих и внутренних стен

При строительстве блоками Симпролит получается:

- ☐ значительно меньшая толщина конструкции;
- ☐ большая полезная (для продажи) площадь объекта в рамках одинаковых габаритов объекта;
- ☐ меньшие затраты материалов;
- ☐ лучшие теплотехнические характеристики;
- ☐ меньшие потери тепла;
- ☐ отличные характеристики "летней стабильности" конструкции;
- ☐ меньше "тактов" при строительстве;
- ☐ более быстрое производство.

Вообще, элементы Симпролит значительно сокращают цену строительства объектов всех назначений — промышленных, жилых, спортивных, деревенских и других, значительно улучшая притом их тепловые и другие характеристики. Хотя и отдельно взятые блоки Симпролит дешевле, чем конкурентские изделия подобных термических характеристик, преимущества и общие сбережения при применении элементов Симпролит наглядны, если учесть общую стоимость всех отдельных стадий и материалов, необходимых для получения качественно утепленного объекта.

Опалубка Dobeles panelis

Опалубка для несущих стен системы Dobeles panelis (рис. 7.50) состоит из двух пенополистирольных (ППС) плит, которые на определенном расстоянии друг от друга удерживают специальные стальные арматурные каркасы. После бетонирования стальная конструкция выполняет функцию арматурного каркаса, а пенополистирол — функцию теплоизоляции.

Главные преимущества системы:

- ☐ малая масса элементов позволяет строить малоэтажные здания с железобетонным каркасом без применения тяжелой техники (кранов и т. п.);
- ☐ требуется намного меньше трудозатрат, чем традиционная технология;
- ☐ применима при реконструкции и устройстве мансард;
- ☐ отличные теплоизоляционные свойства позволяют выполнять работы по бетонированию без подогрева бетона даже при отрицательной температуре, что упрощает строительство и сокращает затраты на него;
- ☐ широкие архитектурные возможности для реконструкции старых зданий и проектирования новых;
- ☐ минимизируются размеры строительной площадки, что позволяет выполнять работы по строительству и реконструкции в условиях плотной застройки;
- ☐ скорость строительства может достигать до четырех этажей в месяц.

В систему входят три вида конструктивных элементов:

- ❑ несъемная опалубка для наружных и внутренних несущих стен;
- ❑ несъемная опалубка для межэтажных перекрытий и крыши;
- ❑ панели перегородки пенополистирольные.



Рис. 7.50. Опалубка несущих и внутренних стен Dobeles panelis

Марка пенополистирола — EPS 200, согласно EN 13161 (объемная масса ~30 кг/м³). Стандартная ширина опалубки — 1200 мм. Длина опалубки — в высоту одного этажа (максимум 4000 мм), табл. 7.8.

Таблица 7.8. Стандартные размеры несъемной опалубки для стен

Толщина наружной плиты из ППС, мм	Толщина внутренней плиты из ППС, мм	Толщина бетонного слоя, мм	Диаметр вертикальной аппаратуры, мм
50, 100, 150	50	120	8, 10, 12
50, 100, 150	50	150	8, 10, 12
50, 100, 150	50	200	8, 10, 12
50, 100, 150	50	250	8, 10, 12

Диаметр вертикальной арматуры внутри пространственного каркаса панели — 8, 10, 12 мм (в соответствии с расчетами конструкции), рис. 7.51. На каждый погонный метр приходится по 10 стержней, привариваемых попарно один напротив другого, которые размещаются с шагом 200 мм.

Навинчиваемые гайки из высокопрочного полипропилена удерживают стеновые панели с помощью соединительного горизонтального поперечного стержня 5 мм, приваренного изнутри и имеющего наружную резьбу. Полипропиленовые гайки на плоскости опалубки размещаются на расстоянии 200×200 мм друг от друга. Каждая гайка выдерживает нагрузку на разрыв в 140 кгс.

Гайки изготовлены с таким расчетом, чтобы выдержать давление бетона и обеспечить непрерывную заливку бетона с высоты 4 м. Бетонирование можно выполнять традиционными методами, но необходимо следить за тем, чтобы бетонная струя направлялась строго между плитами опалубки. Толщина бетонного слоя 120—250 мм. Класс бетона может быть различным — в пределах от В15 до В25.

Бетонная масса, используемая для бетонирования стен, на строительной площадке должна соответствовать следующим показателям: текучесть бетонной массы S3 (осадка конуса: 100—150 мм) или S4 (осадка конуса: 160—210 мм), максимальный размер фракции наполнителя — 16 мм.

Заполнение бетоном происходит в три этапа:

- ☐ до нижнего края оконных проемов;
- ☐ до верхнего уровня оконных проемов;
- ☐ до верхнего края опалубки для стен.

Несъемная опалубка для межэтажных перекрытий и крыш изготовлена из пенополистирола EPS 100. В продольном направлении опалубки три сквозных канала. Ширина несъемной опалубки — 0,6 м, длина может быть различной — в пределах от 2 до 12 м. Высота опалубки — от 180 до 320 мм.

Толщина нижнего слоя пенополистирола опалубки неизменная — 40 мм, высота сквозных каналов также одинаковая — 112 мм.

Меняется толщина верхнего пенополистирольного слоя элементов — она зависит и от теплотехнического расчета, и от расчета несущей способности.

В продольном направлении несъемной опалубки размещены два перфорированных оцинкованных стальных U-профиля высотой 120 мм, которые предназначены и для увеличения несущей способности, и для крепления отделочной обшивки.

Несущая часть перекрытия выполняется в виде железобетонных ребер с шагом 600 мм и армированной плиты по всей площади перекрытия.

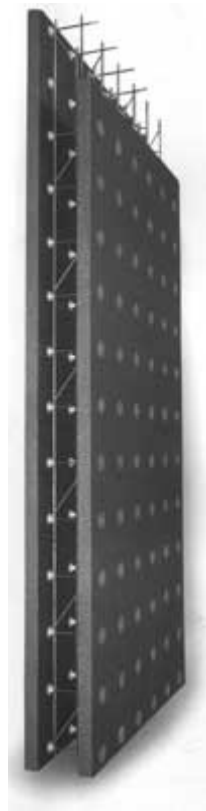


Рис. 7.51. Арматура в несъемной опалубке

Ширина нижней части оставленных между опалубками ребер (130 мм) обеспечивает возможность разместить там необходимую арматуру, соблюдая требования к минимально допустимой толщине защитного бетонного слоя. Высота ребер может быть различной в зависимости от необходимой несущей способности перекрытия.

Энергоэффективные, малозатратные и экологически чистые технологии сборно-монолитного домостроения

Анализ современных тенденций в мировой практике проектирования и строительства показывает, что минимизация собственного веса здания весьма актуальна. Снижение веса здания позволяет экономить арматуру и бетон за счет снижения нагрузок на фундаменты и несущие конструкции.

Целесообразно снижение веса сооружения и при строительстве в сейсмически опасных регионах, в регионах с подрабатываемыми различными горными выработками территориями, в районах вечной мерзлоты.

Уровень тепловой защиты здания должен быть максимальным, а уровень энергопотребления — минимальным. Нормируемые параметры тепловой защиты зданий и их энергетическая эффективность установлены в СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий": классы А и В энергетической эффективности зданий — очень высокий и высокий, С — нормальный.

В конструкциях зданий должны применяться экологически безопасные, низкоэнергоемкие строительные материалы, изготавливаемые по малозатратным технологиям на базе преимущественного использования продуктов переработки техногенных отходов и/или местных природных сырьевых ресурсов.

Модифицированные легкие бетоны на пористых заполнителях и бетоны различных видов и назначения (от особо легких теплоизоляционных до конструкционных высокопрочных, в т. ч. высокой морозостойкости, водонепроницаемости, огнестойкости или жаростойкости) разработаны и исследованы в НИИЖБ (Научно-исследовательский институт бетона и железобетона). К числу современных высокоэффективных легких бетонов относится модифицированный полистиролбетон как новый класс низкоэнергоемких композиционных вяжущих, в частности, на базе продуктов переработки металлургических шлаков и шламов различных видов.

Наиболее теплотехнически эффективен для применения в наружных стенах монолитный полистиролбетон с высокопоризованной и пластифицированной матрицей. Этот материал целесообразен для утепления плит покрытий, чердачных перекрытий и перекрытий над техподпольями.

Перспективной конструктивно-технологической системой энергоэффективного здания является следующая: несущий каркас выполняется сборно-монолитным из высокопрочных легких бетонов классов до В50 включительно на базе низкоэнергоемких и низкотеплопроводных, и в то же время достаточно прочных пористых заполнителей, а наружные стены — самонесущими в пределах этажа из особо легких бетонов преимущественно на низкоэнергоемких композиционных вяжущих (монолитные в несъемной опалубке или в виде кладки из блоков и армированных перемычек).

Расчеты (прочностные в комплексе с теплотехническими) показывают, что заменяя тяжелый бетон в несущих конструкциях, выходящих за "теплые стены" зданий, на равнопрочный и низкотеплопроводный легкий, можно существенно выиграть не только в снижении массы здания (до 30 %), но и в повышении теплотехнической однородности ограждения. Последнее способствует либо сокращению расчетной толщины наружной стены от 10 до 20 %, либо при сохранении толщины — снижению энергозатрат на отопление здания, т. е. повышению его энергоэффективности. Снижение же массы здания позволяет сократить на 10—15 % расход арматуры и бетона в его несущих конструкциях.

В каркасных жилых зданиях г. Воронежа (объекты ООО "Воронежстроймонолит") наружные стены возводятся трехслойными с монолитной теплоизоляцией из полистиролбетона марки D200 в несъемной опалубке различных видов, а элементы монолитного несущего каркаса выполняются из легких бетонов классов по прочности на сжатие до В40 включительно. Применяются высокоподвижные смеси на пористом шлаковом гравии со стекловидной оболочкой, технология производства которого разработана НИИЖБ и Уральским институтом черных металлов и характеризуется на порядок меньшими энергозатратами на производство и меньшей в 3—5 раз себестоимостью в сравнении с лучшими видами керамзита, в т. ч. высокопрочного, и при этом не уступает им по основным строительно-техническим свойствам.

В последнее время при строительстве высотных зданий за рубежом все большее применение в несущих конструкциях находят легкие бетоны, в т. ч. высокопрочные, при этом руководствуются не только снижением массы конструкций, но и вопросами безопасности при пожаре.

Используя принципы проектирования энергоэффективного дома (нулевого дома, пассивного дома, энергосберегающего дома) — архитектурные, конструктивные, инженерные решения — на любом объекте могут быть существенно улучшены показатели по энергосбережению.

Энергоэффективный дом — это здание с пониженным потреблением энергии на отопление (по сравнению с действующими нормами в 2—5 раз). Пассивный дом отличается от энергоэффективного тем, что комфортный температурный режим в нем поддерживается и вовсе без применения активных систем отопления и охлаждения. Внутренняя температура в пассивном доме при отключении всех инженерных систем снижается не более чем на 1 °C/сутки, даже в условиях мороза.

Существенное снижение затрат на отопление (охлаждение) в энергоэффективных зданиях достигается за счет:

- ☐ рациональной планировки и расположения объекта на местности с ориентацией максимального количества окон на юг, минимальной наружной поверхностью стен и т. д.;
- ☐ усиление в несколько (2—4) раз теплоизоляции стен, перекрытий и кровли;
- ☐ установка энергоэффективных окон;
- ☐ использование рекуперационной системы вентиляции;

- аккумулярование солнечного тепла в конструкциях здания;
- использование низкопотенциального тепла грунта и грунтовых вод в системах отопления (кондиционирования) — тепловых насосов.

Наиболее экономичным и технологичным решением для хорошо утепленного здания является каркасная стена толщиной 45—50 см, заполненная эффективным целлюлозным утеплителем — эковатой. Эковата — целлюлозное волокно с добавками антипиренов и антисептиков.

Эковата, подаваемая в конструкцию по шлангу выдувными машинами, проникает в самые труднодоступные полости и зазоры, образуя непрерывный и бесшовный теплоизоляционный контур. Сохраняет теплопроводность при значительном увлажнении материала (до 20 %). Отпадает необходимость в устройстве пароизоляции с внутренней стороны стены. Здания, утепленные эковатой, "дышат" аналогично деревянным.

Благодаря добавкам антисептиков и антипиренов (нетоксичных, нелетучих, безопасных для человека), эковата относится к группе трудновоспламеняемых материалов, сохраняет изолирующую способность при пожаре, эффективно замедляет распространение огня в конструкциях, исключает появление грибка, плесени, грызунов и насекомых.

Технология позволяет:

- снизить затраты на утепление дома за счет низкой цены эковаты (от 500 до 900 рублей за м^3 при плотности 35—45 $\text{кг}/\text{м}^3$) и за счет высокопроизводительной механизированной подачи утеплителя в конструкцию;
- сократить сроки строительства дома за счет использования пневмотранспортных машин для подачи эковаты в конструкции с производительностью до 20 $\text{м}^3/\text{час}$;
- внедрить в практику малоэтажного строительства возведение доступных, энергоэффективных домов с ультранизкими затратами на отопление с толщиной изоляции в стенах до 45—50 см, стоимость строительства которых лишь на 10 % превышает стоимость традиционного дома с толщиной изоляции 15 см.

Затраты на утепление фасада по описанной технологии (без учета чистовой отделки и усиления фундамента) в среднем составляют 350—400 руб./ м^2 , что в несколько раз дешевле использования любого другого теплоизоляционного материала. Срок окупаемости составляет не более 3 лет. Затраты на отопление снижены в 8 раз.

Работы по утеплению зданий (рис. 7.52) актуальны для всех типов строений и жилых сооружений на территории РФ. Природные аномалии в виде холодов и заморозков вероятны на всем пространстве, поэто-



Рис. 7.52. Утепление здания

му работы по утеплению фасадов, полов, фундамента, крыши могут быть рекомендованы во всех регионах страны.

Исследования, проводимые в Европе, показывают выгоду уже только от одного утепления. Например, благодаря качественной теплоизоляции крыши можно экономить около 7,5 евро/м² площади крыши в год, инвестиции, потраченные на утепление (около 30 евро/м²), окупятся в течение четырех лет. На протяжении срока службы крыши экономия составит 226 евро/м², а это означает, что на 1 евро, потраченный в процессе строительства на изоляцию, прибыль составит 7 евро. Экономить ресурсы, средства, а также сохранять экологию окружающей среды можно без ущерба для комфорта и качества жизни.

Общая площадь эксплуатируемых зданий в России составляет около 5 млрд м². На их отопление расходуется 400 млн тонн условного топлива в год или более трети энергоресурсов страны. Особенно остро эта проблема встает в коммунальном хозяйстве, которое потребляет до 20 % электрической и 45 % тепловой энергии, производимой в стране. На единицу жилой площади в России расходуется в 2—3 раза больше энергии, чем в Европе. И это не следствие холодного климата! Несмотря на суровые условия, вопросам энергосбережения у нас не придавалось сколько-нибудь серьезного значения — благодаря крайне низкой стоимости энергии. В табл. 7.9 можно видеть, насколько расточительным было отечественное строительство.

Таблица 7.9. Расход тепловой энергии по типам зданий в России

Тип зданий	Годовой расход тепла, кВт·ч/м ³ год	Удельный расход тепла, Вт·ч/м ²
Дома старой постройки (до середины 90-х гг.)	600	125
Постройки в соответствии с новым СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий"	350	73

В Европе существует следующая классификация зданий в зависимости от их уровня энергопотребления:

- ❑ "Старое здание" (здания, построенные до 1970-х годов) — требуют для своего отопления около трехсот киловатт-часов на квадратный метр в год: 300 кВт·ч/м² в год;
- ❑ "Новое здание" (с 1970 до 2000 года) — не более 150 кВт·ч/м² в год;
- ❑ "Дом низкого потребления энергии" (с 2002 года в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта) — не более 60 кВт·ч/м² в год;
- ❑ "Пассивный дом" — не более 15 кВт·ч/м² в год;
- ❑ "Дом нулевой энергии" (здание, архитектурно имеющее тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащенное таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую само и вырабатывает) — 0 кВт·ч/м² в год;

□ "Активный дом" — здание, которое с помощью установленного на нем инженерного оборудования: солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т. п. вырабатывает больше энергии, чем само потребляет.

В России также существует ряд документов (постановления, рекомендации, указы, нормативы, территориальные нормы), регулирующих энергопотребление зданий и сооружений. Например, ВСН 52-86, определяющий расчет и требования для системы горячего водоснабжения с использованием солнечной энергии.

Во всем мире к 2006 году построено более 6000 пассивных домов, офисных зданий, магазинов, школ, детских садов. Большая их часть находится в Европе.

В ряде европейских стран (Дания, Германия, Финляндия и др.) разработаны специальные целевые государственные программы по приведению всех объектов регулярной застройки к условно-пассивному уровню потребления энергии (дома ультранизкого потребления — до $30 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год).

Технология сборно-монолитного каркасного домостроения

Домостроительная система сборно-монолитного каркаса позволяет:

- оптимизировать конструкцию здания;
- упростить монтаж каркаса;
- выполнять условия блокировки с другими системами домостроения: монолитными, каркасными, кирпичными, панельными;
- достичь быстрого увеличения объемов строительства;
- сократить сроки строительства;
- снизить стоимость строительства.

Сборно-монолитный каркас имеет смешанную конструктивную схему с продольными и поперечными ригелями. Он предназначен для применения в строительстве многоэтажных жилых, общественных и вспомогательных зданий промышленных предприятий с высотой этажа от 2,8 до 4,5 м, пролетом между колоннами до 18 м. Данная система позволяет возводить здания высотой до 34 этажей, оптимизировать расход материалов и уменьшить стоимость квадратного метра здания.

Сборно-монолитный каркас конструктивно состоит из трех основных железобетонных элементов: колонн, ригелей и плит пустотного настила.

Колонны выполняются секционными. Длина секции колонны ограничивается технологическими возможностями транспортировки и монтажа. Секции колонн стыкуются между собой специальным разъемом "штепсельного" типа без применения сварки. В каркасе малоэтажных (высотой до 12 м) зданий устанавливаются бесстыковые колонны.

Сопряжение колонн с ригелями и сборно-монолитными перекрытиями производится с помощью соединительных элементов без применения сварочных работ.

Для этого в местах примыкания плиты перекрытия и ригеля тело колонны лишено бетона, что позволяет в процессе сборки каркаса пропускать арматуру ригелей сквозь колонну.

Ригели изготавливаются из железобетона с предварительно напряженной арматурой. Сечения ригелей выбираются в диапазоне от 20 до 60 см, в зависимости от места их установки. При этом ширина ригеля принимается равной ширине колонны примыкания, его высота рассчитывается в зависимости от воздействующих на ригель нагрузок.

Предварительно напряженные многопустотные плиты перекрытий имеют высоту сечения 120, 220, 300 мм, ширину — 1200 мм. Максимальная длина плиты — 13 200 мм.

Узел соединения "колонна-ригель-плита" является монолитным и выполняется из бетона класса В25—В30 (М350—М400). Многопустотные плиты перекрытия до бетонирования монолитных участков подпираются системой инвентарных опор. Весь каркас собирается без применения сварки.

Известны две системы сборно-каркасного домостроения: давно известная система на основе **каркаса 1-020** и достаточно новая система **КУБ-2.5**. Первая система дает возможность в ходе проектирования и строительства жилых домов совместно с проектировщиками внести усовершенствования в конструкции каркаса, позволившие снизить его металлоемкость и повысить удобство монтажа.

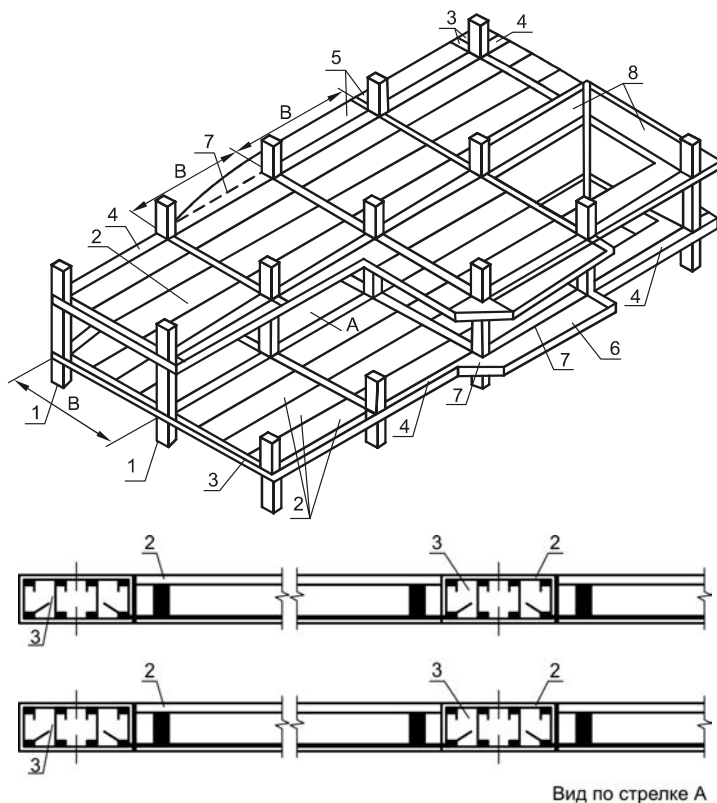
Новая система КУБ-2.5 — одна из прогрессивных технологий в каркасном домостроении. Сегодня она нашла развитие практически во всех регионах страны. Это прежде всего полная свобода планировочных решений. С ее помощью можно строить дома до 25 этажей (с любой высотой этажа). Ненесущие стены позволяют применять местные неконструкционные материалы.

Архитектурно-конструктивная система домостроения **АРКОС-1** с использованием сборно-монолитного каркаса серии Б1.020.1-7 является открытой и позволяет из одних и тех же конструкций вести проектирование и строительство зданий любой этажности, конфигурации и протяженности.

Основой конструктивной системы многоэтажных зданий АРКОС-1 является сборно-монолитный каркас (рис. 7.53), включающий в себя сборные железобетонные колонны с проемами в уровне перекрытий, несущие монолитные железобетонные ригели, связевые монолитные железобетонные ригели, предварительно-напряженные плиты пустотного настила, диафрагмы жесткости, сборные шахты лифтов.

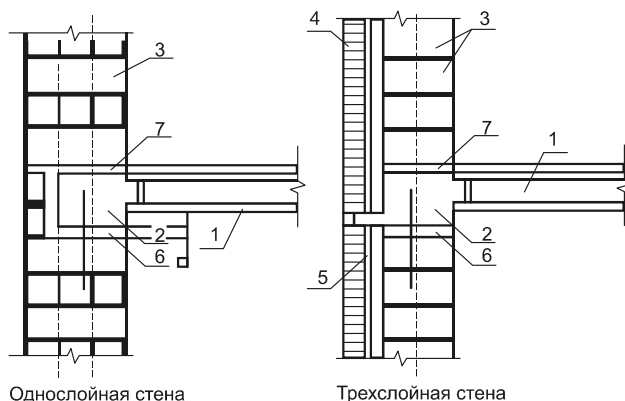
Также каркасно-монолитное строительство комплектуется сборными лестничными маршами с полуплощадками, вентиляционными блоками и мелкоштучными изделиями для устройства внутренних стен, перегородок и ограждающих конструкций здания. Предварительно-напряженные плиты, используемые для устройства перекрытий, изготавливаются по испанской технологии на оборудовании "Тенсиланд".

Узлы сопряжения поэтапно опертых наружных стен с дисками перекрытий показаны на рис. 7.54.



Вид по стрелке А

Рис. 7.53. Несущий каркас: 1 — сборные или монолитные железобетонные колонны; 2 — многпустотные плиты (типовые или безопалочного формования); 3 — несущие монолитные ригели; 4 — связанные монолитные ригели; 5, 6 — консоли для устройства эркеров и балконов; 7 — монолитные участки перекрытий; 8 — вертикальные диафрагмы жесткости



Однослойная стена

Трехслойная стена

Рис. 7.54. Узлы: 1 — сборные многпустотные плиты перекрытия; 2 — крайний монолитный ригель; 3 — кладка из ячеистобетонных камней; 4 — облицовочный слой кладки; 5 — утеплитель; 6 — компенсационная прокладка (пенополистирол); 7 — раствор

Сборно-монолитные диски перекрытий с применением многопустотных плит выполняют плоскими, без выступающих в объем здания частей перекрытий, обеспечивая возможность размещения ограждающих конструкций в любом требуемом месте без ограничений. При приведенной к сплошному перекрытию толщине, равной 12—14 см, обеспечено перекрытие пролетов длиной до 7,20 м и более. В диске перекрытий полностью реализован учет возникающих под нагрузкой реактивных усилий, что позволило на 30—40 % снизить величину внутренних усилий во всех расчетных сечениях элементов перекрытий и в этих же пределах (на 30—40 %) сократить расход стали на армирование перекрытий в целом.

Конструкции дома: сборные или монолитные железобетонные колонны; многопустотные плиты; стены из полистиролбетонных блоков; несущие монолитные ригели; связевые монолитные ригели; консоли для устройства эркеров и балконов; монолитные участки перекрытий; вертикальные диафрагмы жесткости.

Преимущества данной серии: скорость и всесезонность (в двухсменном режиме работы темпы строительства можно довести до четырех этажей в месяц); минимальная материалоемкость и себестоимость строительства; позволяет возводить здания высотой до 30 этажей; гибкая архитектурно-планировочная структура здания в целом (свободные планировки с шагом колонн до 8,4×8,4 без выступающего ригеля); высота потолков 3 м; расход металла 75—85 кг/м³, что на 40 % меньше "монолита"; расход сборного железобетона 0,12—0,14 м³/м².

Примеры реализованных проектов показаны на рис. 7.55 и 7.56.



Рис. 7.55. Жилой комплекс г. Набережные Челны

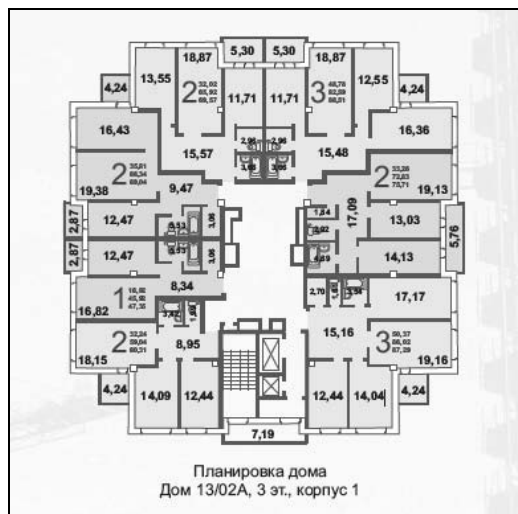


Рис. 7.56. Планировка дома



Рис. 7.57. Сборно-монокитные дома

Большее распространение получили дома со сборно-монокитным каркасом (рис. 7.57), в которых ограждающие конструкции выполнены как из монолита, так и из штучных материалов — кирпича, блоков. Дома возводят точно даже в условиях стесненной городской застройки, так как для этого не требуется ни подъездных путей, ни тяжелой крановой техники. Однако назвать монокитно-каркасные дома жильем нового поколения позволяют совсем другие аспекты.

- ❑ Свободная планировка, большой шаг несущих конструкций (15—16 м по сравнению с 12 м в панельных домах), что позволяет получить квартиры гораздо большей площади.
- ❑ Возможность для проектирования кухонь площадью 12—15 м², двух санузлов (гостевого и хозяйского) в одной квартире, просторных холлов, больших лоджий.
- ❑ Расход тепла на отопление монокитно-каркасного дома по сравнению с панельным ниже на 20—30 % (за счет бесщелевой конструкции стен, большей глубины помещений, их удаления от окон).
- ❑ Монокитно-каркасные здания более долговечны. Проектный срок их эксплуатации — не менее 200 лет (сравните с 50-летней расчетной долговечностью панельных домов!).
- ❑ Конструкция монокитно-каркасных домов дает возможность устройства жилья в двух и более уровнях.
- ❑ Квартиры в таких домах не устареют морально в течение ближайших десятилетий: ничего лучшего для многоэтажной застройки пока еще не придумано.

Применение открытой конструктивной схемы имеет свои преимущества.

- ❑ Гибкость планировочных решений. Монокитное домостроение на основе ОКС дает возможность реализовать широкий спектр планировочных решений. Сво-

бодное пространство зданий при каркасном строительстве имеет множество планировочных решений. Каркасно-монолитное домостроение дает возможность также скомпоновать секции домов таким образом, чтобы они полностью отвечали демографическим, социальным и градостроительным требованиям.

- ❑ Каркасное домостроение — это и невысокий уровень материало- и энергоемкости сооружений. Открытая конструктивная схема дает возможность использовать в монолитном строительстве самые современные энергоемкие стройматериалы.
- ❑ Возможность снизить вес конструкции в два и более раза. Следовательно, уменьшается и общая масса здания. Это происходит потому, что в каркасном строительстве применяются облегченные ограждающие конструкции.
- ❑ Возможность существенно сократить сроки возведения зданий. Они не зависят от сезона и погодных условий.
- ❑ Отличается низкой себестоимостью.

Конструкция сборно-монолитного каркасного здания показана на рис. 7.58, 7.59.

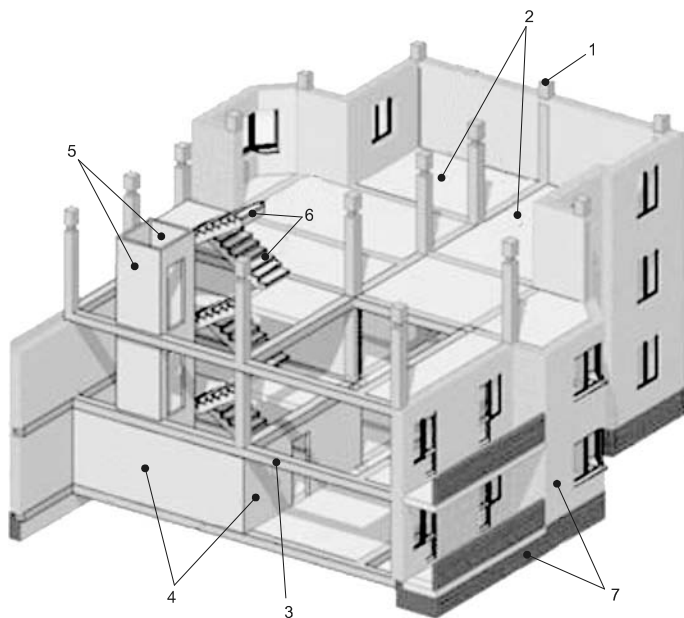


Рис. 7.58. Каркас: 1 — колонна сборная (железобетон); 2 — железобетонные пустотные плиты перекрытия; 3 — монолитные связевые и несущие ригели; 4 — диафрагмы жесткости; 5 — панели шахт лифтов, предназначенных для грузопассажирских перевозок; 6 — лестничные марши; 7 — облицовка стен камнем, полученным на вибропрессовом оборудовании

При монолитном строительстве по торцам многопустотных плит, поперек них, в плоскости перекрытия устанавливается монолитный несущий ригель с шагом 7,2 м. Связевый монолитный ригель, который размещается вдоль плит, лимитированного шага не имеет. Здесь шаг определяется запроектированной планировкой здания, а также длиной многопустотных плит.

Наружная облицовка стен выполняется с использованием специальных цветных фактурных бетонных камней, в результате чего могут быть созданы любые цветовые и композиционные фасадные решения. Энергозатраты при строительстве зданий снижаются на 25—35 %, а при дальнейшей эксплуатации — на 45—50 %.

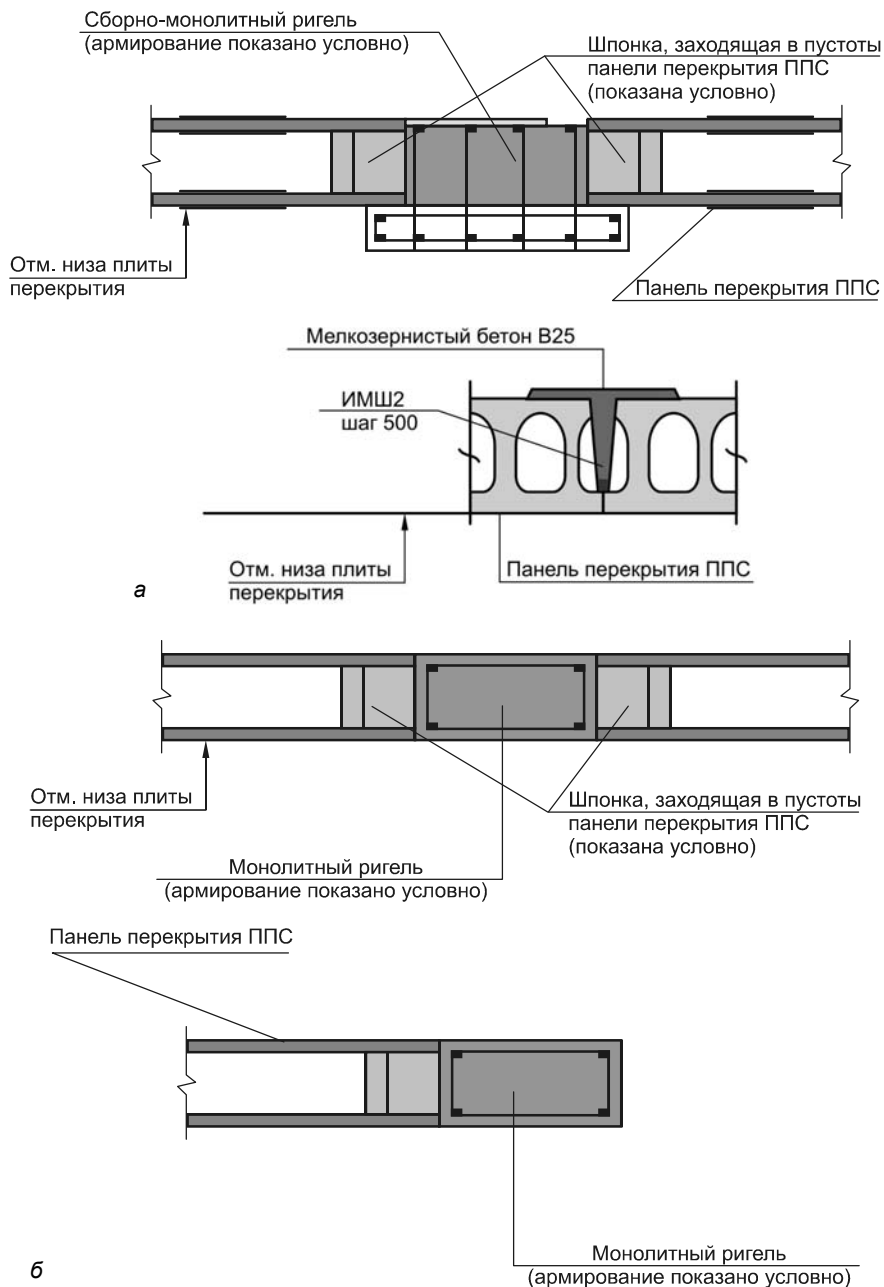


Рис. 7.59. Варианты сборки:
а — со сборно-монолитным ригелем;
б — с монолитным ригелем

Безопорное пространство, образованное плоскими перекрытиями плит, позволяет получить любую планировку жилья, где перегородки могут передвигаться и не имеют жестких связей с несущими конструктивными элементами всего здания.

Для наружной облицовки стен применяются специальные фактурные цветные камни из бетона. Что позволяет создавать любые архитектурно-композиционные и цветовые решения фасадов. Кроме того, снижаются энергозатраты при строительстве и эксплуатации зданий на 25—35 и 45—50 % соответственно.



Рис. 7.60. Сборные элементы

Технология сборно-монолитного каркасного домостроения признана наиболее эффективной в строительстве, причем как экономически, так и качественно. Основная ее — несущий каркас из основных железобетонных элементов (рис. 7.60): колонн, предварительно напряженных ригелей различного сечения и плит перекрытия. Дополнительно, по результатам расчета в каждом конкретном случае, в него включаются диафрагмы жесткости. Высокая степень заводской готовности изделий позволяет добиваться высокого качества несущих конструкций, вне зависимости от времени года.

Здание возводится как конструктор. Узел соединения "колонна — ригель — плита" является монолитным. При бетонировании стыка образуется жесткий узел, обеспечивающий устойчивость каркаса.

Конструкция элементов сборно-монолитного каркаса, их размеры, структура армирования рассчитываются индивидуально для каждого конкретного проекта, исходя из этажности здания, планировки этажей, состава нагрузок и т. п., что позволяет в конечном итоге оптимизировать расход материалов и уменьшить стоимость квадратного метра здания.

На сегодняшний день сборно-монолитно-каркасное домостроение признано самым прогрессивным. По словам экспертов, такая технология уже сейчас серьезно конкурирует с известными методами строительства.

Особенности сборки каркасов не требуют наличия сварочных работ и на порядок уменьшают объем потребления бетона, что позволяет в разы снизить энергоемкость строительства.

Важное отличие технологии каркасного домостроения от традиционных способов строительства заключается в том, что все элементы каркаса изготавливают в заводских условиях. Отсутствие сварных соединений упрощает сборку каркаса, не требует высокой квалификации рабочих, все этапы максимально механизированы.

Сборно-монолитный каркас предоставляет возможность реализации любой геометрии фасадов, а также использования в ограждающих конструкциях материалов с высокими теплоизоляционными характеристиками.

Сборно-монолитный каркас открывает уникальную возможность свободной перепланировки помещений в любой период: проектирования, строительства и эксплуатации каркасного здания (рис. 7.61 и 7.62). Срок эксплуатации каркасного дома составляет более 100 лет.



Рис. 7.61. Строящиеся объекты

Рис. 7.62. Готовые объекты

Сборно-монолитное строительство зданий повышенной этажности

Используя рамно-каркасную и рамно-панельную системы сборного или монолитного связевого каркаса и унифицированные крупнопанельные изделия заводского изготовления из типовых блок-секций, можно собирать самые разнообразные типы высотных зданий и сооружений до 18 этажей: точечные, линейно-протяженные, сблокированные в интересные архитектурные композиции. Эта идея может быть в определенной мере реализована при реконструкции 5-этажных крупнопанельных зданий. Однако возможности крупнопанельного строительства для ряда типовых серий ограничены и исчерпываются 12 этажами. Здания повышенной этажности (25—30 этажей) выполняются из типовых панельных конструкций с обеспечением пространственной жесткости и устойчивости сооружения, усилением монолитными железобетонными стенами, междуэтажными перекрытиями, диафрагмами, шахтами и ядрами жесткости.

Сборно-монолитная конструктивная схема сооружения позволяет значительно увеличить его высоту, используя преимущества индустриально-сборного строительства, повысить скорость исполнения и жесткость узлов соединения элементов и объемов из монолитного железобетона. В сборно-монолитном варианте необходимо предусмотреть сквозную единую совмещенную технологию выполнения всех работ, ряд взаимоувязанных гибких технологических схем, регулируемых темпом монтажа и ритмом бетонирования конструкций, обеспечивающих минимальную трудоемкость, продолжительность и стоимость как монтажно-бетонных, так и сопутствующих им работ.

Технологическое обеспечение строительства и применение комбинированных технологических схем возведения крупнопанельных сборно-монолитных зданий повышенной этажности требуют решения комплекса вопросов: обеспечение жесткости и устойчивости здания на всех этапах его возведения; уменьшение длительности производства бетонных работ, сокращение технологических перерывов, связанных с твердением бетона; применение новых монтажных средств сборки, монтажа и стыковки элементов, устройства стыков; возможность поэтапного выполнения и сдачи отдельных объемов работ.

Система организационно-технологического обеспечения сборно-монолитного строительства на базе типовых строительно-технологических модулей и комбинированной гибкой технологии их выполнения состоит из следующих элементов: набора типовых и нетиповых блок-модулей строительно-технологических комплексов работ; вариантов прогрессивных технологических схем производства и комплексной механизации работ; технико-экономического обоснования комбинированных технологий типовых и нетиповых модулей; выбора комбинированных (гибких) технологий строительно-монтажных работ; технологического обеспечения и контроля качества, точности, прочности, надежности и долговечности конструкций по видам работ СТМ; обеспечения проектно-сметной и организационно-технологиче-

ческой документации (ПОС, ППР, технологические карты, сетевые графики); материально-технического обеспечения объекта строительства, комплектации и ритмичности поставки конструкций; обеспечения трудовыми ресурсами и подготовки кадров; комплексной механизации и автоматизации технологических процессов; системы охраны труда и безопасности работ; внедрения прогрессивных форм организации работ и оплаты труда, внедрения АСУ технологическими процессами; комплексной системы управления качеством строительства: экономического, правового и юридического обеспечения.

Рациональные технологические схемы производства СМР назначаются исходя из схем комплексной механизации производственных процессов и видов СМР, входящих в состав строительно-технологических комплексов (СТК). При этом для каждого модуля может иметь место ряд технологий или технологических схем, которые комбинируются и варьируются из набора типовых инженерно-технологических решений.

При бетонировании железобетонных конструкций могут быть предусмотрены различные способы ускоренной термообработки бетонной смеси или безобогревного способа бетонирования с широким диапазоном технических и технологических возможностей при выполнении опалубочных работ, использовании пространственных арматурно-опалубочных блоков, каркасов сборно-разборной, секционно-переставной опалубки, пресс-опалубки и др.

Технология СМР тесно связана с выбором средств механизации и технологической оснастки. На разных стадиях возведения высотных сооружений и строительно-технологических комплексов используется различная строительная техника, технологическое оснащение, строительно-монтажные машины: стреловые, башенные приставные, самоподъемные, самонаращаемые краны, гидроподъемники, специальные грузоподъемные механизмы и т. п.

Основными условиями оптимальной технологии и организации СМР строительно-технологических комплексов или модулей являются:

- ☐ создание долговременных специализированных ритмичных потоков монтажных, бетонных, специальных и отделочных работ;
- ☐ совмещение или последовательное выполнение СМР строительно-технологических комплексов-модулей в зависимости от конструктивных схем, технологических особенностей, взаимосвязей;
- ☐ полная и бесперебойная комплектация строительно-технологических комплексов, преимущественный монтаж конструкций с транспортных средств, "с колес";
- ☐ применение высокопроизводительных бетононасосов и пневмонагнетателей с шарнирно-сочлененными распределительными стрелами, гибкими бетоноводами;
- ☐ применение специальных монтажных кранов для возведения зданий требуемой высоты;
- ☐ решение проблемы вертикального транспорта, использование грузопассажирских подъемников для подъема людей и материалов;

- создание постоянной геодезической службы и пооперационного контроля;
- разработка специальных решений по технике безопасности, обеспечение жесткости и устойчивости здания на всех стадиях монтажа, бетонирования монолитных участков, выполнения смежных работ;
- организация диспетчерской системы управления производством, оснащенной прямой селекторной, телефонной, радио- и телесвязью с центральным диспетчерским пунктом;
- внедрение комплексной системы управления качеством строительства.

Наряду с распространенной чебоксарской технологией (на основе французской системы Сарэт), где узел соединения "колонна — ригель — плита" монолитный, а весь каркас собирается без применения сварки, на Урале используются и другие виды конструктивных схем каркасных зданий.

Конструкция безригельного каркаса системы КУБ-2.5 представляет собой рамный (рамно-связевой) сборно-монолитный каркас с бескапитальными перекрытиями. Пространственная жесткость обеспечивается монолитной связью элементов (перекрытий и колонн) и, при необходимости, включением в систему связей или диафрагм.

Сборно-монолитная конструктивная система КУБ-2.5 является развитием систем серии КУБ с целью их дальнейшей универсализации для различных условий строительства, усовершенствования конструктивных решений, снижения трудозатрат на изготовление и монтаж элементов и оптимизации экономических характеристик. Каркас монтируется из изделий заводского изготовления с последующим замоноличиванием узлов, в эксплуатационной стадии конструкция является монолитной.

Конструктивные решения системы КУБ-2.5 — стыки панелей перекрытий, стыки неразрезных многоярусных колонн, узлы соединения панелей перекрытия с колоннами, шпренгельные конструкции 12-метровых пролетов и др. — обеспечивают рамные и рамно-связевые системы каркасов зданий. Разработанные в системе КУБ-2.5 новые элементы конструкций не требуют установки опалубки, что значительно сокращает (на 60 %) объем бетона замоноличивания на монтаже. Кроме того, конструкция стыков колонн исключает применение ванной сварки. Все это снижает в сравнении с системой КУБ-3 построечные трудозатраты на 50—60 %.

Из-за сниженных показателей расхода бетона и стали общая стоимость всей постройки снижается на 5—7 %. Бригада из пяти человек за смену может смонтировать до 300 м² перекрытий. Если монтажники обладают хорошей квалификацией, то каркас одной секции высотного дома может быть сделан за два месяца.

Технико-экономические показатели на 1 м² перекрытия системы КУБ-2.5 по данным ЦНИИПИ "Монолит" (г. Москва) отражены в табл. 7.10.

Элементы безригельного каркаса могут быть легко изготовлены во вновь осваиваемых районах, в условиях отсутствия индустриальной базы, а также в местах, где еще не налажено производство каркасов действующих серий.

Таблица 7.10. Техничко-экономические показатели системы КУБ-2.5

Показатели	Значения
Материалы	
Бетон м ³ • сборный • монолитный	0,165 0,016
Цемент	67,7 кг
Металл	12,63 кг
Трудозатраты (чел./ч/м²)	
Построечные	0,51 чел./ч
Заводские	1,92 чел./ч

Безригельный каркас обладает архитектурно-планировочными и конструктивными преимуществами перед традиционными балочными. Особенности КУБ-2.5, отличающими ее от традиционных сборно-монолитных каркасных систем, являются отсутствие ригелей, роль которых выполняют плиты перекрытия, и использование многоярусных колонн без выступающих частей.

Металлокаркас

Металлокаркасные здания (рис. 7.63) особенно актуальны и широко распространены в промышленном секторе.

Производителями быстровозводимых зданий из металлоконструкций применяются технологии на основе "черного" каркаса, тонкостенного оцинкованного каркаса, комбинированного каркаса, внедряются усовершенствованные разработки.

По техзаданию "Уралтрубпром" проектной фирмой "Уникон" (г. Кемерово) разработана серия, основные несущие конструкции каркасов которой — сквозные одно- и многопролетные рамы из профильных труб.

Многие отечественные предприятия практикуют новую технологию на основе легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК), которая имеет свои отличительные особенности, требуют нового подхода к проектированию и строительству. С применением ЛСТК возводят малоэтажные здания, складские помещения, гаражи и т. д. Наряду с технологией "черного" каркаса в производстве несущих конструкций здания используются термопрофили (гнутой оцинкованный профиль с нанесенными особым образом просечками). Основная задача, решаемая термо-

профилем, — ликвидация "мостика холода" в несущих элементах (резкое снижение теплопроводности между наружной и внутренней поверхностью стены). Воздушные прослойки, достигаемые перфорацией, препятствуют прямому прохождению теплового потока через металл. В результате исключается промерзание каркаса. Первопроходцы по внедрению ЛСТК на российском рынке — компании "Сталдом" (Москва), "Электроцит" (Самара), "Инси" (Челябинск) и др.



Рис. 7.63. Металлический каркас

Каркасные технологии возведения зданий и сооружений на основе различных материалов продолжают развиваться. Один из основных сдерживающих факторов для более активного их внедрения — отсутствие/несовершенство нормативной базы. По мнению участников рынка, за каркасными технологиями — будущее.

Сравнительный анализ технико-экономических показателей различных типов жилых домов

Для анализа технической и экономической эффективности строящихся типов домов в табл. 7.11 приведены показатели кирпичных, панельных, монолитных домов в сравнении со строительством домов по каркасно-монолитной технологии в расчете на 1 м² площади. (Данные приведены при сопоставимых качествах жилых домов.)

Таблица 7.11. Сравнение различных типов жилых домов

Показатели	Ед. изм.	Сравниваемые объекты			
		каркасно-монолитный 24-кв. дом	панельный 24-кв. дом	монолитный 24-кв. дом	Кирпичный 24-кв. дом
1. Сметная стоимость в ценах 1999 года на 1 м ² (среднегодовая с 01.01.99 по 01.09.99 г.)	т.руб.	3,05	3,97	3,65	3,12
2. Основные материалы:					
цемент	т	0,28	0,34	0,37	0,24
цемент пр. к М400	т	0,24	0,33	0,37	0,24
в т. ч. на сборные изделия	т	0,07	0,26	0,16	0,14
сталь	т	0,02	0,04	0,04	0,02
сталь пр. с 38/23	т	0,02	0,05	0,05	0,03
в т. ч. на сборные изделия	т	0,02	0,05	0,03	0,03
3. Бетон и железобетон	м ³	0,7	1,06	1,3	0,34
в т. ч. монолитный тяжелый	м ³	0,54	0,09	0,1	0,01
легкий	м ³	—	0,01	0,73	0,07
сборный тяжелый	м ³	0,03	0,61	0,37	0,48
легкий	м ³	—	0,56	0,1	0,08
4. Лесоматериалы	м ³	0,16	0,12	0,11	0,07
5. Кирпич	м ³	0,32	0,01	0,01	0,38
6. Объем строительный	м ³	12427,1	6219,4	5980,7	5547
7. Общая площадь	м ²	2538,4	1455,2	1461,2	1374,04
8. Жилая площадь	м ²	1226,80	824,8	836,7	856,2
9. Летние помещения	м ²	218,3	67,2	18,2	118,5

Сравнительные характеристики различных видов каркасных зданий

В настоящее время в практике российского домостроения наиболее отработаны 6 видов конструктивных схем каркасных зданий.

❑ Связевый каркас межвидового применения 1.020-1/87.

Высокий уровень индустриального изготовления конструктивных элементов каркаса позволяет достичь высокой скорости его монтажа. Однако фиксирован-

ная сетка колонн ограничивает планировочные решения на стадии проектирования. Из-за шарнирного соединения колонн с ригелями конструктивная схема не обладает достаточной пространственной гибкостью. В процессе монтажа каркаса присутствуют сварочные работы, в том числе "ванная" сварка арматуры больших диаметров, что требует дополнительных высококвалифицированных специалистов и усиленного контроля на строительной площадке.

❑ Каркас с безбалочными безкапитальными перекрытиями КУБ-2.5.

Конструктивная схема основана на поточно-агрегатной технологии изготовления тяжелых крупногабаритных железобетонных конструкций в условиях завода. Каркас тоже предполагает фиксированную сетку колонн. Кроме того, небольшая высота несущих элементов приводит к перерасходу арматурного металла, снижению жесткости здания, увеличению доли сварочных работ. При монтаже каркаса необходимы высококвалифицированные специалисты.

❑ Сборно-монолитный каркас межвидового использования с применением несъемной плиты-опалубки толщиной 6 см (патент № 2107784).

Полное заводское изготовление всех несущих конструкций каркаса (колонн, плит и ригелей) обеспечивает их высокое качество и надежность каркаса здания. Использование предварительно напряженных элементов каркаса позволяет увеличить пролеты и значительно уменьшить расход металла. Шаг колонн может быть любой, до 12 м, что, в совокупности с практически не ограниченной высотой этажей, позволяет значительно разнообразить архитектурно-планировочные решения. Бессварные монтажные узлы соединения основных элементов: колонна — ригель — плита, а также "штепсельные стыки" колонн повышают жесткость каркаса, позволяя достичь сейсмостойкости здания до 10 баллов. Простота монтажа при полном отсутствии сварочных работ позволяет достигать высокой скорости и качества строительства даже при недостаточно квалифицированных рабочих кадрах.

❑ Сборно-монолитный каркас межвидового использования с применением пустотной плиты.

Конструктивная схема, которая при ограничении шага колонн до 9 м, полностью сохраняет достоинства сборно-монолитного каркаса с применением несъемной плиты-опалубки, в то же время позволяя значительно снизить долю монолитного бетона в процессе монтажа при незначительном увеличении расхода сборного железобетона.

❑ Монолитный безригельный каркас с шагом колонн 6 м.

Исполнение полностью монолитного каркаса в условиях строительной площадки требует повышенной ответственности работников и усиленного контроля в процессе строительства, большой штат высококвалифицированных рабочих и специалистов по ведению монтажных работ. В большом объеме присутствуют сварочные работы. Фиксированная сетка колонн и плоское перекрытие ограничивают планировочные решения здания.

❑ Универсальная архитектурно-строительная система серии Б-1.020.7 (Белорусская).

При высоком уровне индустриализации производства сборных элементов достигается большая скорость монтажа каркаса. Вместе с тем ограничиваются планировочные решения здания из-за фиксированной сетки колонн. Каркас не обладает достаточной пространственной жесткостью. Наличие "ванной" сварки стержней колонн этажей усложняет строительный процесс. Широкие монолитные участки по осям колонн требуют установки тяжелых монтажных подмостей при монтаже сборно-монолитного перекрытия, что затрудняет ведение последующих работ по устройству наружных и внутренних стен.

Перечень преимуществ сборно-монолитного каркасного здания по отношению к кирпичному

Если сравнить два здания, одно из которых выстроено по традиционной технологии кирпичной кладки, а другое — с использованием сборно-монолитного каркаса (при прочих равных условиях: этажность, контур и площадь в плане и т. п.), то очевидными станут следующие преимущества технологии сборно-монолитного каркасного домостроения.

- ❑ С использованием сборно-монолитного каркаса увеличивается общая полезная площадь дома за счет уменьшения толщины стены на $12,8 \div 16,3 \%$.
- ❑ Благодаря каркасной технологии расширяются возможности использования подвальных и цокольных площадей.
- ❑ При использовании сборно-монолитного каркаса исключаются потери площади на температурно-деформационных швах здания.
- ❑ Относительная стоимость строительства несущих конструкций каркасного здания снижается до 39% с учетом возврата затрат от увеличения площади.
- ❑ Сборно-монолитный каркас предоставляет возможность использования в ограждающих конструкциях неконструкционных материалов с низкими показателями прочности, но высокими теплоизоляционными характеристиками.
- ❑ Для каркасного здания происходит уменьшение веса несущих конструкций до 40% .

Безшовная технология сборного домостроения

Строительство домов ДСК "Блок" осуществляет в быстрые сроки, независимо от сезонности. Это происходит за счет комплексного управления производством, собственной производственной базы, монтажных бригад, парка спецтехники и транспорта. Непрерывность технологического процесса монтажа многоэтажных зданий (до 100 м высотой) в короткие сроки достигается за счет четко отработанного технологического цикла строительства длительностью 18 месяцев (рис. 7.64).

Условия инновационного строительства: модернизация производственно-технической базы и техническое перевооружение позволяют сократить затраты, увеличивать производственные мощности, оптимизировать технологические процес-

сы, разрабатывать новые решения и повышать качество производимой продукции для строительства жилых объектов из железобетонных комплектующих.

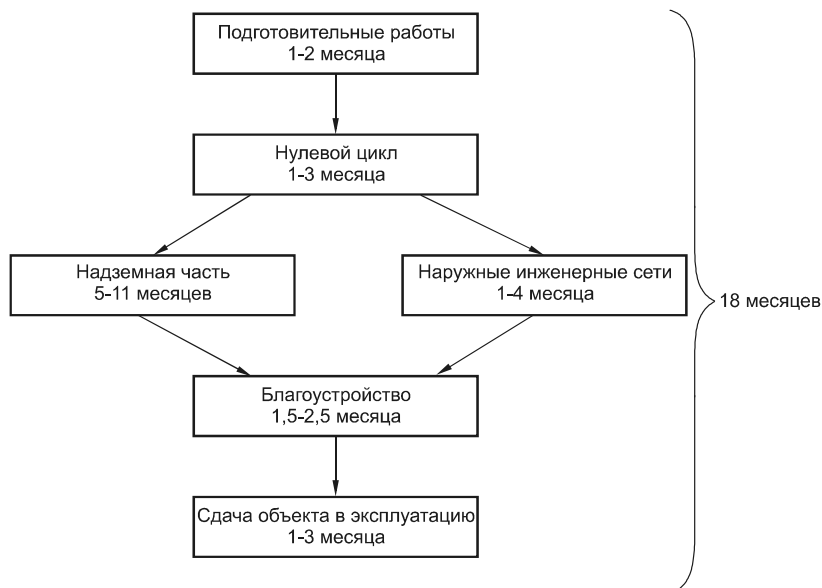


Рис. 7.64. Схема процесса строительства при выполнении функций генподрядчика, подрядчика

Сегодня выпуск продукции осуществляется на современном оборудовании лучших производителей как отечественного производства, так и ведущих мировых производителей из Германии (Vollert-Weckenmann), Италии, Финляндии.



Рис. 7.65. Производственный комбинат

После завершения первых двух этапов модернизации производства комбинат (рис. 7.65) внедрил:

- ☐ технологию температурной обработки изделий в процессе производства с использованием термального масла, для чего ввел в эксплуатацию единственную в своем роде в Северо-Западном регионе термомасляную котельную;
- ☐ технологию финских производителей по производству объемных элементов лифтовых шахт;
- ☐ конвейерную линию по производству плит-перекрытий;
- ☐ тридцатиместные кассетные машины для формовки внутренних и наружных стеновых панелей;
- ☐ изготовление пространственных арматурных каркасов с помощью манипуляторов;
- ☐ автоматическую бетоносмесительную линию.

ДСК "Блок" является первым предприятием на рынке жилого домостроения Санкт-Петербурга, применившим утепление наружного контура зданий, смонтированных из однослойных железобетонных изделий, или, иначе, бесшовную технологию возведения фасадов.

Строительство жилых домов по бесшовной технологии возведения фасадов позволяет решить проблемы энергосбережения в индустриальном домостроении. Утепление наружного контура не задерживает сдачу объекта в срок, так как эти работы ведутся параллельно с монтажом инженерных систем и внутренней отделкой зданий.

Применяемая технология позволяет:

- ☐ повысить термическое сопротивление наружных стен;
- ☐ закрыть межпанельные стыки (отсутствие "мостиков холода");
- ☐ исключить протечки и промерзание в стыках наружных стен.

По технологии "без швов" каждый контур здания собирается из однослойных железобетонных панелей толщиной 120—160 мм. Затем с наружной стороны прикрепляется теплоизоляционный слой из материалов с низким коэффициентом теплопроводности. Помимо тепловой защиты, он является основанием для нанесения штукатурного слоя. Поверх слоя утеплителя наносится армирующий слой из специального клеевого состава, толщиной 2—4 мм, и сетки из стекловолокна, вдавленной в клеевой состав, с последующим нанесением грунтовочного слоя. Завершает наружную отделку стены минеральная, полимерная, декоративная штукатурка шероховатого покрова. Толщина завершающего слоя 2—3 мм.

Технологическая линия Тенсиланд под производство железобетонных изделий

Новая испанская линия безопалубочного формования Тенсиланд (рис. 7.66) предусмотрена под производство железобетонных изделий, в частности плит пустотного настила, а также других длинномерных изделий. Производство ведется методом безопалубочного формования.

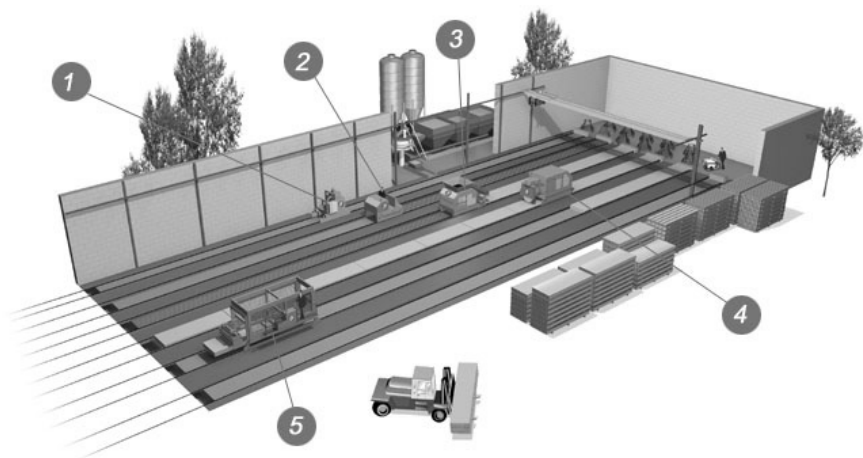


Рис. 7.66. Линия Тенсиланд

На рис. 7.66 цифрами отмечены следующие машины, работающие на линии Тенсиланд:

1



Машина для чистки дорожек осуществляет уборку дорожек после формовки

2



Машина для раскладки проволоки

3



Формующая машина нового поколения Тенсиланд

4



Машина для резки производит резку в поперечном направлении либо под любым углом

5



Пакетировщик для сбора и вывоза готовой продукции

На заводе ЖБИ осуществляется производство пустотных плит перекрытия. Каждая плита имеет ширину 1,2 м и длину до 12 м, толщину 0,22 м. Класс бетона по прочности: В30—В40. Длина плиты перекрытия имеет очень важное значение для строительства ширококорпусных зданий.

Способ возведения монолитной строительной конструкции здания или сооружения "БЛИСС ХАУС"

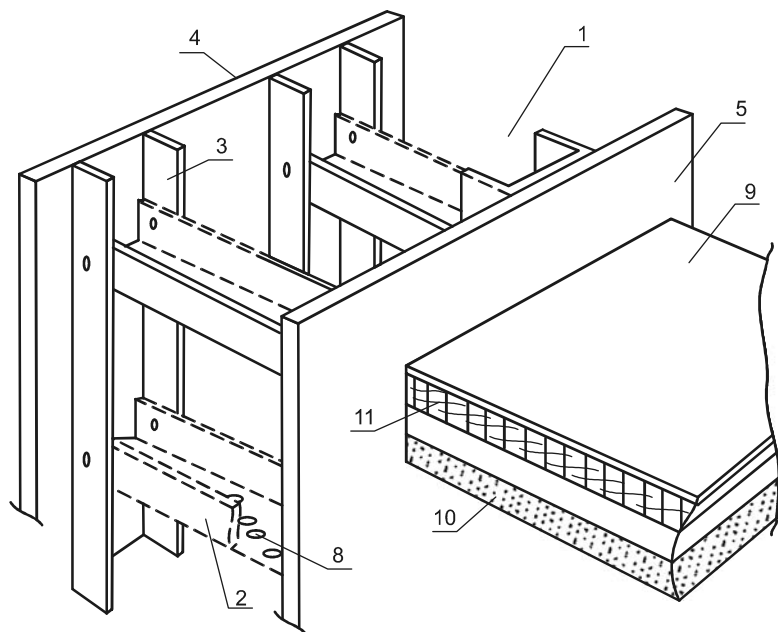


Рис. 7.67. Сборка металлического каркаса из легких стальных оцинкованных тонкостенных элементов швеллерообразной формы в поперечном сечении: 1 — металлический каркас; 2 и 3 — легкие стальные оцинкованные тонкостенные элементы (ЛСТК); 4 — наружные щиты; 5 — внутренние щиты; 6 — гипсобетонный заполнитель; 7 — монолитная стеновая панель; [6 и 7 заполняются после изготовления каркаса.] 8 — перфорационные просечки; 9 — перекрытие; 10 — древесно-цементная плита; 11 — деревянный настил

Способ возведения монолитной строительной конструкции здания или сооружения (рис. 7.67), при котором на специально подготовленном фундаменте на первом этапе возведения производят сборку металлического каркаса из легких стальных оцинкованных тонкостенных элементов швеллерообразной формы в поперечном сечении. Затем на каркасе монтируют наружные и внутренние щиты несъемной опалубки, после чего внутреннее пространство между щитами несъемной опалубки заливают гипсопенобетонным заполнителем, образуя с последними после набора прочности монолитную стеновую панель. Поперечно расположенные относительно стеновой панели швеллерообразные элементы выполняют с перфорационными просечками по всей длине для устранения "мостика холода" в панели, при этом возведение перекрытия здания выполняют также на основе части элементов

стенной панели. Сначала производят сборку и установку металлического каркаса, также выполненного из легких стальных оцинкованных тонкостенных, швеллерообразных в поперечном сечении, элементов, затем снизу к каркасу крепят древесно-цементную плиту и заливают каркас гипсопенобетонным заполнителем. После набора прочности сверху первоначально устанавливают деревянный настил, а затем на него укладывают защитное покрытие из стекломгнезитового листа.

Способ возведения монолитных стен жилых домов, зданий и сооружений в комбинированной опалубке

Способ возведения монолитных стен жилых домов, зданий и сооружений в комбинированной опалубке включает установку щитов опалубки с фиксацией расстояния между щитами хомутами на момент заливки бетоном. При этом устанавливают на технологическом горизонте вначале внешние несъемные облицовочные панели на раствор по уровню, изготовленные из армированного бетона с выступающими в стену краями горизонтальной арматуры, либо из других более мелких облицовочных элементов, в которых арматуру с загнутыми краями помещают в растр между элементами. Затем навешивают гибкий утеплитель с протыканием его через выступающую арматуру и прижимом к внутренней стороне облицовочной панели, либо устанавливают утеплитель изнутри здания после изготовления монолитных железобетонных стен, после чего укладывают горизонтальную арматуру на выступающие концы арматуры облицовочных панелей, причем края горизонтальной арматуры стен тоже загибают. Затем устанавливают панели внутренней съемной опалубки первого уровня от пола на захватки и, начиная со второго уровня, — на смонтированные в жидкий бетон упоры, верхний край внутренней опалубки фиксируют жесткими хомутами или зацепами относительно облицовочной панели. Заливают бетоном межопалубочное пространство с расстановкой упоров для следующего ряда внутренних панелей опалубки.

Возведение наружных стен из строительных блоков

Технология полистиролбетона и блоков из него (Россия)

Современный опыт строительства убедительно показал высокие преимущества однослойных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона: по стоимости 1 м² наружных стен пенополистиролбетонные стены в 1,5—2,0 раза дешевле стен из ячеистого бетона, кирпичных стен с утеплителем и навесных панелей.

Блоки из особо легкого полистиролбетона представляют новое поколение строительных материалов, предназначенных для устройства теплоэффективных наружных стен в соответствии с новыми повышенными требованиями для зданий различного назначения.

Пенополистиролбетонные блоки сочетают в себе достоинства таких известных материалов, как бетон (прочность), дерево (легкость обработки) и пенополистирол (высокие тепло- и звукозащитные свойства). При этом пенополистиролбетонные блоки:

- ❑ экологически безопасны;
- ❑ не горючи, при оштукатуривании или облицовке кирпичом могут применяться при строительстве зданий I категории огнестойкости и класса жаростойкости СО, т. е. до 25 этажей включительно;
- ❑ биостойки, не повреждаются грызунами.

Блоки водонепроницаемы, не боятся воздействия прямых солнечных лучей, легко поддаются обработке, выполнены без стальной арматуры, а значит, не создают помех радиоволнам, отсутствует искажение геомагнитного поля внутри помещений.

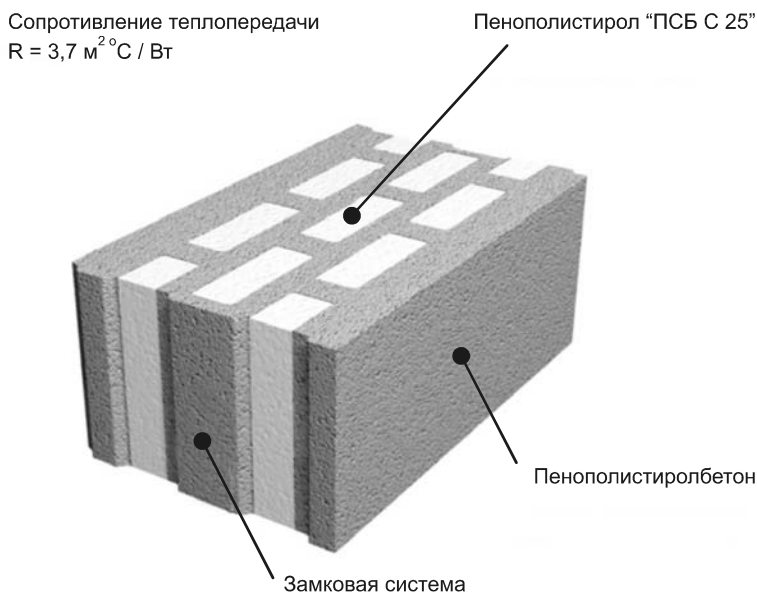


Рис. 7.68. Полистиролбетонные блоки

Полистиролбетонные блоки (рис. 7.68) используются в строительстве с 70-х годов более чем в 40 странах. За рубежом этот строительный материал пользуется особой популярностью в Германии, Голландии, Скандинавских странах, Чехии. В Швеции более 50 % конструкций возводится именно из полистиролбетона (рис. 7.69).

Использование полистиролбетона позволяет решать современные требования энергосбережения применительно к наружным ограждающим конструкциям и ставит полистиролбетон в первый ряд теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов.

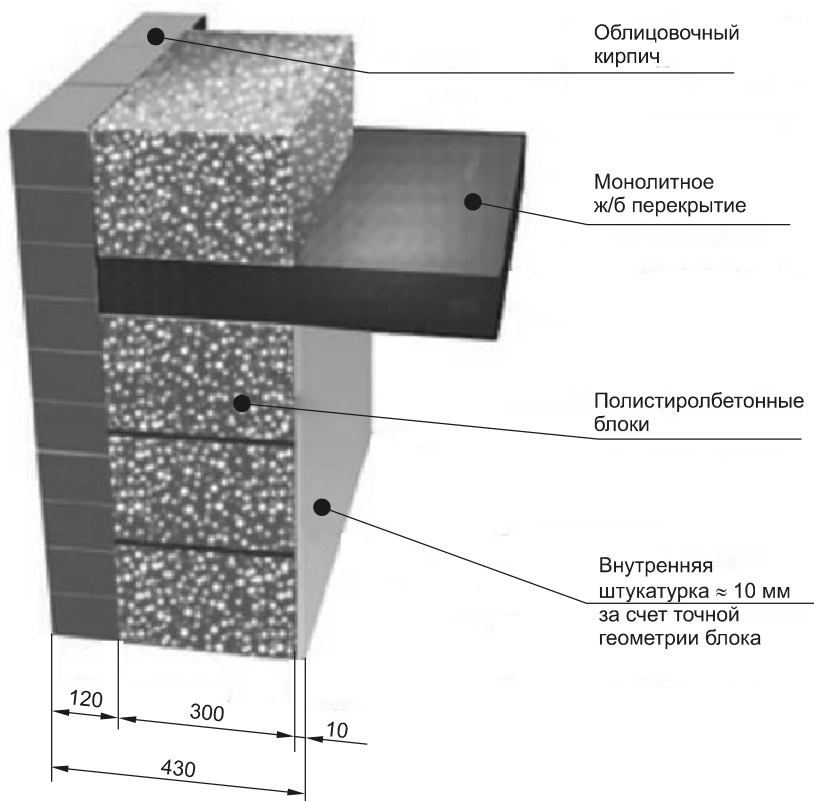


Рис. 7.69. Конструктивная схема

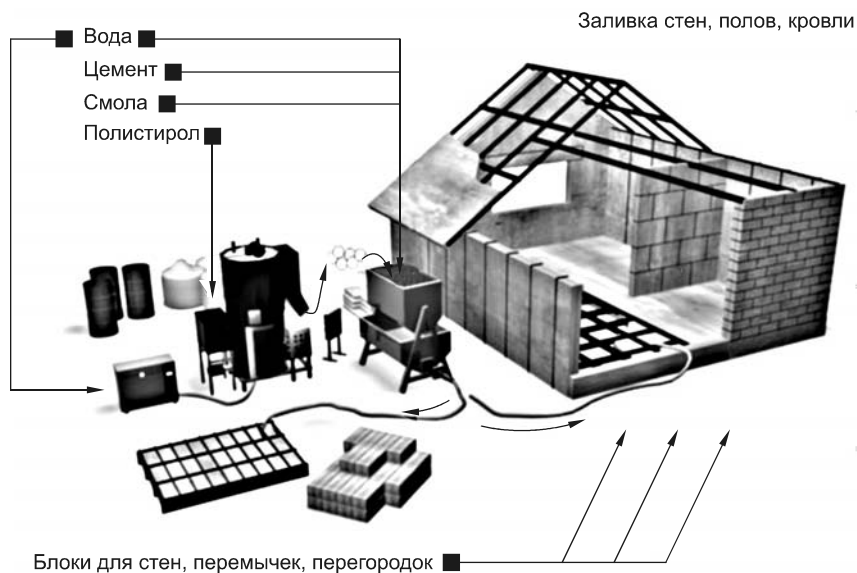


Рис. 7.70. Дом из полистиролбетонных блоков

Полистиролбетон паро- и воздухопроницаем, не токсичен и обладает пониженной сорбционной влажностью. Благодаря этим качествам, микроклимат в доме из полистиролбетона близок к климату деревянного дома. В отличие от сооружений из кирпича, обычного или ячеистого бетона, дом из полистиролбетона аэропроницаем, этот материал "дышит". Дом из полистиролбетонных блоков не требует утепления (рис. 7.70).

Очень важным параметром качества полистиролбетонных блоков является точность соблюдения размеров. При использовании блоков с точными размерами кладку эффективно осуществлять на монтажный клей. При применении такого клея, швы в кладке минимальны, межблочный шов не более 3—4 мм, стена получается практически монолитной, что позволяет избежать образования мостиков холода. При соблюдении точности стеновой кладки облицовочные материалы (при необходимости) могут быть выложены непосредственно на стену без предварительного выравнивания слоем штукатурки.

Основные преимущества полистиролбетонных блоков при возведении наружных стен по сравнению со стенами из ячеистобетонных блоков (пенобетон, газобетон) и кирпича с утеплителем (при одинаковом уровне теплозащиты):

- ☐ стоимость метра квадратного стены ниже в 1,5—1,7 и 1,46—2,15 раза соответственно;
- ☐ трудоемкость возведения стен ниже в 1,5—2,0 раза;
- ☐ экономичность и комфортность при полной экологической безопасности;
- ☐ конструкция стены в 30 см эквивалентна по теплопроводности кирпичной стене толщиной 1,8 м;
- ☐ высокая технологичность строительства, блоки легко пилятся (придание любой геометрической формы, устройство каналов для скрытой проводки).

Если сравнивать полистиролбетон с пенобетоном и газосиликатом, то у него несколько преимуществ:

- ☐ при равных марках он на 20 % прочнее этих материалов;
- ☐ в отличие от них, он хорошо работает на растяжение и изгиб;
- ☐ в условиях эксплуатации содержание влаги в полистиролбетоне в 5 раз ниже. Поэтому внутри конструкций из этого материала отсутствуют микроорганизмы (плесень);
- ☐ его теплопроводность вдвое меньше, чем у газосиликата и пенобетона, по этому показателю он превосходит даже дерево: полистиролбетонные конструкции на 0,015 Вт/мк теплее деревянных;
- ☐ морозостойкость полистиролбетона марки Д500 на 50 % выше, чем у пенобетона и газосиликата той же марки;
- ☐ этому материалу, в отличие от "конкурентов", не страшно воздействие растворителей, бензина, масел, слабых растворов кислот и щелочей.

В свете сегодняшних требований особенно востребован полистиролбетон с объемной массой $<600 \text{ кг/м}^3$.

В отличие от легких бетонов с минеральными заполнителями, в случае полистиролбетона возможно производство легкого бетона с объемной массой менее 200 кг/м^3 и, соответственно, с хорошими теплоизоляционными характеристиками. Именно поэтому основное внимание специалистов сосредоточено на полистиролбетоне, попадающем в этот низший диапазон объемных масс, в частности, на улучшении свойств легкого бетона с пенополистирольным заполнителем, технологии его производства и разработке строительных систем с применением полистиролбетона. В качестве заполнителя в этом материале используется пенополистирол с объемной плотностью $10\text{—}25 \text{ кг/м}^3$, которая не оказывает влияния на конечную прочность легкого бетона. Размер зерен вспененных частиц пенополистирола составляет $0,5\text{—}3,5 \text{ мм}$, что позволяет получать мелкопористый скелет бетона. Используемый сырьевой материал имеет размер частиц от $0,2$ до $1,0 \text{ мм}$.

Блоки из полистиролбетона предназначены для возведения наружных и перегородочных стен. Наружные стены могут применяться в зданиях различного назначения любой конструктивной системы. В зависимости от воспринимаемых ими вертикальных нагрузок такие стены могут быть:

- ☐ несущими — рекомендуется применять в общественных и производственных помещениях высотой в $1\text{—}2$ этажа, в жилых зданиях — до 3 этажей включительно. Такие стены следует выполнять из блоков по плотности не ниже D400 с прочностью на сжатие не ниже B1;
- ☐ самонесущими — могут применяться в зданиях любой этажности, выполненных с поэтажным опиранием на перекрытия. Выполняются они из блоков марки по плотности не ниже D300 с прочностью на сжатие не ниже B0,5;
- ☐ навесными — применяются в зданиях любой этажности. Этот тип стен выполняется из плит марки по плотности не ниже D200.

На стены из полистиролбетона следует наносить наружный защитно-декоративный и внутренний отделочный слои. Для защитно-декоративного и отделочных слоев рекомендуется применять цементно-песчаный раствор. Защитно-декоративный слой должен быть толщиной не менее 15 мм , внутренний отделочный — не менее 20 мм . Фасадная защитно-декоративная облицовка наружных стен может выполняться также в виде кладки из керамического кирпича толщиной 120 мм . Допустимы другие виды отделки поверхностей стен, отвечающие требуемым декоративным, защитным и другим эксплуатационным свойствам.

Стеновая кладка полистиролбетонных блоков может вестись как на специальных клеях, так и на растворах. При кладке блоков на специальных полистиролбетонных растворах толщина швов не должна превышать 12 мм . Раствор готовится на строительной площадке из вспененного полистирола, цемента, воды и добавки.

Преимущества использования полистиролбетонных блоков

- ☐ не требуется дополнительное утепление;
- ☐ толщина наружных стен уменьшается до $30\text{—}40 \text{ см}$;

- ❑ достигается удешевление строительных работ и уменьшение эксплуатационных затрат на отопление;
- ❑ повышается звукоизоляция.

Характеристики полистиролбетона:

- ❑ относится к трудногорючим материалам, имеет группу горючести Г1;
- ❑ плотность (по ГОСТ Р51253-99) — от 150 до 600 кг/м³;
- ❑ морозостойкость — от F100 и более;
- ❑ прочностные характеристики — от В0,5 до В2,5 (500—600 кг/м³);
- ❑ предел прочности на растяжение — класс В12,5 (для легких бетонов на пористых заполнителях);
- ❑ коэффициент теплопроводности — в пределах от 0,55 до 0,12 Вт/м·°С.

Области применения:

- ❑ монолитная теплоизоляция стен, полов, чердаков, кровель, в колодцевой кладке, каркасных конструкций с неснимаемой (оставляемой) опалубкой и т. д.;
- ❑ пустотелые элементы для сборно-монолитных стен;
- ❑ полнотелые и пустотелые блоки;
- ❑ пазогребневые перегородки;
- ❑ плиты утепления фасадов и кровель и т. д.;
- ❑ малые архитектурные формы;
- ❑ замоноличивание стыков наружных панелей.

Таблица 7.12. Блоки пенополистирольные

Плотность (кг/м ³)	Коэффициент теплопроводности (зона Б) Вт/(м·°С)	Прочность на сжатие (кг/см ²)
D250	0,075	6,55
D300	0,085	8,55—9,16
D350	0,095	11,55—13,10
D400	0,100	15,65—18,6
D450	0,115	17,10—19,6
D500	0,125	22,65—25,70
D550	0,135	27,55—29,70
D600	0,145	30,25—32,70

Прочностные характеристики этого материала позволяют возводить здания с перекрытиями из пустотных плит высотой до 3-х этажей (табл. 7.12). Небольшой вес (14 и 21 кг) и минимальная нагрузка на фундамент дают удобства в монолит-

ном строительстве. Пенополистиролбетонные блоки отвечают всем требованиям, предъявляемым к массивной однорядной и двухрядной кладке из стандартных материалов. При их использовании себестоимость кладки снижается примерно в полтора раза.

Снижая плотность бетона, строители достигают следующих положительных результатов:

- ☐ снижение массы конструкций;
- ☐ уменьшение стоимости строительства;
- ☐ повышение теплоизоляционных свойств;
- ☐ снижение трудозатрат и, как следствие, увеличение производительности труда.

Пенополистирольный наполнитель гораздо легче традиционных наполнителей (керамзита, перлита, вермикулита), обладает заметно меньшим водопоглощением и теплопроводностью.

Пенополистиролбетон, в отличие от пенобетона:

- ☐ быстрее схватывается и твердеет;
- ☐ не дает усадки;
- ☐ резко сокращает сроки распалубки;
- ☐ очень быстро набирает высокие прочностные характеристики, в результате чего, спустя сутки после заливки, готов к транспортированию на большие расстояния;
- ☐ бетон защищает полистирольные гранулы от огня и атмосферных воздействий;
- ☐ полистирол придает бетону легкость и теплоизолирующие свойства.

Габариты стеновых элементов определяются климатическими условиями эксплуатации и возможностью бескранового монтажа.

Технология газо-, пенобетона Сибит (Россия)

Газобетон Сибит не горит и имеет высокий предел огнестойкости, позволяющий применять изделия в зданиях 1-й степени пожарной опасности.

Газобетон Сибит обладает исключительной теплоизоляцией, хорошо сохраняет тепло зимой и прохладу летом. Стены из ячеистого бетона Сибит в 3—5 раз теплее кирпича.

Газобетон Сибит "не боится" воды, так как состоит из водонерастворимого минерала, его структура обеспечивает быстрое удаление влаги в окружающую среду без изменения физико-технических характеристик материала.

Это искусственный камень, который не горит и не гниет. При марке по морозостойкости 250 циклов можно прогнозировать срок его эксплуатации свыше 500 лет.

Из газобетонных блоков Сибит можно строить несущие стены домов до 5 этажей, а при выполнении ограждающих конструкций каркасных зданий этажность не ограничивается.

Этот материал хорошо обрабатывается инструментами, пилится, сверлится, гвоздится, стругается, штрабится.

Характеристики газобетона Сибит

❑ МАССА СТЕНЫ

Масса стены из газобетона Сибит (в расчете на 1 м²) в 4—5 раз меньше кирпичной. В результате экономия на фундаменте при коттеджном строительстве достигает 10—15 %.

Стандартный мелкий блок Сибит размером 20×25×60 см марки D600 имеет вес 18 кг и может заменить в ограждающей стене 15—20 кирпичей весом до 80 кг.

❑ ТОЛЩИНА СТЕН

Кирпичная стена при капитальном строительстве толще газобетонной в 2 раза.

По требованиям СНиП толщина стены из Сибита должна быть не менее 0,6 м при марке плотности газобетона D600 и 0,5 м при марке D500, из кирпича — 2,3 м.

Большинство так называемых новых "кирпичных" домов построены с использованием эффективных утеплителей, на практике далеко недолговечных. Из Сибита мы получаем однородную стену.

❑ ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ

Паропроницаемость у Сибита в 4—6 раз выше, чем у кирпича. Паропроницаемость ячеистых бетонов Сибит (0,17 г/м) обеспечивает быстрое удаление построенной влаги из материала и поддержание нормального режима воздуха в помещениях, аэропроницаемость способствует сохранению в помещениях свежего воздуха. Для сравнения, паропроницаемость кирпича не превышает 0,11 г/м, а поперечного среза сосны — 0,06 г/м.

❑ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Теплопроводность стены из Сибита в 4 раза ниже кирпичной, экономия на обогреве строения — до 20 %.

Теплофизические качества позволяют домам из ячеистого газобетона хорошо удерживать тепло, делают теплыми на ощупь поверхности стен.

❑ НАСЫПНОЙ УТЕПЛИТЕЛЬ

Пористый щебень завода "Сибит" в 2 раза меньше по объему и в 4 раза дешевле керамзитового гравия (табл. 7.13).

Таблица 7.13. Сравнение с керамзитом

Характеристика	Сибит	Керамзитовый гравий
Плотность, кг/м ³	369	600—700
Расчетный коэффициент теплопроводности при равновесной влажности, Вт/м·°С	0,12	0,26
Стоимость, руб./м ³	389	1400

В Сибири вопрос утеплителя стоит особенно остро — компания Henkel под- считала, что пока нет утеплителя, потери на квадратный метр таковы, как если бы на каждом метровом участке стены было постоянно включено по 60-ваттной лампочке.

❑ МОРОЗОСТОЙКОСТЬ

По морозостойкости ячеистый бетон Сибит уникален: по ГОСТ строитель- ный материал должен выдерживать 35 циклов "замораживания", а Сибит легко переносит 200 циклов — это примерно соответствует 500-летнему сроку службы дома.

Морозостойкость ячеистого газобетона объясняется его резервной порис- тостью — в эти поры при замерзании вытесняется расширяющиеся лед и вода без разрушения материала.

❑ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ

Крепость перекрытий из ячеистого газобетона Сибит сопоставима с ЖБИ плитами — около 800 кг.

Плиты перекрытия в крыше — готовый теплый чердак! При возведении ма- лоэтажных зданий применение ячеистобетонных перекрытий позволяет значи- тельно сократить применение древесины, кровельной стали, скобяных изделий благодаря устройству совмещенных безрулонных кровель и эффективному ис- пользованию подкрышного пространства, что значительно снижает себестои- мость квадратного метра здания.

❑ ТРУДОВЫЕ И МАТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Трудозатраты при работе с Сибитом меньше в 1,4 раза по сравнению с кир- пичом за счет дружелюбности материала к строителям.

При проведении строительных работ он легко обрабатывается инструмента- ми, имеющимися на любой стройплощадке. Отсюда следует и понижение тру- доемкости кладки, так как вместо 15—20 кирпичей достаточно уложить один блок Сибита.

Скорость строительства дома из Сибита, безусловно, выше — в среднем за смену можно уложить 7 м³ кирпичной кладки и 15 — Сибита. Загородный дом площадью 250 м² пятью рабочими реально "поднять" за 40 дней.

Удельные капитальные вложения при возведении малоэтажных зданий из Сибита меньше в 1,8 раза, чем при использовании кирпича за счет легкости пе- ревозки и простоты укладки.

❑ ТЕХНОЛОГИЯ

Завод "Сибит" использует автоклавную технологию получения газобетона, что значительно повышает прочность блока (табл. 7.14), а усадку готовых бло- ков сводит практически к нулю (усадка блока в процессе эксплуатации у неавто- клавных газобетонов составляет 2—3 мм, а у автоклавных — 0,3 мм). Только в результате автоклавного процесса из исходного сырья получается новый, чрез- вычайно прочный минерал тоберморит — встречающийся и в природе минерал.

Таблица 7.14. Физико-технические показатели конструкций и изделий из ячеистого бетона

Наименование	Марка бетона по прочности на сжатие (класс бетона)	Плотность (объемная масса), кг/м ³	Отпускная влажность, %	Теплопроводность*, Вт/м·°С	Морозостойкость F, циклов	Усадка при высыхании, мм/м	Паропроницаемость, мг/м·ч·Па
Блоки стеновые	M35 (B2,5)	600	25	0,122	100	0,28	0,17
		500		0,109		0,23	0,20
	M50 (B3,5)	700	25	0,140	100	0,34	0,16
Армированные изделия	M50 (B3,5)	700	25	0,140	100	0,34	0,16
Теплоизоляционные плиты	M15 (B1,0)	400	10 % по объему	0,086	50	0,29	0,23

*в сухом состоянии.

Пенобетон

Пенобетон как строительный материал имеет сравнительно недавнюю историю. Впервые он был запатентован в Германии в 1890 году, затем — в Норвегии и Дании. Крупномасштабное промышленное производство пенобетона под маркой "YTONG" было налажено в 1923 году в Швеции, где в настоящее время его потребление составляет более 40 млн м³ в год. Ведущими производителями пенобетона в Европе являются Польша (45 % европейской продукции), Германия (35 %) и Чехия (11 %). Изделия из пенобетона используются в гражданском (преимущественно жилищном) и в промышленном строительстве практически на всех континентах, независимо от климатических условий и зон сейсмичности. Из пенобетона можно возводить дома высотой до четырех этажей. В домах с повышенной этажностью необходимо устройство несущего железобетонного либо металлического каркаса. Основными элементами заводского изготовления являются стеновые блоки, перемычки, стеновые панели, плиты покрытий и перекрытий (рис. 7.71).

Пенобетон изготавливается из весьма доступного и распространенного в природе сырья (кварцевого песка, извести, воды) с добавлением относительно дешевых пенообразователей. Наиболее существенной характеристикой пенобетона, определяющей его основные технические свойства, является объемная масса. 1 м³ пенобетона содержит около 5 м³ воздуха, что предопределяет его высокие теплотехнические свойства. Несмотря на пористую структуру, пенобетон является весьма морозостойким материалом. Его разрушение при низких температурах наступает при увлажнении более 30 %, что случается при неправильном складировании на открытом воздухе либо постоянном увлажнении во время эксплуатации.

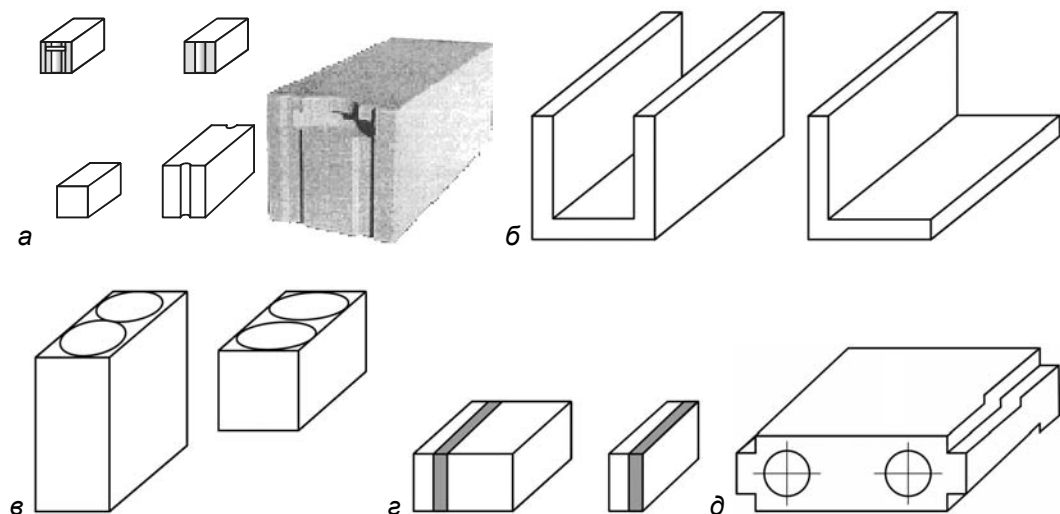


Рис. 7.71. Номенклатура изделий из пенобетона:

- а — стеновые блоки; б — элементы перемычек; в — вентиляционные короба;
 з — блоки с утеплением пенополистиролом либо минераловатными плитами;
 д — пустотные плиты перекрытий

Пенобетон является несгораемым материалом (еврокласс А1), который по огнестойкости не уступает кладке из глиняного кирпича. Во время его нагревания до температуры 100 °С происходит испарение абсорбционной влаги. При дальнейшем повышении температуры испаряется структурно связанная влага, что приводит к усадке и трещинообразованию. Непосредственное длительное воздействие огня вызывает спекание и охрупчивание поверхностных слоев стен.

В соответствии с нормами EN ISO 717-1 звукоизоляция стен оценивается показателями RAR, учитывающими звуковые и ударные источники шума. Их числовые величины возрастают пропорционально логарифму массы 1 м² стены. В связи с низким объемным весом стены из пенобетона обладают худшей звукоизоляцией по сравнению со стенами из глиняного или силикатного кирпича.

Пенобетон наряду с высокой паропроницаемостью обладает большой тепловой инерцией. Процесс теплопередачи с одной поверхности стены противоположной происходит в 4 раза медленнее, чем в стенах из других каменных материалов (8—11 ч, в зависимости от толщины стены и объемной массы пенобетона). Благодаря этим качествам в помещении независимо от погодных условий сохраняется комфортный температурно-влажностный режим.

К важным эксплуатационным показателям следует также отнести низкую радиоактивность пенобетона, сравнимую с такими экологическими материалами, как дерево или глиняный кирпич.

Кладка стен из пенобетонных блоков осуществляется на легких теплоизоляционных растворах или специальных клеях. Толщина горизонтальных швов составляет 1—3 мм. Вертикальные швы — пустотные лабиринтного типа. Благодаря этому

снижается расход раствора, увеличивается производительность труда и устраняются "мостики холода", характерные для кирпичных кладок на тяжелых растворах.

Наименее трудоемкими в возведении являются однослойные стены из пенобетонных блоков (рис. 7.72, а). Их толщина должна быть не менее 240 мм, а штукатурные слои выполняются из минеральных гидрофобизированных растворов, обладающих высокой паропроницаемостью. Применение плотных паронепроницаемых штукатурок способствует накоплению влаги в стенах и, как следствие,

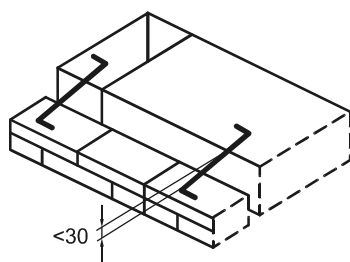
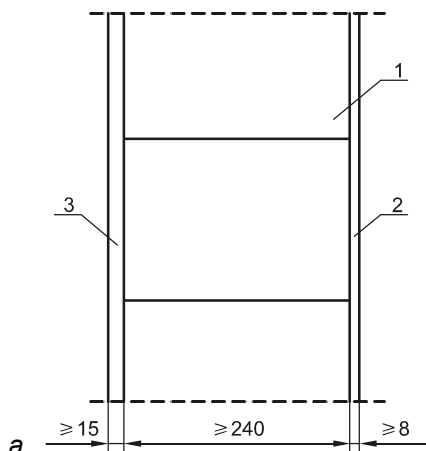
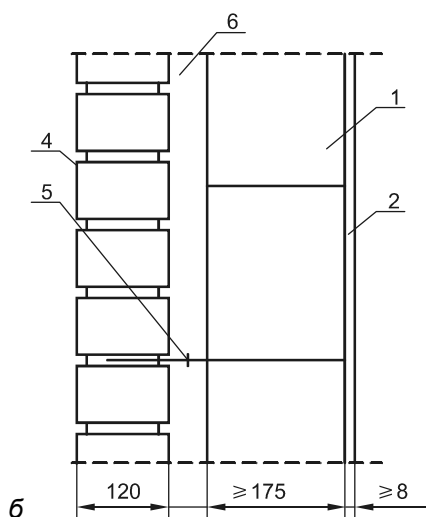


Рис. 7.72. Вертикальные сечения однослойных (а) и щелевых (б) стен:

- 1 — пенобетонные блоки; 2 — внутренняя штукатурка;
- 3 — наружная штукатурка;
- 4 — лицевой слой из силикатного или глиняного кирпича;
- 5 — вентилируемая воздушная прослойка;
- 6 — соединительные анкеры

их преждевременному разрушению, а также появлению грибков и плесени. Следует отметить, что штукатурные слои должны наноситься после затухания усадки стен, которая длится 0,5—1 года. Это увеличивает срок сдачи объекта в эксплуатацию и может привести к переувлажнению стен от атмосферных осадков.

В регионах с интенсивными осадками и влажным климатом наружные стены рекомендуется выполнять щелевыми, состоящими из внутреннего несущего слоя из пенобетонных блоков, воздушной прослойки толщиной 40—150 мм и лицевого защитного слоя толщиной 120 мм в виде кладки из силикатного или глиняного кирпича.

На рис. 7.73, а показаны конструктивные схемы сопряжения наружных стен с железобетонными перекрытиями типа "TERIVA" или "FERT". Последние представляют собой систему ребер заводского изготовления, на которые монтируются пустотелые керамические элементы, а пространство между ними и ребрами заполняется монолитным бетоном. Более прогрессивным является перекрытие в виде сборных плит из армированного пенобетона (рис. 7.73, б).

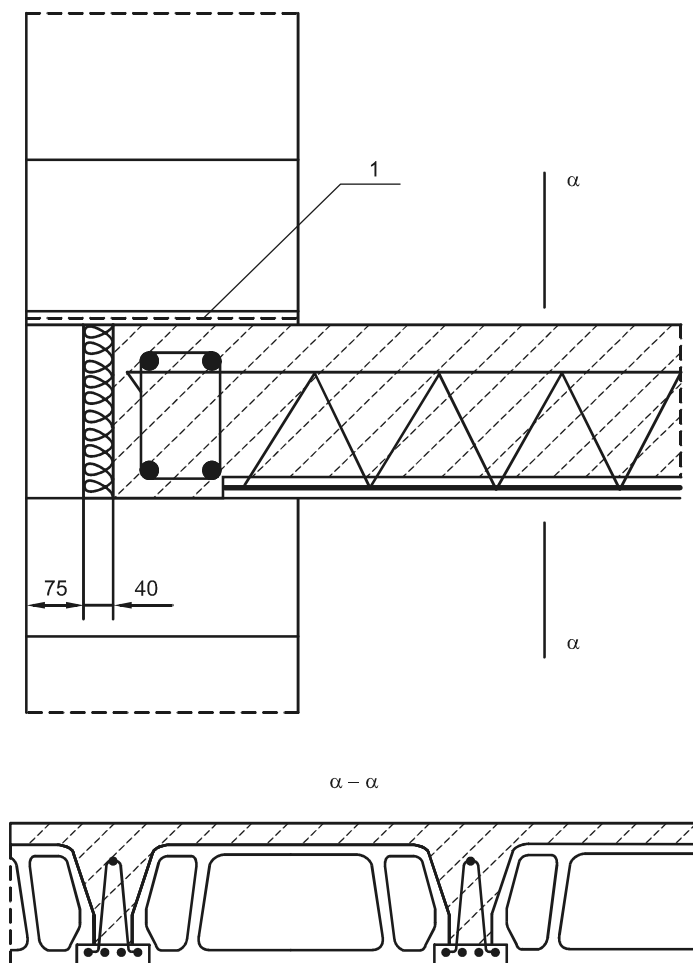


Рис. 7.73, а. Узлы сопряжения стен с ребристыми перекрытиями:
1 — железобетонные пояса жесткости

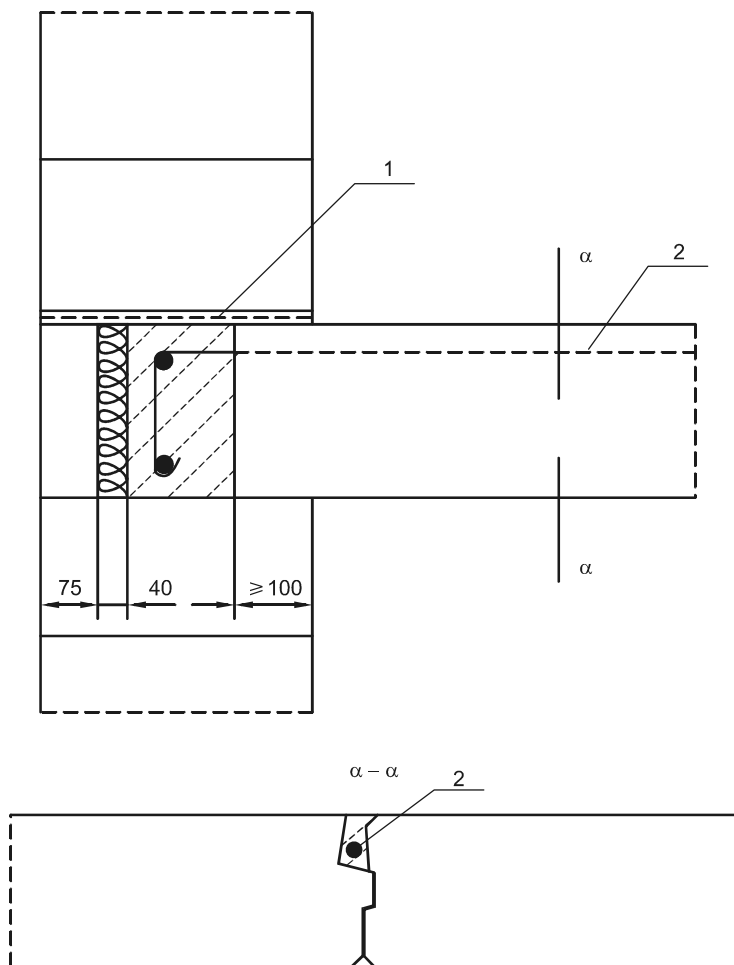


Рис. 7.73, б. Узлы сопряжения стен с панельными (б) перекрытиями:

1 — железобетонные пояса жесткости; 2 — анкерный стержень

Существенным элементом сопряжения перекрытий и стен в обоих случаях является монолитный железобетонный пояс жесткости. Он делается непрерывным на уровне перекрытий по всему периметру несущих стен. Его теплоизоляционные свойства отличаются от пенобетона, в связи с чем пояс, как "мостик холода", защищается с наружной стороны стены вкладышами из пенополистирола или минераловатных плит с облицовкой пенобетонными плитами. Устройство пояса удорожает строительство, но является целесообразным мероприятием из следующих соображений: повышение пространственной жесткости здания; восприятие усилий, возникающих в результате неравномерных осадок основания; перераспределение усилий, вызванных неравномерной нагрузкой на стены; восприятие растягивающих усилий, вызванных температурными деформациями; обеспечение целостности здания в случае локальных разрушений, например, вызванных взрывом газа.

Надоконные и дверные перемычки выполняются из сборных элементов заводского изготовления либо непосредственно при возведении стен путем заполнения бетоном корытообразных элементов из пенобетона, в которых уложен арматурный каркас (рис. 7.74, а). Простенки при малых размерах их поперечных сечений усиливаются монолитными железобетонными столбами. Последние выполняются в несъемной опалубке, представляющей собой вертикальный короб, образованный из корытообразных пенобетонных элементов (рис. 7.74, б).

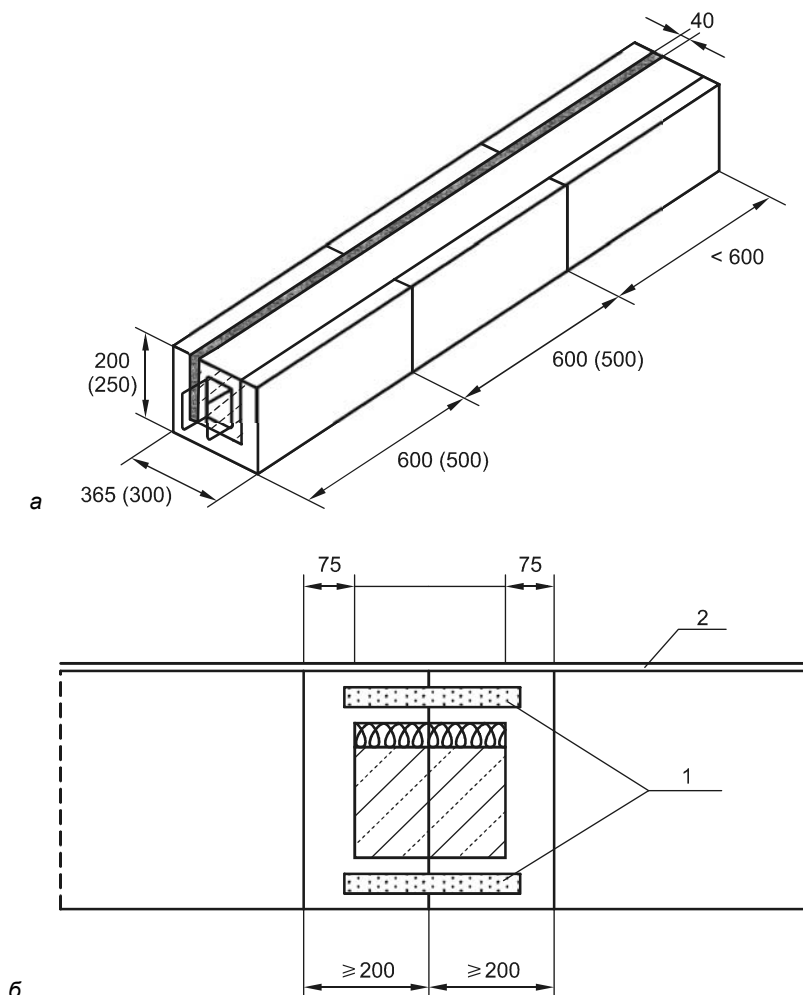


Рис. 7.74. Железобетонные перемычки (а) и простенки (б), изготавливаемые из монолитного железобетона в опалубке из корытообразных пенобетонных элементов:
1 — металлические соединительные пластины; 2 — штукатурный слой

Весьма важным является вопрос возведения из пенобетона стен подвальных помещений. Технические нормы ряда стран допускают возведение наружных и внутренних стен подвалов из пенобетона при условии их гидроизоляции и при уровне

грунтовых вод ниже подошвы фундаментов. Однако даже при самой надежной гидроизоляции стен нельзя исключить возможность их увлажнения за весь период эксплуатации. В связи с этим стены подвалов и цокольные части наружных стен обычно возводятся из водостойких материалов, например из клинкерного кирпича (рис. 7.75).

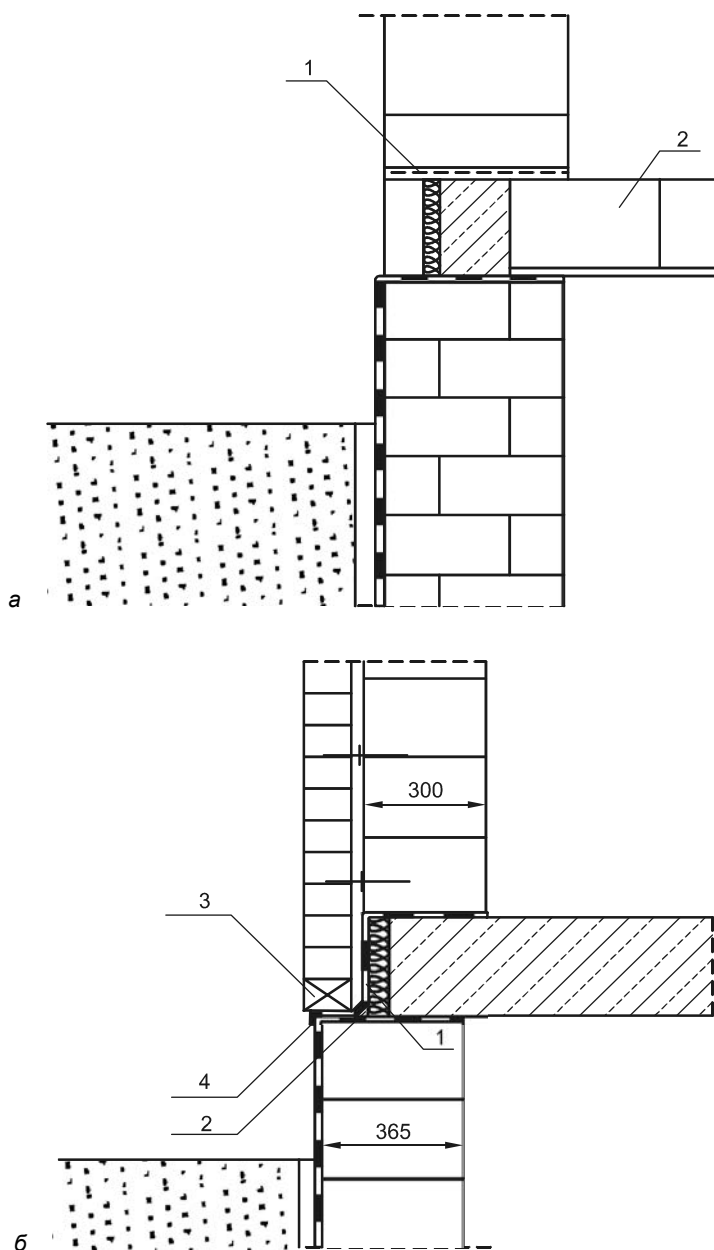


Рис. 7.75. Сопряжение стены из пенобетонных блоков с подвальной стеной из водостойкого кирпича (а) и пенобетонных блоков (б)

В малоэтажных жилых домах крыши, как правило, проектируются скатными. При этом, с целью рационального использования объемного пространства здания, чердаки должны исполнять функции жилых помещений. В этом случае в качестве ограждающих конструкций покрытий весьма эффективными являются армированные пенобетонные плиты. Последние могут исполнять роль сплошных несущих стропильных систем либо укладываться вдоль ската крыши с опорой на кирпичные поперечные стены — перегородки (рис. 7.76). Для уменьшения "мертвого" пространства в карнизной части чердака наружные стены возводят на 1,6—2,0 м выше отметки пола перекрытия. Восприятие распора, передаваемого от стропильных конструкций на свободно стоящие наружные стены, осуществляется с помощью монолитного железобетонного каркаса, который состоит из горизонтальных поясов и вертикальных стоек (см. рис. 7.76).

Следует иметь в виду, что длительно протекающие деформационные процессы усадки в кладке из пенобетона могут вызывать ее растрескивание. Особенно это касается зданий, эксплуатация которых начата при недостаточно просушенных стенах. В этом случае трещинообразованию наиболее подвержены участки стен в местах оконных и дверных проемов (рис. 7.77, а).

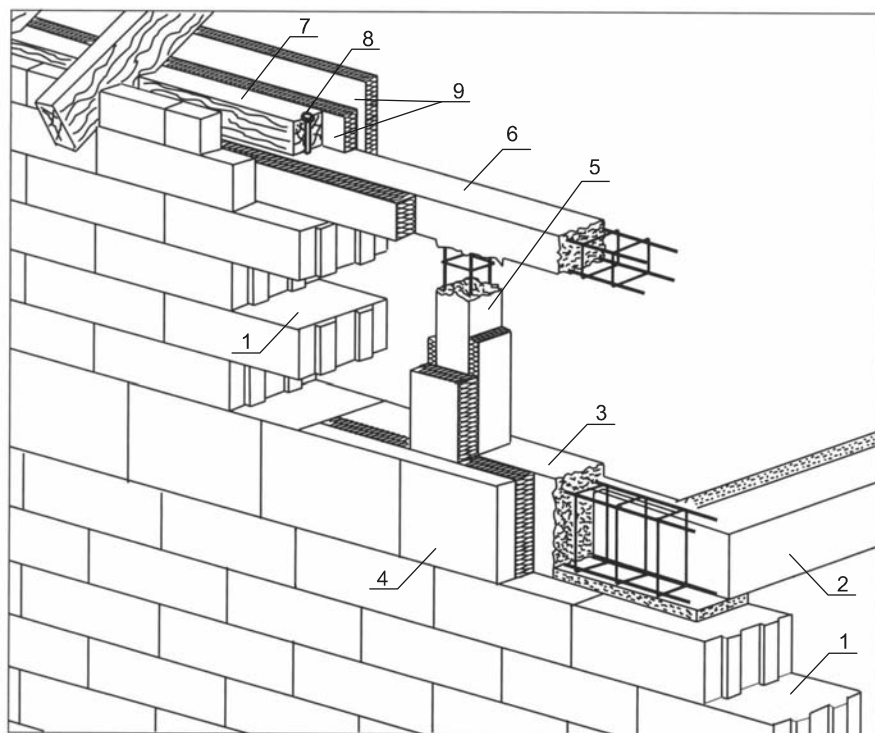


Рис. 7.76. Конструктивная схема фрагмента стены в карнизной части жилого чердачного помещения: 1 — пенобетонные блоки; 2 — перекрытие; 3 — железобетонный пояс жесткости; 4 — облицовка из пенобетонных плит; 5 и 6 — железобетонный усилительный каркас; 7 — мауэрлат; 8 — анкер; 9 — теплоизоляция; 10 — деревянные стропила

Трещины в пенобетонных перегородках могут также возникнуть вследствие чрезмерных прогибов поддерживающих их перекрытий, вызванных, например, деформациями ползучести. Во избежание появления трещин используют сетчатое армирование участков, где ожидается концентрация усадочных деформаций (рис. 7.77, б).

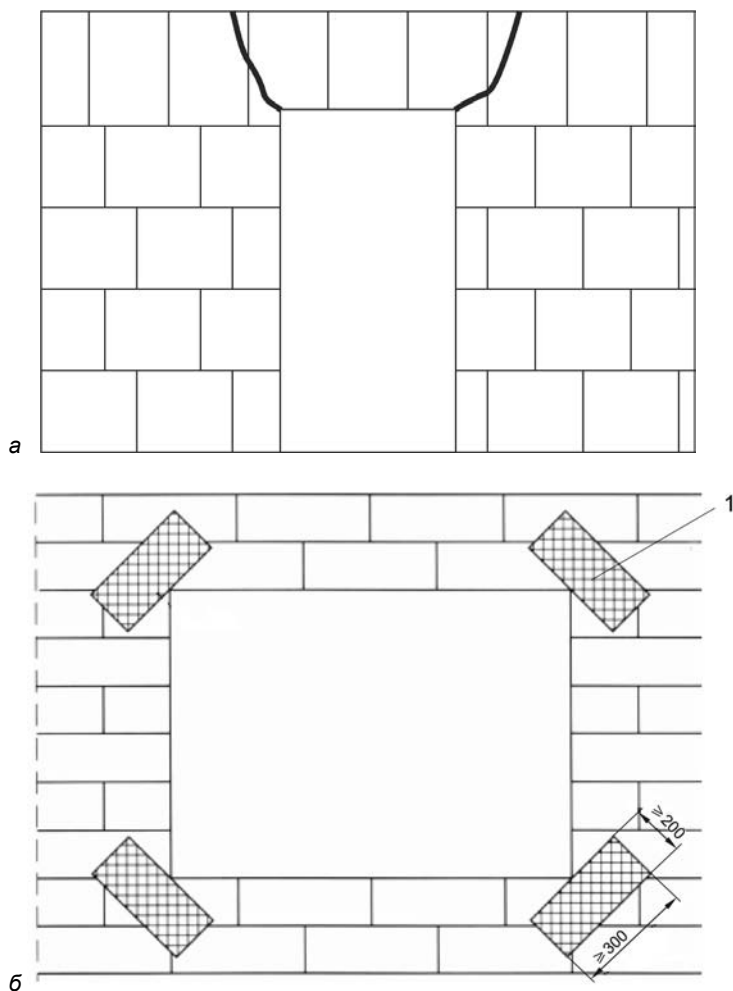


Рис. 7.77. Деформационные трещины в углах дверных и оконных проемов (а) и их предупреждение путем усиления (б) армирующими сетками из стекловолокон;
1 — армирующие сетки

В табл. 7.15 приведены стоимостные показатели возведения 1 м^2 наружных стен, выполненных из различных каменных материалов и обладающих одинаковыми теплотехническими свойствами. В данных таблицы учтены стоимость материалов, трудозатраты, эксплуатация оборудования и накладные расходы. Как видно, разница в стоимости может достигать 90 % в пользу пенобетона.

Таблица 7.15. Сравнение стоимости наружных стен из различных материалов

Описание конструкции стены	Стоимость, €/м ²
Однослойная стена толщиной 37 см из пенобетонных блоков класса 400 на тонких растворных швах	29
Двухслойная стена из силикатных блоков "SILKA M24" и утепляющим наружным слоем толщиной 15 см из пенополистирола	42
Однослойная стена толщиной 44 см из керамических щелевых блоков "POROTHERM"	43
Трехслойная стена из щелевых блоков "MAX 29", минераловатных плит толщиной 10 см и облицовки толщиной 12 см из глиняного кирпича	44
Трехслойная стена из щелевых глиняных кирпичей К2 толщиной 12 см, пенополистирола толщиной 12 см и несущего слоя толщиной 25 см из полнотелого глиняного кирпича	46
Трехслойная стена из щелевых керамических блоков "MAX 29", пенополистирола толщиной 10 см и облицовки толщиной 12 см из щелевого глиняного кирпича	47
Трехслойная стена из полнотелого кирпича толщиной 25 см, минераловатных плит 12 см и лицевого слоя толщиной 12 см из глиняного дырчатого кирпича	52

Оценивая экономические показатели здания из пенобетона, следует также учитывать снижение нагрузок на фундаменты, что имеет особо большое значение при строительстве на слабых либо осадочных грунтах. Наличие тонких растворных швов и ровные плоские поверхности стен определяют снижение расходов на отделочные работы. Например, вместо внутренней штукатурки толщиной 10—15 мм, характерной для обычной кирпичной кладки, на стены из пенобетонных блоков достаточно нанести шпаклевочный слой толщиной около 5 мм.

Немаловажное значение для стоимости имеют эксплуатационные показатели: снижение расходов на обогрев здания, поддержание в нем комфортного микроклимата, возможность гибкой перепланировки путем разборки и возведения новых легких пенобетонных перегородок.

Система блоков Теплостен (Россия)

В процессе многолетних исследований НИИ "Теплостен" создал и внедрил в массовое промышленное производство новейший строительный материал — теплоэффективный стеновой блок Теплостен (рис. 7.78). Этот материал совместил в себе практически все необходимые для комфортного проживания составляющие стены современного каменного дома.

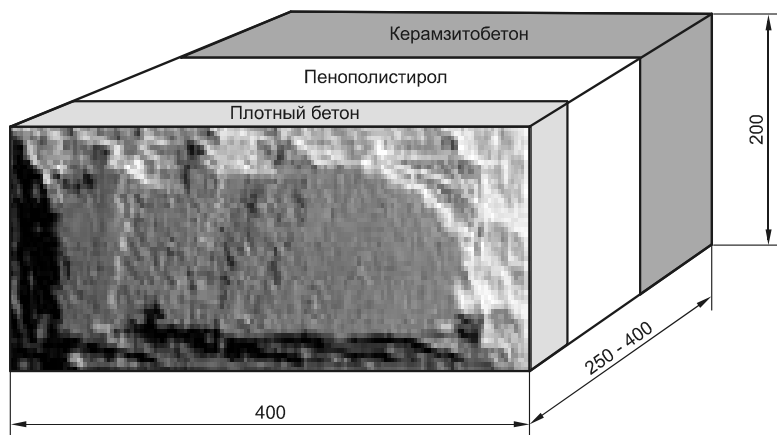


Рис. 7.78. Блок Теплостен

Применение теплоэффективного блока избавляет строителей от таких трудоемких и дорогостоящих операций, как утепление стены и декоративное ее оформление. Блок легкий и сравнительно большой ($400 \times 300 \times 200$ мм), благодаря своим точным геометрическим размерам (± 1 мм) укладывается на слой клея толщиной не более 2—4 мм. Расход клея минимален (25 кг на один м^3 блоков), а значит, и потребление воды незначительно. Это, в свою очередь, предоставляет возможность немедленно, по окончании возведения даже одного первого этажа, приступать к внутренней отделке гипсокартоном или штукатурными смесями, т. е. технология возведения стен из блоков Теплостен предусматривает почти полное отсутствие "мокрых" процессов.

При своей кажущейся простоте теплоэффективные блоки полностью соответствуют своему названию, что хорошо характеризует представленная на рис. 7.79 диаграмма.

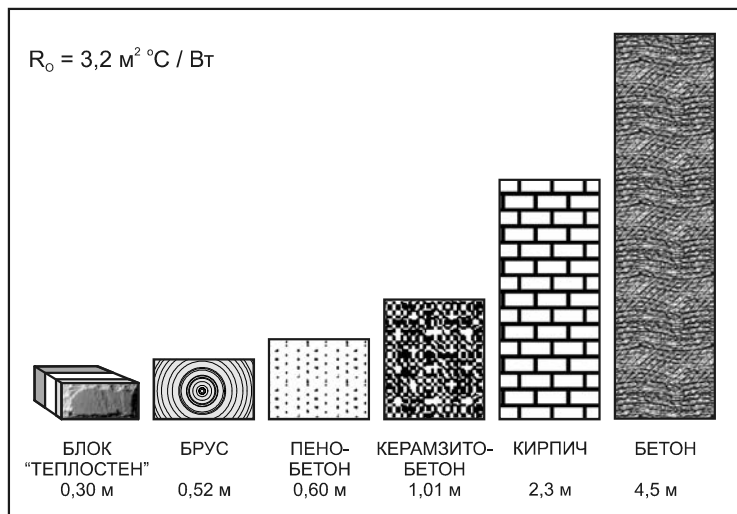


Рис. 7.79. Приведенное сопротивление теплопередачи для различных конструкций стен

Основным сырьем для производства теплоэффективных многослойных стеновых блоков являются:

- ☐ портландцемент (М500);
- ☐ керамзитовый гравий (фр. 0,5—5 мм);
- ☐ песок (фр. 2,2—2,5 мм);
- ☐ ускоритель твердения УП-2;
- ☐ пенообразователь ПБ-2000 или воздухововлекающая добавка SDO-L;
- ☐ пенополистирол (25 кг/м^3);
- ☐ вода.

Для изготовления блоков могут также применяться самые разнообразные местные сыпучие материалы, в частности золы "уносы", отходы черной металлургии, шлаки. При использовании местного сырья себестоимость получаемой продукции — теплоэффективного блока, значительно сокращается, причем без снижения его потребительских качеств.

Стеновые блоки имеют трехслойную конструкцию:

- ☐ несущий слой — поризованный керамзитобетон класса В7,5—В10 плотностью $1200—1400 \text{ кг/м}^3$;
- ☐ внутренний слой — пенополистирол плотностью 25 кг/м^3 ;
- ☐ фактурный (защитно-декоративный) слой из обычного бетона класса В10—В12,5 плотностью $1500—1700 \text{ кг/м}^3$.

Внутренний и несущий слои связаны между собой арматурными базальтопластиковыми стержнями (рис. 7.80).

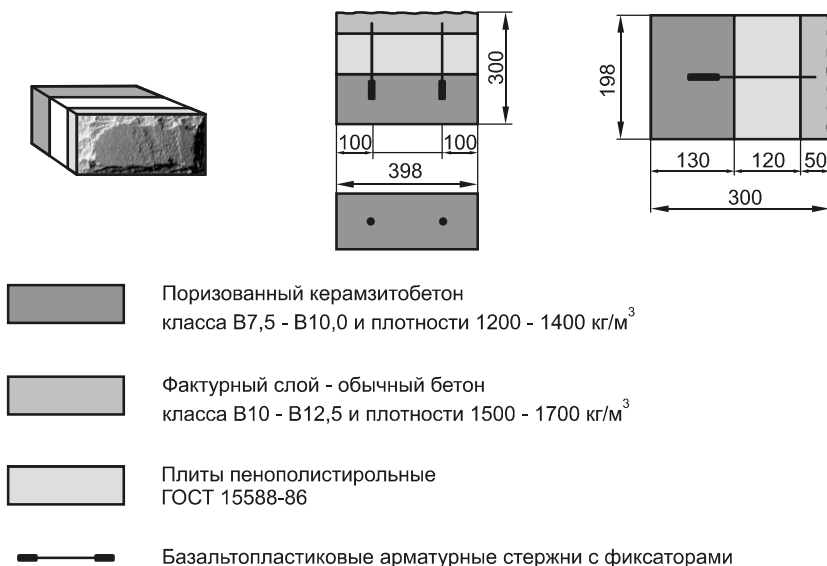


Рис. 7.80. Блок рядовой

Защитно-декоративный наружный слой выполнен из плотного бетона и может иметь любую фактуру и, в дальнейшем, окрашиваться в любой цвет фасадными красками.

Перечисленные особенности блока дают неограниченный простор для воплощения любых фантазий архитектора.

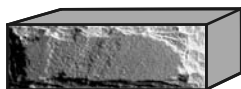
Изменяя толщину теплоизоляционного слоя из пенополистирола, можно изготавливать блоки для любых климатических зон России.

Номенклатура изделий включает в себя следующие блоки (рис. 7.81):

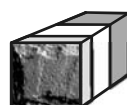
- ☐ рядовые (в том числе рядовой блок с отверстием для воздушного клапана, обеспечивающего вентиляцию дома);
- ☐ угловые (внутренние, наружные);
- ☐ с четвертью для проемов;
- ☐ поясные;
- ☐ доборные.



Блок рядовой



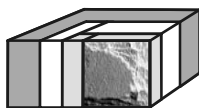
Блок поясной



Блок рядовой
половинчатый



Блок проемов
двусторонний



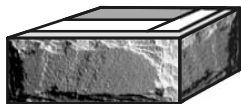
Блок угловой
внутренний



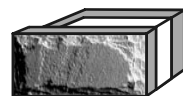
Блок рядовой с устройством
воздухообмена



Блок с четвертью
половинчатый



Блок угловой
наружный



Блок с четвертью
для проемов

Рис. 7.81. Блоки энергоэффективные

Возможна разработка и производство форм для изготовления любых других блоков по желанию заказчика, например блока для возведения закругленной стены заданного диаметра и др.

Разработанные проектным бюро НИИ "Теплостен" проекты домов учитывают габаритные размеры блоков и предусматривают возведение стен домов, используя только представленные номенклатурой блоки. Это намного облегчает и убыстряет процесс строительства, т. к. каменщикам не приходится выпиливать из блоков доборные части кладки.

Новые теплоэффективные блоки превосходят существующие аналоги по теплотехническим характеристикам, высокой степени готовности и эстетической привлекательностью. На блоки и оборудование их производящее НИИ "Теплостен" получены соответствующие патенты.

Применение теплоэффективных блоков в строительстве приносит застройщику ощутимый экономический эффект. Незначительный вес блоков снижает транспортные расходы и избавляет стройку от необходимости иметь подъемные устройства. Применение клея, а не цементных растворов, исключает доставку большого количества воды, цемента и песка на стройку, дает постоянно высокое качество кладки, сводит к минимуму тяжелый, не продуктивный ручной труд. Четкие геометрические размеры блока и продуманная его номенклатура позволяют использовать персонал более низкой квалификации. Скорость кладки не соизмерима ни с каким другим материалом, тем более что при возведении стен строитель избавлен от дальнейшей ее наружной обработки. Стена просто красится с помощью краскопульта или любым другим традиционным способом. Прочность стены, уложенной на клей, становится максимальной в течение всего нескольких часов. Это позволяет не ограничивать производительность бригады каменщиков при кладке стены технологическими перерывами. В идеальном случае бригада из четырех человек может выложить один этаж дома за одни сутки.

Скорость возведения домов из теплоэффективных блоков в несколько раз превосходит скорость строительства домов из любых других материалов. Строитель получает возможность при более низких затратах, за то же время и теми же бригадами, построить в несколько раз больше современных прекрасных каменных домов, спрос на которые очень высок.

Теплоэффективный блок с успехом может применяться и при возведении многоэтажных каркасных домов в качестве ограждающего самонесущего материала. В этом случае его несущая часть может быть даже уменьшена до 70—100 мм, что дает дополнительный источник экономии при производстве блока, снижая его себестоимость.

Технология Теплостен предусматривает скоростное строительство малоэтажных домов со стенами из многослойных теплоэффективных блоков и включает в себя следующие подсистемы:

- ☐ стены зданий из теплоэффективных блоков с наружным декоративным защитным слоем;
- ☐ мелкозаглубленные утепленные монолитные железобетонные фундаменты, совмещенные с цоколем, на песчаной подушке (возможны сваи на слабонесущих грунтах);
- ☐ стропильная система;
- ☐ монолитные пространственные железобетонные каркасы (допускается возведение сооружений до трех этажей включительно без использования каркаса);
- ☐ сборные перекрытия;
- ☐ кровля из полимерно-песчаной черепицы;

- ❑ малые архитектурные формы для украшения фасада;
- ❑ другие технологии.

Практика возведения стен по технологии скоростного домостроения из многослойных теплоэффективных блоков имеет перечисленные далее преимущества по сравнению с традиционным строительством.

- ❑ Высокие теплотехнические характеристики стен. При эксплуатации домов, построенных из блоков Теплостен, затраты на отопление в 3—3,5 раза меньше, чем в кирпичных домах. Стены из этих блоков создают так называемый эффект "термоса", т. е. они не пропускают через себя ни холод, ни тепло. Поэтому в таком доме зимой тепло, а летом прохладно.
- ❑ Снижение сроков строительства. Кладка стен из многослойных теплоэффективных блоков с декоративным наружным слоем ведется в один ряд (цепная система). Такая кладка позволяет достигнуть большей скорости возведения стен.
- ❑ Экономия при сооружении фундаментов. Стены из многослойных блоков в 2—3 раза легче кирпичных. Поэтому создают значительно меньшую нагрузку на фундаменты, что приводит к снижению стоимости и трудоемкости этих работ. Экономия составляет примерно 15—20 %.
- ❑ Снижение транспортных расходов. Расходы на транспортировку зависят от объема и веса конструкций стен и перекрытий. Толщина стен из теплоэффективных блоков почти в 2 раза меньше, чем из кирпича, а вес — в 3 раза. Таким образом, и объем перевозок, а следовательно, транспортные расходы в несколько раз ниже.
- ❑ Экономия возведения 1 м^2 междуэтажного перекрытия. Стоимость 1 м^2 сборно-монолитного перекрытия на 60 % ниже перекрытия из пустотных плит, а вес уменьшается в 2 раза.

Технология скоростного домостроения с использованием возможностей комбината скоростного домостроения (КСД) позволяет быстро возводить дома с невысокой себестоимостью.

Технология НИИ "Техноблок" (Россия)

Конструкция техноблока показана на рис. 7.82. Каждый техноблок собирается из фасадной и внутренней облицовочных пластин с использованием пластиковых стяжек и металлических Г-образных крюков, завинченных в закладные гайки облицовочных пластин. Г-образный конец каждого крюка оказывается вмурованным в монолитную стену. Для получения утепленной стены в техноблок устанавливают одну-две пластины утеплителя из пенополистирола в зависимости от требуемых теплотехнических свойств стены. Для получения стен нужной толщины используются Г-образные крюки разного размера и (или) последовательное соединение нескольких пластиковых стяжек.

Модуль опалубки собирается в следующем порядке. Сначала пластина утеплителя прикладывается к фасадной облицовочной пластине и в облицовочную пла-

стину заворачиваются Г-образные крюки. Во внутреннюю облицовочную пластину также заворачиваются крюки. Пластиковые стяжки зацепляют за крюки фасадной пластины. Далее обе облицовочные пластины устанавливают на место в стене и, немного изгибая упругие пластиковые стяжки, цепляют их проушинами за крюки другой пластины.

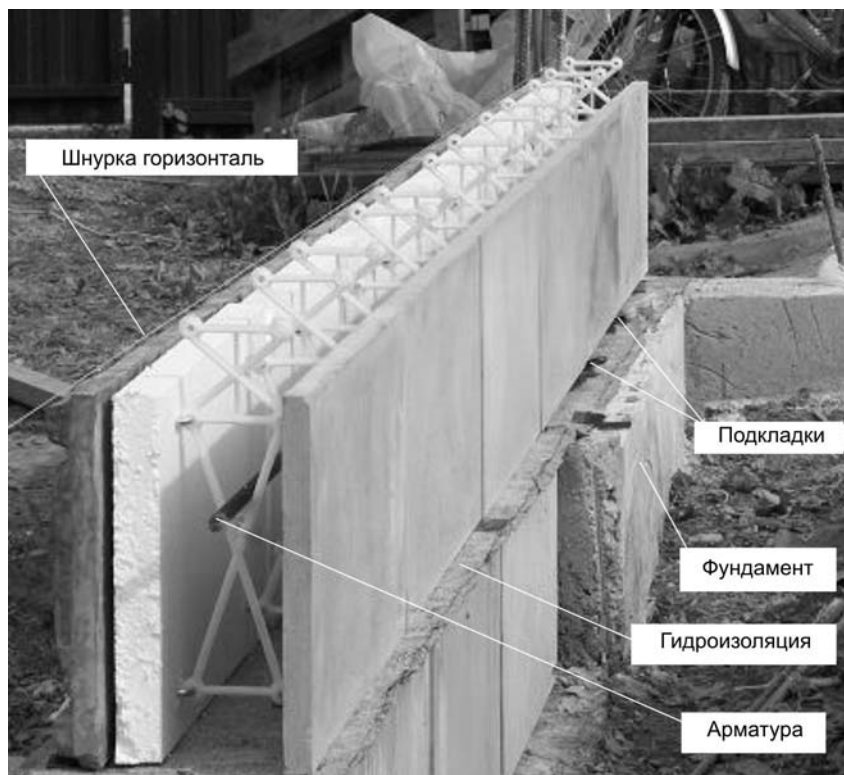


Рис. 7.82. Конструкция техноблока

Вес облицовочных пластин готовой стены "повисает" на крюках и, несмотря на то, что пластины "стоят" одна на другой, вышестоящие пластины не нагружают нижестоящие.

Облицовочная несъемная опалубка Техноблок решает проблему фасадной облицовки радикально — пластины опалубки являются одновременно высококачественной облицовкой. Устройство супердолговечной фасадной отделки искусственным камнем совмещается в одном технологическом цикле с возведением монолитной стены.

Глава 8

Строительство в сложных климатических и геологических условиях. Зарубежный опыт инновационного строительства

Строительство в условиях Крайнего Севера и жаркого климата

По сравнению с объектами, расположенными в центральной и южной частях страны, северные стройки обладают рядом особенностей, затрудняющих их разработку и обустройство. Среди основных из них можно выделить следующие:

- ❑ удаленность от промышленно развитых регионов, отсутствие развитой инфраструктуры (особенно в начале освоения). В связи с этим — сложности с транспортировкой и значительные стоимости доставки на строительную площадку материалов, оборудования, рабочей силы;
- ❑ неблагоприятные географо-климатические условия рассматриваемой территории, выражающиеся в суровом климате, большом количестве рек и озер, высокой заболоченности, что затрудняет проходимость техники и ведение строительно-монтажных работ;
- ❑ сложные инженерно-геологические условия территории освоения и обустройства северных месторождений: наличие многолетнемерзлых пород, пучинистых и просадочных грунтов диктует требования по более детальному и тщательному изучению, учету и анализу данных инженерно-геокриологических изысканий при проектировании и строительстве объектов.

Возведение зданий и сооружений под куполом

Воздухоопорные сооружения DUOL — инновационные быстровозводимые надувные купола, построенные по оригинальным проектам из высококачественных материалов с применением современных технологий. Преимущество DUOL надувных зданий для спортивных и других целей — быстрое возведение и возможность

сезонной или круглогодичной эксплуатации при минимальных затратах. Кратчайший срок реализации инвестиции и долговечность надувных куполов обеспечивают высокую рентабельность и доход. Единственный проект воздухоопорных зданий DUOL предоставляет пользователю тот же комфорт, какой он привык получать в капитальном строительстве.



Рис. 8.1. Использование технологии надувных сооружений возможно во всех отраслях общественной деятельности

Технология DUOL (рис. 8.1) для воздухоопорных сооружений позволяет в самые кратчайшие сроки построить школьный спортзал, объекты для тренировки и активного отдыха. Применяя разные виды спортивных покрытий и спортивного оборудования, можно подготовить любую программу спортивной и рекреационной физической культуры.

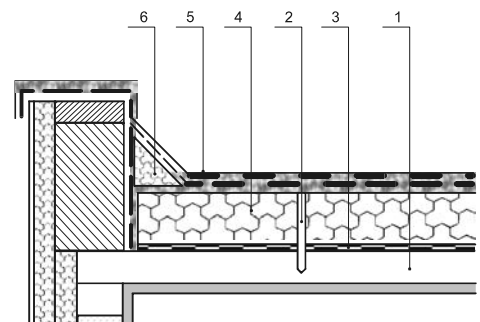
Инверсионные кровли

Что такое инверсионная кровля и чем она отличается от традиционной плоской крыши? Свое название инверсионная кровля получила от латинского слова *inversio* — переворачивание, перестановка, так как ее конструкция перевернута по сравнению с традиционной кровлей. Гидроизоляционный слой располагается под слоем утеплителя непосредственно на поверхности железобетонного покрытия (основания кровли), выполняя одновременно роль пароизоляции.

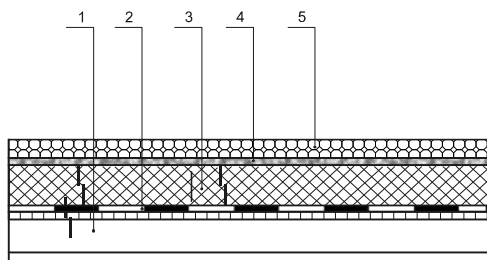
Конструктивно традиционная плоская крыша, часто именуемая "мягкой" кровлей, защищена от воздействия атмосферных осадков гидроизоляционным ковром на основе битумосодержащих рулонных материалов (рис. 8.2).

Инверсионная кровля (рис. 8.3) позволяет предохранить гидроизоляционный слой от разрушающего воздействия ультрафиолетовых лучей, резких перепадов температуры, циклов замораживания и оттаивания, а также механических поврежде-

дений, что обеспечивает увеличение срока службы инверсионной крыши по сравнению с традиционной "мягкой" кровлей.



- 1 — плита перекрытия
- 2 — крепление утеплителя
- 3 — пароизоляция
- 4 — утеплитель
- 5 — гидроизоляционный ковер
- 6 — дополнительное утепление



- 1 — перекрытие
- 2 — гидроизоляционный ковер
- 3 — утеплитель из экструдированного пенополистирола
- 4 — фильтрующий материал
- 5 — слой гравия толщиной не менее 50 мм

Рис. 8.2. Традиционная "мягкая" кровля

Рис. 8.3. Инверсионная кровля

Типовая конструкция инверсионной кровли следующая:

- ☐ гидроизоляционный слой (прямо на основании);
- ☐ теплоизоляционные плиты;
- ☐ геотекстильное покрытие;
- ☐ дренарующий слой;
- ☐ защитный верхний слой.

В качестве верхнего слоя, служащего для защиты кровли от ветрового воздействия, применяют насыпной слой (пригрузка) из гравия или гальки. Этот слой в значительной мере снижает воздействие озона и УФ-излучения и является необходимым условием для противопожарной безопасности.

Для гидроизоляционного слоя используют рулонно-наплавляемые битумно-полимерные материалы компании "Технониколь" (Техноэласт, Унифлекс, Барьер ОС, Линокром), мембраны Logicroof, Alkorplan, Белаплан, Fatrafol, Protan.

Для теплоизоляционного слоя в инверсионной плоской кровле применяют материалы из экструдированного полистирола (Styrofoam, Пеноплекс), так как эти материалы отличает низкая теплопроводность, минимальное водопоглощение и очень высокая механическая прочность. Также этот материал химически стоек к большинству веществ, таких как: битумные смеси, цемент, штукатурка, безводный гипс, спирты, кислоты и щелочи. Этот утеплитель не содержит коррозионных компонентов, не поддается гниению, не пахнет.

Для устройства балласта на инверсионных кровлях применяют гравий с фракцией 5×20 , гравий насыпают на геотекстиль, после чего для передвижения людей по кровле укладывают дорожки из тротуарной плитки.

Преимуществом инверсионной кровли является возможность быстрого устройства при любой погоде. В сравнении с традиционной кровлей очевидны следующие положительные моменты:

- ❑ плиты экструдированного пенополистерола не фиксируются жестко на геомембране (свободная укладка), тем самым не разрушают ее в области фиксации;
- ❑ гидроизоляция, находясь под слоем теплоизоляционного материала, выполняет функции пароизоляции, что снижает риск внутренней конденсации влаги и уменьшает сметную стоимость конструкции;
- ❑ слой теплоизоляции и пригрузочный слой гравия надежно защищают гидроизоляционную мембрану от любых механических воздействий при последующей эксплуатации;
- ❑ при демонтаже кровельного перекрытия плиты теплоизоляционного материала могут быть использованы повторно;
- ❑ при обнаружении возможных протечек места нарушения гидроизоляции легко находятся и ремонтируются.

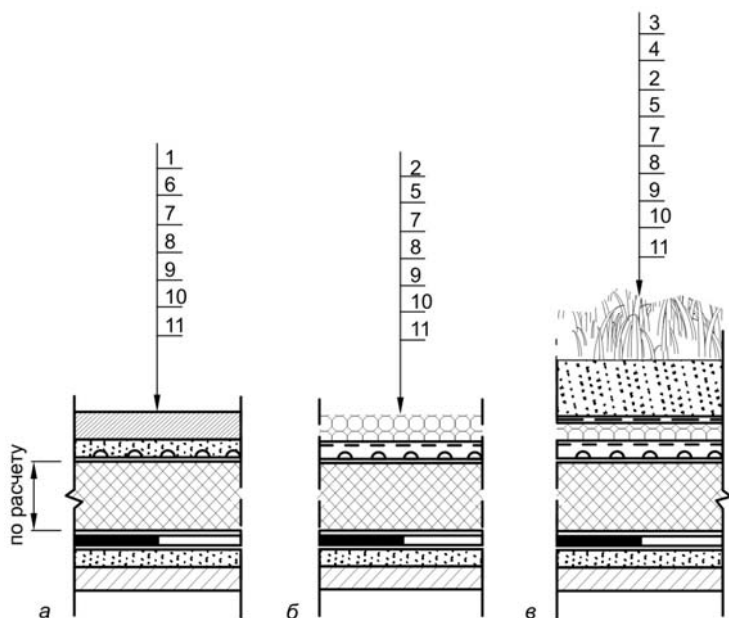


Рис. 8.4. Состав инверсионной эксплуатируемой кровли:

- а — полусухая стяжка на кровле; б — полимерная ПВХ мембрана; в — кровля ROOFMATE;
 1 — стяжка (дорожки, площадки) из цементно-песчаного раствора или тротуарные плиты на растворе; 2 — гравий фракцией 15—220 мм; 3 — растительный слой;
 4 — фильтрующий слой из геотекстиля; 5, 6 — профилированная мембрана;
 7 — плиты теплоизоляционные (экструзия); 8 — гидроизоляция битумная;
 9 — огрунтовочный слой; 10 — выравнивающая затирка из цементно-песчаного раствора или уклонообразующий слой из бетона; 11 — несущее железобетонное основание

Все достоинства технологии строительства инверсионной эксплуатируемой кровли полностью реализуются при устройстве на ней зеленой крыши (рис. 8.4). Гидроизоляционный слой эксплуатируемой зеленой крыши из рулонных наплавленных материалов на кровлях не должен быть подвержен воздействию корней растений. Уклоны покрытия зеленой крыши и отверстия для стока воды должны исключить постоянное скопление воды в дренирующем слое эксплуатируемой кровли.

Самый простой дренажный слой — из гравия, но для наилучшего произрастания растений лучше применять материалы, которые способны аккумулировать в себе влагу, а потом постепенно отдавать ее растениям. Другая особенность озеленяемых кровель — необходимость защиты утеплителя и гидроизоляционного ковра от корней растений, для чего используется специальный противокорневой материал.

В том случае, если инверсионную кровлю делают эксплуатируемой, предусматривается защитное покрытие из тротуарных плит.

Кроме положительных качеств инверсионная кровля имеет и недостатки. Из-за охлаждения утеплителя осадками толщина слоя пенополистирола должна быть на 5—20 % больше, чем в традиционной кровле.

В сейсмоопасных районах

Устройство для защиты зданий и сооружений от вибрации

Разработанное устройство содержит расположенный на пути распространения волн в грунте ряд вертикальных или наклонных скважин с наполнителем. Вертикальные или наклонные скважины пробурены посредством размыва грунта по струйной технологии и заполнены аэрированной водогрунтовой пульпой, полученной при бурении скважины, объемной массой менее $1,4 \text{ г/см}^3$ и модулем упругости, равным 0,01—0,1 модуля упругости грунта. Результат состоит в расширении технологических возможностей, повышении эффективности защиты зданий и сооружений от техногенных и сейсмических источников, при упрощении и снижении себестоимости возведения защитных устройств. Принципиальная схема работы устройства приведена на рис. 8.5.

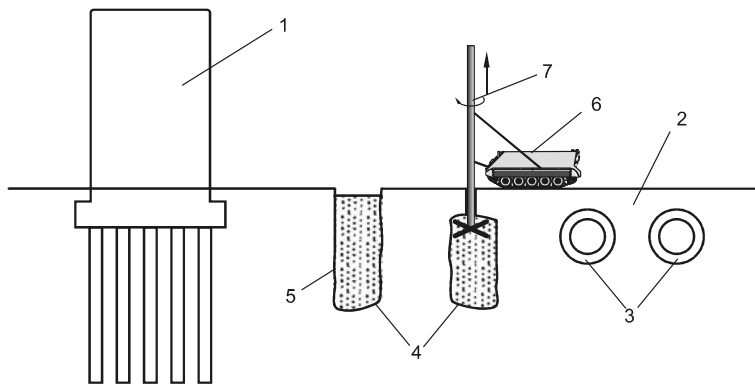


Рис. 8.5. Принципиальная схема: 1 — здание; 2 — грунтовой массив; 3 — источник вибрации; 4 — ряд скважин; 5 — аэрированная водогрунтовая пульпа; 6 — буровая установка; 7 — многотрубная штанга

Китай.

Высокоскоростная технология строительства

Строительная компания Broad Group в провинции Хунань возвела по новой технологии отель высотой 30 этажей за 15 дней и побила свой же рекорд предыдущего строительства пятнадцатизэтажного здания в течение одной недели. В строительстве было задействовано 200 рабочих. Общая площадь помещений гостиницы составляет 17 000 м². Здание способно выдержать землетрясение силой 9 баллов по шкале Рихтера.

Рекордные сроки возведения были достигнуты за счет полной заводской готовности комбинированных строительных систем и отличной организации скоростной сборки сооружения. Такая технология значительно снижает энергетические расходы и отходы материалов производства. В инженерном оборудовании и оснащении здания применены новые технологии эффективного использования солнечной энергетики и систем рекуперации тепла. Система очистки воздуха в помещениях позволяет сделать воздух внутри отеля в 20 раз чище, чем снаружи.

Энергоэффективная и экологически безопасная технология использует модули заводского изготовления, "надевающиеся" на стальные опоры. На возведение одного этажа уходило лишь двенадцать часов. При возведении здания в высоту одновременно проводились работы по внешней отделке (рис. 8.6).



Рис. 8.6. 30-этажное здание построено за 15 дней в Китае

Новая Зеландия.

Технология скоростной сборки мобильного завода металлоконструкций

Изобретением компании Framescad из Новой Зеландии является технология скоростной сборки автономного мобильного завода, который производит стальные конструкции для строительства. Мобильный завод оборудован в двадцатифутовом

контейнере и может быть отправлен автотранспортом или по воздуху в любое место и введен в эксплуатацию в течение суток.

Имея собственный дизель-генератор и компьютерное управление производством, завод производит стальные конструкции в количестве 700 штук в час.

Одним из главных преимуществ является производство готовых блоков структуры, которые могут изготавливать, собирать и монтировать даже там, где нет надежной инфраструктуры.

Новейшие технологии позволили создать комплекс с компьютерным управлением, а это означает, что каждое изделие производится под своим номером и кодируется так, что может быть легко собрано.

Другим существенным преимуществом является то, что технология сборки позволяет снизить затраты на строительство, поскольку продукция производится на месте, и не требуется доставка со склада. Транспортные расходы могут быть важным фактором тогда, когда крупные проекты возводятся в отдаленных районах.

Швеция. Роботизированная разборка зданий

Рассмотрим два варианта разборки конструкций (рис. 8.7): алмазное пиление и смешанный способ демонтажа с применением роботов Brokk, спроектированных в Швеции.



а



б

Рис. 8.7. Алмазное пиление (а) и смешанный способ демонтажа с применением роботов Brokk (б)

Алмазное пиление достаточно дорогое удовольствие. А смешанный способ позволяет свести применение алмазного инструмента к минимуму, заменив его гидромолотом робота, и значительно уменьшить общую стоимость работ. В качестве примера, заказчику требовалось пробить четыре железобетонных проема объемом 8 м^3 каждый. Для этого сначала алмазной стенорезной машиной делали пропилы на 30 см, которые обозначали габариты проема и обеспечивали ровную кромку края. Общая квадратура пиления составила $5,6 \text{ м}^2$, работы длились 2 дня.

После этого робот Brokk 330 за одну рабочую смену пробил первый проем и переехал к другому. Следом за ним встала машина легкого класса — Brokk 90,

которая небольшой пикой-лопаткой доработала оставшийся бетон. В завершении, оператор с помощью ковша убрал весь строительный мусор на главную площадку для доступа мини-погрузку. При этом стоимость способа "Brokk+алмазная резка" оказалась в два раза меньше, чем если бы использовался только алмазный инструмент.

Канада. Крыша, которая производит энергию

Ученые Института по исследованиям в области строительства и природных ресурсов Канады пришли к выводу, что было бы полезно, если бы некоторые элементы ограждающих конструкций здания, такие как покрытия кровли, вырабатывали энергию (рис. 8.8).

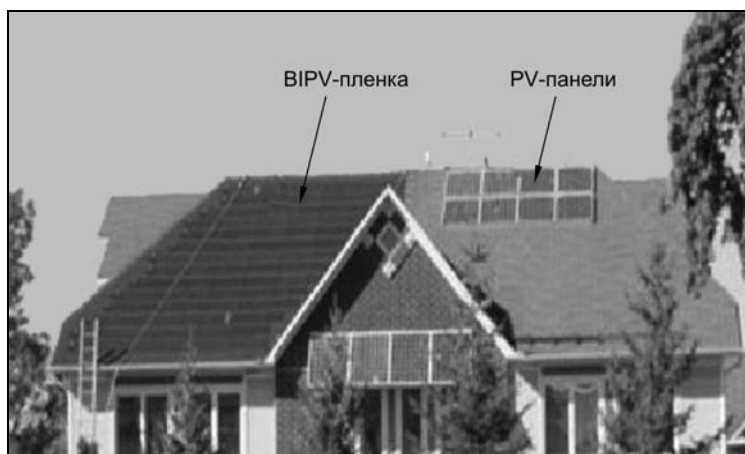


Рис. 8.8. Энергоэффективная крыша Экодома

Были разработаны новейшие технологии интегрирования фотоэлектрических преобразователей (BIPV) в поверхности ограждающих конструкций здания, которые можно теперь использовать как источник энергии.

На малоуклонной крыше кровельная мембрана ламинируется тонкой пленкой фотоэлектрических приемников BIPV. На крышах жилых домов есть два варианта: сами черепицы выполняются в виде фотоэлектрических солнечных батарей, или обычная черепица и металлические листы ламинируются тонкой фотоэлектрической пленкой.

Фонд чистых энергий правительства Канады вкладывает средства в новейшие технологии и инновации, крупномасштабные проекты возобновляемых и альтернативных источников энергии. Чистая энергия — это та энергия, которая производится, передается, распространяется и используется с низким или нулевым выбросом парниковых газов (ПГ) и других выбросов в атмосферу.

Тонкие ламинированные фотоэлектрические пленки и фотоэлектрическая черепица уже применяются в строительстве. На существующую кровлю на мастике

приклеивается водонепроницаемая мембрана, ламинированная четырнадцатью 18-метровыми фотоэлектрическими пленками (PV). Это новый подход, адаптированный под кровельные системы, которые обычно применяются на малоуклонных крышах, таких как супермаркеты, промышленные склады и школьные здания. Эти инновации позволят не только определить энергоэффективность, но и оценить совместимость с традиционной черепицей и прочность в канадском климате. На пике в солнечный день в сентябре, система производит до 1650 Вт электроэнергии. Ученые надеются продолжить изучение новых фотоэлектрических технологий для жилых и общественных зданий.

Италия. Новейшие конструктивные схемы и технологии дома

Стоимость строительства пассивного дома в Италии больше, чем традиционно, но достижимая экономия в конечном счете делает эти дома, безусловно, выгодными. Для пассивного здания практически с нулевым уровнем выбросов первоначальные затраты на строительство увеличиваются примерно на 10 % по сравнению с обычными зданиями, однако при эксплуатации происходит 80 % снижение потребления и сокращение затрат для управления зданием на 40 %.

Что вкладывается в понятие "пассивный дом"? Пассивный дом — это такое здание, которое использует и управляет природными энергетическими потоками, влияющими на здание, например, такими как солнечное излучение, ветер и геотермальные источники, комбинированные широким спектром новейших технологий, главным образом, для обеспечения света, тепла, холода и свежего воздуха. В этих системах объединяются пассивные компоненты архитектуры, дизайна и активные компоненты низкого уровня, такие как насосы и вентиляторы. Во многих случаях спрос на энергию от внешних источников настолько мал, что его можно компенсировать с использованием возобновляемых источников энергии.

В Италии важную роль в распространении пассивных домов играют рекомендации по стимулированию внедрения новейших технологий и инноваций в направлении энергвозобновляемых источников энергии.

Крупнейшая крыша на солнечных батареях в Италии

Гигантская установка на солнечных батареях (рис. 8.9) мощностью 12,3 МВт и стоимостью более 50 млн евро построена на крышах в Падуе благодаря инновации системы Interporto. Она является одной из крупнейших в мире с точки зрения энергетики.

Модули для солнечных батарей были произведены по новейшей технологии на заводе в Солоне недалеко от Падуи. После ввода в эксплуатацию всех мощностей будет вырабатываться электроэнергия в количестве, достаточном для удовлетворения потребностей более 5000 семей.



Рис. 8.9. Крупнейшая крыша на солнечных батареях в Италии

Германия. Новые строительные материалы

Прозрачный бетон и самоочищающиеся стены — это уже реальность. Прозрачный бетон уже используется в области дизайна, но производство по-прежнему стоит очень дорого. В бетоне участвуют стекловолокна. Свет проходит сквозь стеклянные волокна в бетонной плите, рассеивается и отражается от внутренних и внешних поверхностей, создавая эффект прозрачного бетона. На прочность бетона это не влияет. В Германии прозрачный бетон выпускается под названием Лиссон.

Предметом исследований и разработок инновации служат стены, которые чистят себя. Бетон, который отталкивает загрязнения, получен путем введения добавок в бетон Tintandioxid. Под воздействием солнечных лучей активируются специальные свойства материала, которые не позволяют закрепляться на поверхности плесени, водорослям, мхам и лишайникам.

Еще один шаг вперед — новейшие технологии производства фасадных красок от Bioni. В них добавлены частицы серебра, которые полностью разрушают различные микробные заражения. В отличие от обычной, эта краска не выцветает и нетоксична для человека в различных климатических условиях.

Некоторые инновации генерируют нанотехнологии. В этой области особое внимание уделяется мельчайшим частицам, из которых состоят материалы. Толщина материалов, разработанных здесь, составляет около одного или нескольких миллионных долей миллиметра, что тоньше человеческого волоса в 5000 раз. Нанотехно-

логии позволяют избирательно изменять свойства поверхности, чтобы они могли соответствовать практически любой желаемой функции. Такие модифицированные материалы могут также применяться в производстве стекла. Инновации помогают сэкономить в будущем на эксплуатационных расходах, например, таких как мойка окон. Это так называемый эффект лотоса — листья лотоса обладают способностью к самоочищению, при котором попадающая вода смывает грязь.

Производитель стекла Okalux Kapillarglas использует новейшие технологии, но полагается на другие эффекты. Под именем Okagel компания продает полупрозрачное стекло, состоящее из двух стеклянных панелей со слоем Nanogel между ними. Стекло значительно улучшает теплоизоляцию и способно изменять светопропускание. Стекло может использоваться везде, где существуют требования к рассеянию света, с одновременными повышенными требованиями к тепло- и звукоизоляции. Обеспечить лучшую тепловую защиту окон способен вакуум между стеклами. Но этот метод имеет недостаток в том, что вакуум пока не может быть надежно сохранен. Новая идея состоит в том, что между двумя слоями стекла размещается прозрачный проводник, который изменяет цвет под воздействием солнечного света или электрического импульса.

Птицы часто погибают от удара о стекло. По оценкам специалистов, каждый год почти 1 миллиард птиц гибнет от столкновений с окнами.

В стеклах от компании Okalux имеется специальный встроенный ультрафиолетовый фильтр, видимый для птиц, но не заметный для человеческого глаза. Эти инновации означают, что птицы при подлете к окну могут определить его как препятствие, а люди могут наслаждаться естественным освещением и беспрепятственным обзором.

Инновационное покрытие Cool-Colors используется для защиты цветных окон из ПВХ от инфракрасного (теплого) излучения. Благодаря особым пигментам эта пленка отражает до 80 % инфракрасных лучей и препятствует перегреву конструкций.

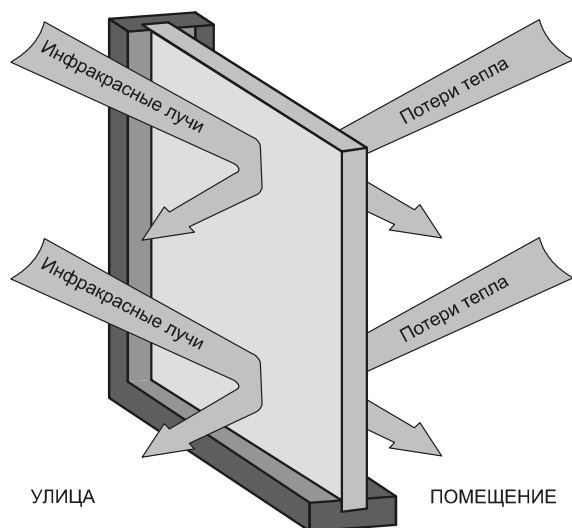


Рис. 8.10. Инновационное покрытие компании PROPLEX

Подобное инновационное покрытие компании PROPLEX (рис. 8.10) применяется для изготовления оконных систем оттенка "серебристый металлик". Цветная пленка, наносимая на профиль при ламинации, придает будущей раме визуальный трехмерный эффект. Он достигается за счет особого компонента покрытия — бриллиантовых красок. Их отличает насыщенный и чистый цвет, а также способность изменять цвет в зависимости от угла освещения. Благодаря этому пленка воссоздает шлифованную металлическую поверхность и имитирует серебро, а раме готового окна придает трехмерный эффект.

США. Новые строительные материалы

Самый легкий строительный материал в мире

Группа ученых из Калифорнийского технологического института создала новейшую технологию разработки самого легкого материала в мире — с плотностью $0,9 \text{ мг/см}^3$ — примерно в сто раз легче пенополистирола.

Новый материал-инновация обладает уникальной сотовой архитектурой строения "микрорешетки" и пересматривает представления о пределах веса легких материалов. Исследователи смогли сделать материал, который состоит на 99,99 % из воздуха. "Задача состояла в том, чтобы изготовить решетки из взаимосвязанных полых трубок с толщиной стенки в 1000 раз тоньше человеческого волоса," — комментирует автор исследования доктор Тобиас Шедлер.

Новейшие технологии позволяют создать новые структуры микрорешетки и уникальный клеточный материал.

Новый материал может быть использован для электродов батарей и акустического, вибрационного поглощения энергии. Современные здания могут иметь невероятно легкий и эффективный вес. Революция легких материалов даст новый импульс инновациям в концепцию нано- и микромасштабов при их использовании в строительстве и архитектуре.

Электропроводный бетон

Сажа и шлак при добавлении в бетон не только повлияют на его химический состав, но и из-за содержания углерода на его электрические свойства: чем больше углерода в бетоне, тем больше он будет проводить электричество. Использовать его можно, например, для фундамента силовой установки, который будет самостоятельным заземлением.

Альтернативным источником инновации является побочный продукт промышленного процесса плазменной технологии переработки отходов. Это стеклообразный черный шлак, образующийся при охлаждении водой. Этот шлак по химическому составу очень похож на широко используемый доменный шлак. Ученые исследовали поведение материала в бетонном растворе и в готовых образцах. Они измеряли прочность на сжатие трех образцов, в каждом из которых 10, 20 и 50 % портландцемента было заменено тестовым материалом. По предварительным результатам, при испытаниях достигнуты показатели, аналогичные для обычного шлака.

Кирпичи из сажи

Сажа, побочный продукт сжигания угля, который получается при очистке труб силовых энергетических установок. Утилизация сажи представляет собой достаточно сложную проблему.



Рис. 8.11. Кирпичи из сажи

Компания Calstar из Калифорнии применила новейшие технологии формования кирпичей из глины и сажи (рис. 8.11), используя цементирующие вяжущие свойства золы и потребности в низком тепловом процессе отверждения паром. Для производства кирпича из сажи требуется только 15 % энергии, и соответственно 15 % от выбросов CO_2 , по сравнению с производством обычного глиняного кирпича. Удалось разработать кирпичи различных цветов и оттенков, которые отвечают общепринятым стандартам эффективности для глиняного кирпича. Первый такой завод открылся около г. Чикаго.

Новый материал для улавливания загрязняющих веществ

Химики в Университете Калифорнии в Санта-Крус разработали новый тип материала, который может поглощать из воды отрицательно заряженные ионы загрязняющих веществ. Новый материал, называющийся SLUG-26, может быть использован для очистки загрязненной воды через процесс ионного обмена, похожий на смягчение. SLUG-26 обеспечивает положительно заряженные компоненты, которые могут обмениваться нетоксичными отрицательными ионами с отрицательно заряженными ионами загрязнителей.