

При поддержке:



Steel Construction Institute

# Сталь в многоэтажных жилых зданиях

жилые здания



Институт стальных конструкций развивает и популяризирует эффективное использование стали в строительстве.

Это независимая ассоциация, основанная на членстве ее участников. Исследования и разработки SCI охватывают многие сегменты стального строительства, включая многоэтажное строительство, промышленные здания, мосты, гражданское строительство и морское строительство. Компетенции Института распространяются на стальные и композитные конструкции, легкие стальные каркасные системы и модульное строительство. Институт занимается исследованием конструкций из углеродистой и нержавеющей стали, динамических характеристик, пожарной инженерии, устойчивого строительства, архитектурного проектирования, строительной физики (включая проектирование акустических и тепловых характеристик), сметной стоимости и информационных технологий.

Членство в Институте открыто для всех организаций и частных лиц, которые заинтересованы в использовании стали в строительстве. В число членов входят проектировщики, подрядчики, поставщики, подрядчики по производству металлоконструкций, ученые и правительственные ведомства в Соединенном Королевстве и в других странах Европы и мира. Доход SCI складывается из подписок его членов, доходов от контрактов на исследования и консультационные услуги, продажи публикаций и курсов обучения.

Преимущества корпоративного членства включают доступ к независимым консультационным службам специалистов, бесплатная подписка на публикации Института сразу после их выпуска и бесплатный доступ к Steelbiz, онлайн-системе технической информации. Информационный пакет о членстве доступен по запросу у менеджера по членству.

The Steel Construction Institute, Silwood Park, Ascot, Berkshire, SL5 7QN.

Телефон: +44 (0) 1344 623345

Факс: +44 (0) 1344 622944

Email: [membership@steel-sci.com](mailto:membership@steel-sci.com)

По вопросам, связанным с публикациями, телефон: +44 (0) 1344 872775

Email: [publications@steel-sci.com](mailto:publications@steel-sci.com)

По вопросам, связанным с курсами обучения, телефон: +44 (0) 1344 872776

Email: [education@steel-sci.com](mailto:education@steel-sci.com)

Интернет-сайт: <http://www.steel-sci.org>

Посетите [www.steelbiz.org](http://www.steelbiz.org) – круглосуточный онлайн-ресурс, посвященный стальному строительству

**Фотография на обложке:** No. 1 Deansgate, Manchester, 16-этажное жилое и торговое здание со стальным каркасом. В здании большепролетные композитные перекрытия и стальная конструкция, опирающаяся на наклонные колонны на уровне подиума. Партнерами проекта выступили: Crosby Homes (Заказчик), Ian Simpson Architects (Архитектор), Martin Stockley Associates (Конструктор) and MACE (Подрядчик).

# Стальные конструкции многоэтажных жилых зданий

**Р. М. Лоусон**, бакалавр инженерного дела (BSc(Eng)), доктор философии (PhD), выпускник Института Сити и гильдий Лондона (ACGI), дипломированный инженер (CEng), участник Института гражданских инженеров (MICE), участник Института инженеров-строителей (MIStructE)

**Р. Дж. Огден**, бакалавр гуманитарных наук, дипломированный архитектор, доктор философии (PhD), участник Общества профессиональных дизайнеров (MCSD)

**Дж. В. Рэкхэм**, бакалавр инженерного дела (BSc(Eng)), магистр естественных наук (MSc), выпускник Имперского колледжа Лондонского университета (DIC), доктор наук (PhD), дипломированный инженер (CEng), участник Института гражданских инженеров (MICE)

Публикация:  
Институт стальных конструкций,  
(SCI)Silwood Park,  
Ascot,  
Berkshire SL5 7QN (Великобритания)

Тел.: 01344 623345  
Факс: 01344 622944

© 2004 г. Институт стальных конструкций

Данная публикация не может быть воспроизведена, скопирована или передана в любой форме или любыми средствами без предварительного разрешения издательства, при этом любое воспроизведение копировально-множительными средствами должно соответствовать условиям лицензий, выданных Агентством по лицензированию объектов авторского права Великобритании (UK Copyright Licensing Agency) или иных обществ по защите прав на воспроизведение, действующих за пределами Великобритании. В соответствии с законом «О защите авторских и патентных прав, а также прав на изобретения» (Copyright Designs and Patents Act, 1988) вышеуказанный запрет не распространяется на добросовестное использование настоящей публикации для научных исследований и самостоятельного изучения, а также при подготовке критических и обзорных материалов.

Для получения разрешений на воспроизведение публикации в любых иных целях следует обращаться в издательский отдел Института стальных конструкций по указанному ниже адресу.

При подготовке настоящего издания были приняты все возможные меры для использования актуальной и достоверной информации в отношении изложенных фактов, сложившейся практики и высказанных мнений. Вместе с тем Институт стальных конструкций, авторы и рецензенты не несут ответственности за любые неточности или неправильное толкование данных и (или) информации, а также за любой ущерб, возникший в связи с использованием любой информации из настоящей публикации.

Издания, реализуемые участникам Института на льготных условиях, не предназначены для перепродажи.  
Номер публикации: SCI P332

ISBN 1 85942 154 7

Данные о публикации в каталоге Британской библиотеки.

Запись каталога о данной публикации имеется в Британской библиотеке.

## ВСТУПЛЕНИЕ

Настоящая публикация подготовлена сотрудниками Института стальных конструкций (SCI) Марком Лоусоном (Mark Lawson) и Джимом Рэкхэмом (Jim Rackham) и сотрудником Университета Оксфорд Брукс Рэем Огденом (Ray Ogden). В подготовке издания принимали участие Питер Ласби-Тейлор (Peter Lusby-Taylor) из архитектурной мастерской НТА и Стивен Хикс (Stephen Hicks) из Института стальных конструкций. Кроме того, были использованы комментарии сотрудников Corus: Клайва Чаллинора (Clive Challinor), Ричарда Диксона (Richard Dixon), Эндрю Ортон (Andrew Orton), Колина Смарта (Colin Smart), Джима Свиндейла (Jim Swindale), Мэтью Тига (Matthew Teague) и Майка Уэбба (Mike Webb).

В этой работе рассматриваются различные виды стальных конструкций, используемых при строительстве многоэтажных жилых зданий. Помимо подробного обсуждения практических примеров, приводятся разнообразные стратегические концепции, позволяющие учитывать постоянное ужесточение нормативных требований, а также даются рекомендации по планированию жилищного строительства. Авторы рады возможности представить разработчиков рассмотренных проектов и выражают им искреннюю признательность за сотрудничество.

Это издание продолжает серию публикаций Института стальных конструкций, посвященных новым технологиям в жилищном строительстве:

- «Использование тонкостенных стальных каркасов в строительстве жилых зданий» (P301);
- «Модульное строительство с применением тонкостенных стальных каркасов: проектирование жилых зданий» (P302);
- «Модульное строительство с применением тонкостенных стальных каркасов: руководство для архитекторов» (P272);
- «Конструирование звукоизоляционных систем для многоэтажных жилых зданий» (P336);
- «Звукоизоляционные характеристики систем тонкостенных стальных каркасов» (P320);
- «Звукоизоляционные характеристики композитных перекрытий» (P322)»
- «Звукоизоляционные характеристики системы перекрытий Slimdek» (P321);
- «Многоэтажные жилые здания с системами перекрытий Slimdek» (P310);
- «Практические примеры стального строительства многоэтажных жилых зданий» (P328);
- «Практические примеры применения системы перекрытий Slimdek» (P309);
- «Практические примеры проектирования модульных стальных каркасов» (P271);
- «Экономический эффект и преимущества применения системы перекрытий Slimdek» (P279);
- «Оценка экономического эффекта и преимуществ применения тонкостенных стальных каркасов в строительстве зданий» (P260).

В ближайшее время ожидается публикация компании Corus «Использование системы перекрытий Slimdek в строительстве многоэтажных жилых зданий», в которой будет предоставлена конкретная информация по использованию данной технологии с практическими примерами.

Хотелось бы выразить искреннюю признательность компании Corus, при финансовой поддержке которой было подготовлено это руководство.



# СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВСТУПЛЕНИЕ	III
ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	VII
1 ВВЕДЕНИЕ	1
1.1 Введение в технологию стального строительства	1
1.2 Необходимость повышения рентабельности жилищного строительства	6
1.3 Архитектурные возможности стального строительства	6
1.4 Характеристика рынка	8
1.5 Зарегистрированные владельцы социального жилья	9
2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ПРЕИМУЩЕСТВА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	10
3 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	12
3.1 Организация пространства	12
3.2 Государственное регулирование жилищного строительства	14
3.3 Экологичное строительство	15
3.4 Строительные нормы и правила (Англия и Уэльс)	15
3.5 Конструктивные требования	19
4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	22
4.1 Композитные конструкции	22
4.2 Slimdek	27
4.3 Балки Slimflor со сборными железобетонными плитами	31
4.4 Строительство многофункциональных зданий	35
4.5 Тонкостенные стальные каркасы	36
4.6 Модульное строительство	40
4.7 Легкие стальные каркасные стены	44
5 ВАРИАНТЫ ОБЛИЦОВКИ ЗДАНИЙ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ	47
5.1 Введение	47
5.2 Каменная кладка	47
5.3 Штукатурка поверх изолирующего слоя	48
5.4 Композитные панели или листовая обшивка	49
5.5 Плиты	49
5.6 Кассетные панели	50
5.7 Глиняная черепица или керамические плитки	52
5.8 Полностью застекленные фасады	54
5.9 Металлические панели	55
5.10 Кровельное покрытие Kalzip	56
6 СТАЛЬНЫЕ БАЛКОНЫ И ПАРАПЕТНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ	57
6.1 Типы балконов	57
6.2 Крепление балконов к системе перекрытий Slimdek	61
7 ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ПОДВАЛЬНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ	62
7.1 Методы производства работ	62
7.2 Требования к проектированию подвальных помещений	62
7.3 Примеры конструкций недавно построенных подвальных помещений	63
8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	66





## ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В данной публикации представлен ряд металлоемких строительных технологий, которые могут успешно применяться в многоэтажном жилом строительстве. Объясняется необходимость повышения рентабельности жилищного строительства, дается характеристика экономической эффективности и описываются преимущества стальных конструкций, используемых при возведении жилых зданий.

Рассматриваются важные нормативные требования и другие аспекты, которые должны учитываться при проектировании жилых зданий. Затронуты вопросы соблюдения Строительных норм и правил, включая недавнее ужесточение требований к звукоизоляции и теплоизоляции. Включены сведения о методах обеспечения прочности многоэтажных конструкций во избежание их прогрессирующего обрушения.

В настоящей работе обсуждаются следующие виды стальных конструкций, используемые в строительстве:

- композитные конструкции;
- Slimdek;
- Slimflor (со сборными железобетонными плитами);
- тонкостенные стальные каркасы;
- модульное строительство;
- тонкостенные стальные перегородки.

Описываются основные характеристики и преимущества этих технологий, а также приводятся примеры недавно построенных зданий (включая жилые) в которых применялись данные виды конструкций.

Рассмотрены характеристики и варианты применения различных видов облицовки с необходимыми иллюстрациями. Также включены детализированные эскизы балконов и парапетных стенок. Поскольку здания густонаселенных районов все чаще проектируются с подвалами, то приводятся сведения о строительстве водонепроницаемых подвальных помещений. Включена дополнительная публикация (подготовленная компанией Corus), в которой рассматривается применение системы перекрытий Slimdek в многоэтажных жилых зданиях.



# 1 ВВЕДЕНИЕ

За последнее время увеличилась потребность в новых эффективных, адаптируемых и качественных зданиях, особенно с учетом ограничений для строительства в центральных городских районах. Наибольшие проблемы и возможности открываются в секторе зданий средней этажности, что связано с постоянно растущей потребностью в увеличении плотности новой и старой застройки. Решение этих проблем невозможно без применения новых методов строительства, которые минимизируют воздействие на окружающую среду и максимально используют преимущества заводского изготовления сборных конструкций.

Одной из лучших технологий возведения городских зданий является стальное строительство, имеющее такие признанные преимущества, как высокая скорость монтажа, высокое качество и меньшая зависимость от специальных технологий, применяемых на строительной площадке.

## 1.1 Введение в технологию стального строительства

В распоряжении проектировщиков многоэтажных жилых зданий имеется целый ряд хорошо зарекомендовавших себя технологий стального строительства; все они будут обсуждаться в данной публикации. Описываемые здесь технологии хорошо сочетаются со специальными требованиями, предъявляемыми к зданиям смешанного (жилого и коммерческого) назначения.

Наиболее востребованными стальными конструкциями для городского жилищного строительства являются:

<b>тонкостенные стальные каркасы:</b>	подходят для малоэтажных домов на одну семью и социального жилья;
<b>Slimdek и Slimflor:</b>	применяются в многоэтажных жилых зданиях; предоставляют широкие возможности внутренней планировки с минимальной высотой профиля перекрытий;
<b>композитные конструкции:</b>	применяются в многоэтажных жилых и многофункциональных зданиях, часто с длительными сроками коммерческой/розничной окупаемости;
<b>модульное строительство:</b>	подходит для небольших квартир (для одного или двух жильцов) в зданиях средней этажности (например, строящихся в качестве жилья для высококвалифицированных работников);
<b>легкие стальные каркасные стены с заполнением и перегородки:</b>	возводятся с применением тонкостенных стальных каркасов, систем перекрытий Slimdek и Slimflor, а также композитных конструкций, что обеспечивает звукоизоляцию и позволяет использовать все преимущества полносборного строительства.

В настоящей публикации рассматриваются важные аспекты применения этих технологий, в том числе:

- формы конструкций;
- преимущества применения;
- практические примеры из недавно реализованных проектов;
- особенности проектирования строительных конструкций;
- пожарная безопасность;
- требования по звукоизоляции;

- методы отделки фасада;
- балконы и парапетные ограждения.

Цель данной публикации заключается в предоставлении общих сведений для выбора стальных конструкций на предпроектной стадии строительства. Технические аспекты подробно рассматриваются в других публикациях Института стальных конструкций<sup>[1, 2, 3, 4, 5]</sup>, а проектирование звукоизоляции описано в технических бюллетенях Института стальных конструкций<sup>[6, 7, 8]</sup>.

Стальные конструкции все чаще используются в крупных проектах жилищного строительства с повышенными требованиями к скорости возведения и свободной площади, не занятой колоннами. Типовой проект здания для городской застройки с использованием стальных конструкций показан на рисунке 1.1. Стальное строительство допускает использование различных облицовочных материалов и методов отделки фасада, включая установку балконов, солнцезащитных козырьков, остекление по всей высоте и возведение мансард (см. рисунок 1.2). Различные варианты облицовки обсуждаются в разделе 5, а установка стальных балконов — в разделе 6.

В таблице 1.1 перечислены отличительные особенности стального строительства жилых зданий, подкрепленные успешной практикой применения в других секторах. Технологии стального строительства обеспечивают качественную звуко- и теплоизоляцию, отвечающую требованиям Строительных норм и правил<sup>[9]</sup>. За последнее время было накоплено значительное количество результатов испытаний и мониторинга звукоизоляционных характеристик зданий со стальным каркасом. Благодаря этому был создан ряд новых стандартных решений, включая «Сборные конструкции из надежных компонентов» (Robust Details) (см. «Руководство по сборным конструкциям из надежных компонентов»)<sup>[11]</sup>.

**Таблица 1.1**     *Отличительные особенности стального строительства жилых зданий*

Экологичные технологии	Использование новых подходов
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Энергоэффективность</li> <li>• Рациональное использование материалов</li> <li>• Минимальное количество отходов</li> <li>• Возможность повторного использования после вторичной переработки</li> <li>• Адаптированность к будущим требованиям</li> <li>• Долговечность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сокращение расходов</li> <li>• Сокращение времени работ на строительной площадке</li> <li>• Повышение производительности</li> <li>• Повышение безопасности</li> <li>• Повышение качества</li> <li>• Большая определенность при бюджетировании и составлении графиков</li> </ul>

При строительстве жилья в городских и густонаселенных районах часто приходится предусматривать подземные парковки, размеры которых нередко влияют на расположение колонн во всем здании. Водонепроницаемые подвалы на базе стальных конструкций рассматриваются в разделе 7.



**Рисунок 1.1** Многоквартирный дом со стальным каркасом и сборными балконами в Манчестере



**Рисунок 1.2** Жилое здание со стальным каркасом в Глазго: использовано несколько видов отделки фасада

В современном многоэтажном жилищном строительстве широко применяются композитные конструкции. Небоскреб Manchester Deansgate (см. рисунок 1.3) стал самым высоким жилым зданием после постройки комплекса Barbican в Лондоне в начале 1970-х годов. В нем используется 16-этажный композитный каркас с полностью застекленным фасадом, который опирается на наклонные трубчатые стальные колонны, закрепленные на уровне подиума.



**Рисунок 1.3** 16-этажное здание с композитным стальным каркасом в Манчестере

В настоящее время строится большое количество зданий с использованием «комбинированных» стальных каркасов и модульных конструкций. В крупнейшем модульном здании Европы, расположенном в Манчестере (см. рисунок 1.4), установлены композитные перекрытия магазинов и парковок, при этом на верхнем композитном перекрытии возведено 8 этажей из модульных элементов. Модули выровнены попарно относительно расположенных ниже колонн.





**Рисунок 1.4** *Восьмизэтажное модульное здание в Манчестере с несущим композитным каркасом на уровне стилобата*

Основное преимущество всех проектов стального строительства заключается в использовании сборных конструкций с быстрым возведением несущего каркаса при минимальном количестве оборудования и материалов, хранящихся на строительной площадке, и минимальных требованиях к инфраструктуре. Последний фактор приобретает все большую значимость при застройке густонаселенных районов центральной части города ввиду ограниченного пространства для складирования оборудования, материалов и временного обустройства площадок. Стальное строительство имеет относительно невысокий уровень шумности, мало загрязняет территорию и создает небольшое количество отходов. Все перечисленное является важным преимуществом с точки зрения экологии городского пространства. На рисунке 1.5 показан несущий стальной каркас, который быстро возводится перед бетонированием перекрытий.



**Рисунок 1.5** *Несущий стальной каркас крупного жилого комплекса в Саутгемптоне*

## **1.2 Необходимость повышения рентабельности жилищного строительства**

Актуальным вопросом современной строительной отрасли является увеличение рентабельности за счет улучшения качества, надежности и эксплуатационных характеристик. В докладе комиссии Эгана (Egan Report) «Новые подходы в строительстве»<sup>[12]</sup> обозначены ключевые инициативы по необходимым изменениям и улучшению эксплуатационных характеристик объектов. В отличие от других аналогичных докладов, представленных за последние 50 лет, правительство не просто поддержало выводы комиссии Эгана, но и выразило готовность руководствоваться ими в вопросах развития строительной отрасли Великобритании. Авторы доклада предлагают пересмотреть все аспекты ведения строительных работ и уделить гораздо большее внимание разработке инновационных продуктов и систем, в том числе для стального строительства.

Правительство потребовало от зарегистрированных владельцев социального жилья (см. раздел 1.5) соблюдения принципов, обозначенных в докладе комиссии Эгана, при приобретении нового жилья за счет средств Корпорации жилищного строительства (Housing Corporation).

Современная концепция государственных закупок основывается на критерии максимальной эффективности расходования средств. Согласно обнародованному недавно руководству Министерства финансов Великобритании политика правительства направлена на производство государственных закупок не просто по минимальной цене, а на основе наилучшего соотношения цены и качества. Корпорация жилищного строительства опубликовала руководство «Наилучшее соотношение цены и качества для зарегистрированных владельцев социального жилья»<sup>[13]</sup>.

## **1.3 Архитектурные возможности стального строительства**

Использование стальных конструкций предоставляет множество возможностей для следующих архитектурных решений:

- конструкции с перекрытиями незначительной высоты;
- отделка фасадов с использованием разнообразных материалов;
- остекление на высоту этажа;
- колонны из стальных труб;
- конструкции с большими пролетами;
- балконы и галереи;
- пентхаусы и крышные конструкции;
- детализовка конструкции мансарды и прочих конструкций кровли;
- открытые стальные конструкции с вспучивающимися огнезащитными покрытиями для противопожарной защиты.

На рисунках 1.6 и 1.7 изображены недавно спроектированные здания (жилого и смешанного назначения), архитектурные решения которых ярко реализованы при помощи технологий стального строительства.





**Рисунок 1.6** Здание смешанного назначения (с жилыми и торговыми помещениями) в Лидсе



**Рисунок 1.7** Проект многоквартирного дома на набережной канала в Чешире

На рисунке 1.8 показан пример создания городского уличного ландшафта за счет смешанного использования модулей и элементов каркаса.



**Рисунок 1.8** Общий вид здания из смешанных каркасных и модульных элементов  
(эскиз предоставлен HTA Architects)

#### 1.4 Характеристика рынка

Об объеме рынка нового жилья можно судить по статистическим данным о количестве строящихся домов и квартир из источников правительства (офис заместителя премьер министра (OPDM)) и Национального совета жилищного строительства (NHBC). Приведенная ниже таблица содержит следующие данные в разбивке по типам объектов жилой недвижимости: количество спальных комнат, тип объекта (семейный дом или квартира) и вид собственности (частная или государственная). В настоящее время общее количество ежегодно вводимых в эксплуатацию единиц жилья составляет около 195 000, из которых квартиры составляют 27% (см. таблицу 1.2). Указанная доля квартир увеличивается в мегаполисах. Почти 35 % всех жилых объектов предназначено для одного жильца, причем этот показатель будет увеличиваться в связи с социальными и демографическими изменениями и общим старением населения. Кроме того, быстрорастущие секторы образования, здравоохранения и национальной обороны требуют ежегодного ввода в эксплуатацию до 20 000 новых единиц жилья, как правило, для одного жильца.

**Таблица 1.2** Общее количество строящихся жилых объектов в Великобритании в 2003 г.

Количество спальных комнат	Дома	Квартиры
1	2000	12 000
2	20 000	37 000
3	56 000	2000
4+	66 000	< 1000
Всего	144 000	51 000

Источник информации: статистика жилищного строительства  
(данные офиса заместителя премьер министра)

По статистике NHBC, примерно 60% всех объектов жилья в Лондоне составляют квартиры (таблица 1.3). В таких городах, как Манчестер, Лидс, Кардифф и Глазго, высококачественные квартиры все чаще строятся на набережной

и в бывших промышленных зонах, где ценится свободная городская планировка, высокое качество, панорамные виды и скорость строительства.

Хотя доля государственных жилых зданий относительно невелика (примерно 11%), однако зарегистрированные владельцы социального жилья оказывают существенное влияние на продвижение новых технологий, что создает возможности для широкого применения стального строительства. Например, жилищная ассоциация Peabody Trust стала пионером применения модульных конструкций в Лондоне.

Широко распространено мнение, что рынок нового жилья в ближайшем будущем продолжит расти. Новое жилищное строительство в Великобритании составляет всего 3,1 на 1000 единиц жилищного фонда, что намного меньше, чем в среднем по ЕС (6,1 на 1000). Коэффициент нового строительства или замещения недостаточен для удовлетворения спроса, в основном из-за строгих законодательных требований, регулирующих застройку новых участков. В руководстве по планированию строительства (Planning guidance) делается акцент на использование участков старой застройки или бывших промышленных районов, а также на повышение плотности застройки городских районов.

Прогнозируется, что спрос на жилые площади в городских районах будет увеличиваться, в связи с чем повысятся требования к скорости проведения строительных работ с целью минимизации неудобств для местного населения. Строительство с использованием сборных конструкций является перспективной технологией для удовлетворения ожидаемого спроса на жилье.

**Таблица 1.3** Доля строительства новых жилых домов (NHBC)

Регион	Всего	1-квартирные дома	2-квартирные дома	Таунхаусы	Бунгало	Квартиры
Лондон	10%	6%	9%	25%	1%	59%
Англия (кроме Лондона)	68%	49%	19%	15%	5%	12%
Шотландия, Уэльс и Северная Ирландия	22%	35%	19%	9%	9%	28%

Источник информации: статистика жилищного строительства NHBC

## 1.5 Зарегистрированные владельцы социального жилья

20 ведущих жилищных ассоциаций или зарегистрированных владельцев социального жилья (RSL) являются заказчиком строительства 70% муниципальных жилых зданий в Великобритании (т. е. 8% от их общего количества). Каждый из четырех ведущих зарегистрированных владельцев социального жилья имеет в управлении более 30 000 зданий и ежегодно планирует построить около 2000 новых зданий, не считая капитального ремонта существующих (данные Национальной жилищной федерации).

Зарегистрированные владельцы социального жилья имеют долгосрочную заинтересованность в своей собственности, хотя обычно непосредственно не участвуют в строительстве. В основе требования «наилучшего выбора жилья» Корпорации жилищного строительства для зарегистрированных общественных домовладельцев лежит достижение «наилучшего соотношения цены и качества», а не «наименьшей стоимости». Корпорация жилищного строительства опубликовала руководство «Наилучшее соотношение цены и качества»<sup>[14]</sup>.

## 2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ И ПРЕИМУЩЕСТВА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Преимущества использования стальных конструкций в городском жилищном строительстве относятся к различным аспектам проектных и строительных работ и могут быть условно разделены на шесть групп. Обратите внимание, что некоторые аспекты отражены одновременно в нескольких группах. Более подробная информация об экономическом эффекте и преимуществах применения системы перекрытий Slimdek приведена в публикации Института стальных конструкций «Оценка стоимости возведения системы перекрытий Slimdek»[15].

### Преимущества с точки зрения проектирования

- Благодаря относительной легкости стальных конструкций уменьшаются затраты на возведение фундамента.
- Балки с большими пролетами обеспечивают возможность гибкой планировки квартир.
- Минимальная высота профиля перекрытия (с использованием балок Slimflor или Slimdek).
- Устойчивость каркаса здания.
- Выполнение требований по качеству звуко- и теплоизоляции за счет использования изоляционных материалов.

### Преимущества с точки зрения эксплуатации

- Отсутствие гниения, усадки и медленно развивающихся деформаций.
- Длительный проектный срок службы.
- Легкость адаптации к изменениям в режиме эксплуатации здания.
- Простота создания проемов в перекрытиях и стенах.
- Высокая устойчивость к повреждениям и ударным воздействиям.
- Хорошая звукоизоляция.

### Преимущества с точки зрения строительно-монтажных работ

- В большинстве случаев перекрытия заливаются без временных опор.
- Применение технологий скоростного строительства.
- При использовании композитных плит настил выполняет функции рабочей платформы.
- Использование сборных конструкций позволяет увеличить скорость строительно-монтажных работ, уменьшить количество отходов и снизить требования к инфраструктуре строительной площадки.
- Материалы доставляются на строительную площадку строго по графику и в соответствии с потребностями.
- Уменьшение предварительных затрат на подготовку строительной площадки и требований к персоналу.
- Простота создания проемов в конструкции.
- Малая зависимость от погодных условий.
- Точность строительно-монтажных работ (облегчает последующую отделку).

### **Финансовые преимущества**

- Быстрое проведение строительных работ позволяет экономить до 50% средств, затрачиваемых на подготовку строительной площадки.
- Оптимизация денежного потока благодаря более сжатым срокам выполнения работ.
- Снижение финансовых рисков за счет технологичности конструкций.
- Возможность более ранней аренды или продажи, сокращение срока окупаемости инвестиций.

### **Экологические преимущества**

- Эффективное использование материалов в заводском производстве.
- Меньшее количество отходов при использовании материалов.
- Уменьшение неудобств от проведения строительных работ, снижение количества отходов и продолжительности работ на строительной площадке.
- Легкость конструкций для использования на участках старой застройки.
- Адаптируемость к будущим требованиям.
- Детали стальных конструкций пригодны для вторичного использования и переработки.
- Модульные элементы можно использовать повторно.

### **Преимущества, относящиеся к соблюдению рекомендаций из доклада комиссии Эгана**

Представленный комиссией Эгана доклад «Новые подходы в строительстве» содержит комплекс предложений, направленных на улучшение качества строительства, сокращение количества отходов, уменьшение продолжительности строительных работ и связанных с ними капитальных затрат, а также повышение предсказуемости результатов. Применение стальных конструкций способствует выполнению многих из предложенных требований, в частности:

- материалы доставляются на строительную площадку строго по графику;
- расширяется сфера применения сборных конструкций;
- повышается качество строительства за счет использования сборных конструкций;
- повышается определенность сроков доставки и графика строительства;
- снижается количество отходов и переделок;
- проектная организация передает информацию производителю в электронном виде;
- сокращаются сроки строительства.

## 3 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В данном разделе рассматриваются важные аспекты проектирования жилых зданий, включая пространственные критерии для жилых помещений и парковок, а также вопросы применения Строительных норм и правил (Building Regulations) с точки зрения выполнения требований по звукоизоляции, теплоизоляции и пожарной безопасности. Рассматриваются важные конструктивные аспекты, включая использование систем связей и новейшие рекомендации по обеспечению устойчивости каркасов зданий.

### 3.1 Организация пространства

#### 3.1.1 Жилые помещения

Владельцы социального жилья приобретают только те здания, которые отвечают стандартным техническим требованиям. Как правило, эти требования такие же или более жесткие, чем у частных застройщиков, но всегда выше необходимого минимума, установленного Строительными нормами и правилами. Наиболее известными стандартами, устанавливающими требования к социальному жилью, являются:

- Scheme Development Standards (Общие стандарты проектирования)<sup>[14]</sup> (Корпорация жилищного строительства);
- Lifetime Homes (Требования к помещениям для длительного проживания)<sup>[16]</sup> (Фонд Джозефа Раунтри (Joseph Rowntree Foundation));
- Standards and Quality in Development (Стандарты и качество в проектировании)<sup>[17]</sup> (Национальная жилищная федерация (National Housing Federation)).

Стандарты Национальной жилищной федерации (NHF) устанавливают минимальные требования к размерам комнат в различных типах жилых помещений, а также другие требования к пространственным параметрам, энергоэффективности и эксплуатационным показателям. Эти стандарты, а также стандарты Lifetime Homes определяют виды планировки, совместимые с новыми требованиями Строительных норм и правил (утвержденный документ М)<sup>[18]</sup> по обеспечению доступа маломобильных граждан.

Стандарты Национальной жилищной федерации предусматривают следующие типовые планировки жилья:

С 1 спальней комнатой, для проживания 2 человек	45–50 м <sup>2</sup> ;
С 2 спальнями комнатами, для проживания 3 человек	65–70 м <sup>2</sup> ;
С 2 спальнями комнатами, для проживания 4 человек	75–80 м <sup>2</sup> ;
С 3 спальнями комнатами, для проживания 5 человек	85–90 м <sup>2</sup> ;

Типовые размеры комнат в различных типах жилья приведены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1** Типовые требования к площадям жилых помещений

	Требования к площадям жилых помещений (м <sup>2</sup> площади пола) в зависимости от количества проживающих				
	1	2	3	4	5
Гостиная	11	12	13	14	15
Гостиная/столовая	13	13	15	16	17,5
Кухня	5,5	5,5	5,5	7	7
Кухня/столовая	8	9	11	11	12
Главная спальня	8	11	11	11	11
Спальня на двоих человек	–	–	10	10	10
Спальня на одного человека	–	–	6,5	6,5	6,5



Следует учитывать требования к звукоизоляции между квартирами, прописанные в новых Строительных нормах и правилах (утвержденный документ Е)<sup>[19]</sup>: см. раздел 3.4. Помимо этого, критически важным показателем долговременной эффективности жилого помещения является его уровень энергопотребления. Нередко зарегистрированные владельцы социального жилья требуют сокращения энергопотребления до 50 % от нормативных значений, указанных в общепотребимых строительных стандартах (Строительных нормах и правилах (утвержденный документ L))<sup>[20]</sup>.

Органы полиции выступили с инициативой, получившей название «Под защитой проекта» (Secured by design)<sup>[21]</sup>, целью которой является проектирование жилых комплексов с безопасной средой проживания. Данная инициатива, курируемая Ассоциацией офицеров полиции (Association of Police Officers), направлена на продвижение стандартов проектирования и планирования застройки, обеспечивающих безопасность проектируемых зданий в соответствии с руководящими указаниями этой Ассоциации. На практике это означает, что двери и окна должны соответствовать минимальным требованиям безопасности, а планы застройки должны предусматривать свободное пространство для естественного обзора и развертывания сил правопорядка.

### 3.1.2 Парковки

Требования к необходимому количеству парковочных мест в жилищных комплексах обычно устанавливаются местными органами власти. Исторически сложилось так, что большинство из них устанавливало достаточно высокие стандартные требования. Минимальное количество парковочных мест определялось для каждой квартиры и зависело от количества спальных комнат (например, 1,5 парковочного места для квартир с 1 спальней; 2 места для квартир с 2 спальнями; 3 места для квартир с 3 и 4 спальнями и т. д.) либо от площади пола. Информацию о необходимом количестве парковочных мест следует в каждом конкретном случае уточнять в местных органах управления. Может оказаться, что сегодня эти требования уменьшились по сравнению с установленными ранее.

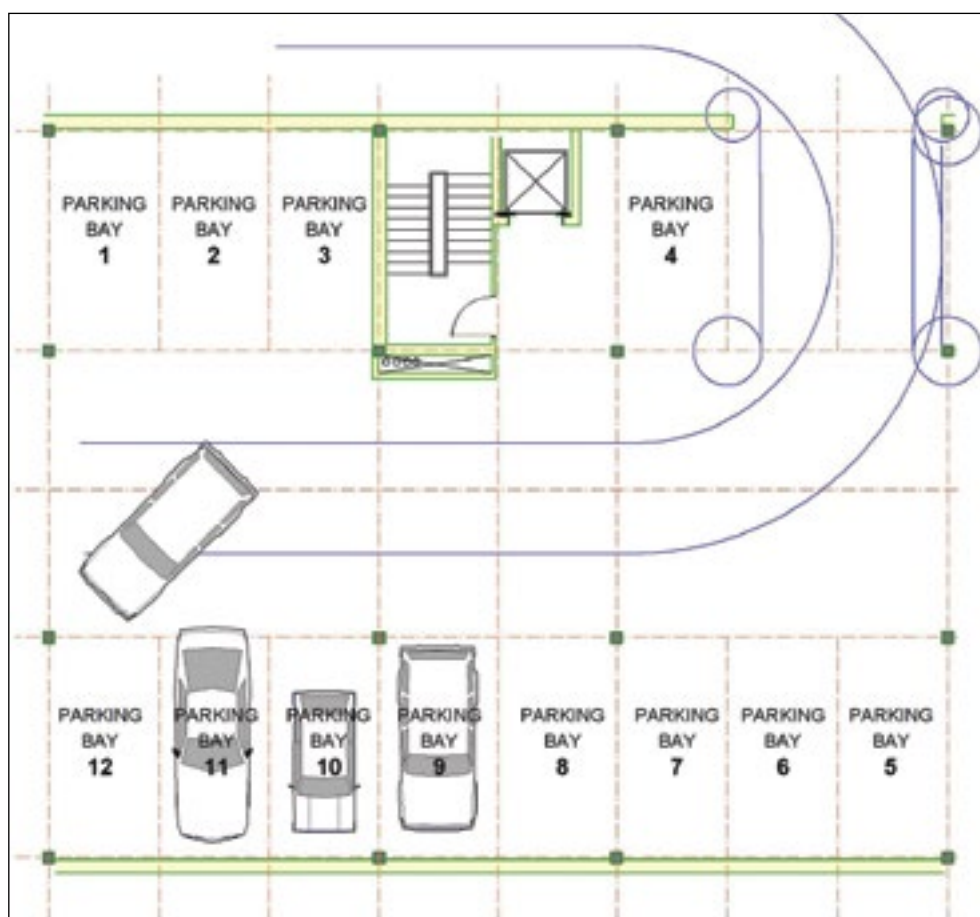
Утвержденное в марте 2003 года примечание 3 к Руководству по планам развития<sup>[22]</sup> серьезно изменило подход к стандартам для парковок в жилых комплексах. Данное примечание рекомендовало местным органам власти уменьшить требуемое количество парковочных мест, отказаться от утверждения минимальных стандартов и отменить действие таких стандартов, в соответствии с которыми на одну квартиру должно приходиться в среднем более 1,5 парковочного места (без учета уличных парковок). В частности, было предложено уменьшить нормативы количества парковочных мест для центральных городских районов (где представлены необходимые предприятия сферы обслуживания) и зданий для проживания таких социальных групп, среди которых относительно немного владельцев автомобилей (например, среди пожилых и одиноких граждан, либо студентов). Следует учитывать, что не все местные органы власти могли принять к сведению эти рекомендации.

Расположение парковочных мест должно частично определяться способом доступа к парковке (например, через фасадную, тыльную или боковую сторону здания), а также необходимыми радиусами поворота и линиями обзора. Существенное влияние на площадь парковки оказывает выбор одностороннего или двухстороннего режима движения. Как правило, парковочные места для автомобилей располагаются по обе стороны от центрального проезда. Если парковочные места расположены перпендикулярно длинным стенам, то средняя ширина такого проезда должна быть не менее 6100 мм,

а габариты парковочных мест должны составлять от 2400 до 2800 мм в ширину и от 4800 до 5800 мм в длину (более значительные размеры свидетельствуют о планировке с запасом).

С целью учета маневров при повороте колонны целесообразно размещать на некотором удалении от передней границы парковочного места. Это особенно важно в тех случаях, когда габариты парковочных мест и ширина проезда приняты по нижним границам допустимых диапазонов.

Типовая схема расположения парковочных мест в подвальном помещении многоэтажного жилого здания показана на рисунке 3.1.



**Рисунок 3.1** Типовая схема расположения парковочных мест в подвальном помещении многоэтажного жилого здания

### 3.2 Государственное регулирование жилищного строительства

Основные принципы государственного регулирования в отношении различных аспектов планирования изложены в примечании 3 к Руководству по планированию застройки «Жилые помещения»<sup>[22]</sup> (PPG 3). Они предусматривают:

- использование земель и городских земельных участков с целью уменьшения строительства в сельской местности;
- принятие решений на местном уровне на этапе планов застройки;
- повышение качества проектных решений и эксплуатационных показателей.

Принятие этого руководящего документа привело к увеличению плотности застройки в городских и бывших промышленных районах. В настоящее время многие объекты социального жилья возводятся в виде 6- и 7-этажных зданий в центральных городских районах со смешанной и коммерческой застройкой, идеально подходящих для применения технологий стального строительства.



### 3.3 Экологичное строительство

При разработке многих крупных строительных проектов, например, «Гринвич Миллениум Виллидж» (Greenwich Millennium Village) в Лондоне, утверждаются индикаторы экологической устойчивости, отражающие сокращение энергозатрат и выбросов CO<sub>2</sub>, а также использование компонентов, полученных путем вторичной переработки отходов или пригодных для вторичного применения. Британский научно исследовательский институт строительных технологий (Building Research Establishment) разработал систему рейтингования жилых зданий «Экодом» (Eco-Homes)<sup>[23]</sup>, в которой предложены следующие критерии экологической устойчивости:

- энергоэффективность;
- снижение использования транспорта;
- снижение загрязнения окружающей среды;
- эффективное использование материалов и ресурсов;
- охрана и рациональное использование воды;
- экология и землепользование;
- здоровье и благополучие населения.

По всей видимости, крупные проекты по строительству социального жилья будут иметь высокий рейтинг экологической устойчивости по результатам экологической экспертизы. Требования документа «Экодом» часто имеют обязательный характер для вновь строящегося социального жилья. Все строительные конструкции из стали имеют высокие эксплуатационные показатели, легко адаптируются к изменениям в режиме эксплуатации, а также пригодны для вторичного использования или вторичной переработки (хотя требование о пригодности для вторичной переработки окончательно не включено в Методику оценки жизненного цикла (Life Cycle Assessment methodology), разработанную Научно-исследовательским институтом строительных технологий).

### 3.4 Строительные нормы и правила (Англия и Уэльс)

В Англии и Уэльсе официально утверждено Руководство по применению строительных норм и правил, представляющее собой серию утвержденных документов (Approved Documents). Последние изменения, внесенные в утвержденные документы, ужесточают требования к теплоизоляционным и звукоизоляционным характеристикам перекрытий и перегородок. Требования к прочности распространены на все виды зданий.

#### 3.4.1 Теплоизоляция

Требования к теплоизоляции жилых зданий изложены в утвержденном документе L1<sup>[20]</sup>. Интенсивность теплопередачи характеризуется коэффициентом теплопроводности U единицы площади внешней оболочки здания. Редакцией документа от 2002 г. были установлены более низкие максимально допустимые значения коэффициента U (см. таблицу 3.2).

**Таблица 3.2** Максимально допустимые значения U для элементов внешней оболочки здания

Элемент	Значение U (Вт/м <sup>2</sup> °C)	
	1995	2002
Наружные стены	0,45	0,35
Нижние этажи	0,45	0,25
Крыши	0,30	0,20

При строительстве любых типов зданий необходимо избегать нарушений теплоизоляции, приводящих к несоразмерным тепловым потерям. Такие дефекты теплоизоляции могут быть вызваны прохождением стальных или иных элементов конструкции через внешнюю оболочку здания. В этом случае необходимо проводить тщательные расчеты тепловых потерь в местах с нарушенной теплоизоляцией.

### 3.4.2 Звукоизоляция

Требования к звукоизоляционным характеристикам жилых зданий приведены в утвержденном документе Е<sup>[19]</sup>. Теперь минимальные уровни шумоподавления должны определяться с учетом поправочного коэффициента на низкочастотные шумы  $C_{tr}$ , применяемого к стандартным значениям снижения воздушного и структурного шума. Требования к уровням шумоподавления, установленные предыдущей редакцией 1995 года и новой редакцией 2003 года, невозможно сравнивать напрямую, поскольку коэффициент  $C_{tr}$  имеет отрицательное значение. Результатом введения новых правил является очевидное снижение коэффициента звукоизоляции, однако требования к суммарному уровню шумоподавления в легких системах стали несколько жестче. Для стальных конструкций  $C_{tr}$  может составлять от  $-5$  до  $-7$  дБ.

В таблице 3.3 представлены нормативы шумоподавления для минимально допустимого коэффициента звукоизоляции, установленные утвержденными документами в редакциях 1995 и 2003 годов. В процессе испытаний на стройплощадке композитные плиты, системы перекрытий Slimdek и модульные конструкции демонстрируют настолько высокое качество звукоизоляции, что обычные виды стальных конструкций теперь включены в категорию «надежные компоненты» (Robust Details)<sup>[11]</sup> (не требующие испытаний на стройплощадке). При возведении жилых зданий средней этажности обычно используются два вида строительных конструкций:

- композитная плита или плита Slimdek с расстоянием от верхней поверхности плиты до основания потолка не менее 300 мм. Для выполнения требований по снижению ударного шума необходимо использовать фальшпол на лагах (или другой эквивалентный настил в виде платформы), если не предусмотрен иной вид настила из эластичного материала;
- двухслойная перегородка шириной не менее 250 мм, состоящая из двух слоев гипсокартона и изолирующего слоя, расположенного между стойками.

**Таблица 3.3** Минимальные требования к звукоизоляции согласно Строительным нормам и правилам (утвержденный документ Е)

	Перегородки		Разделяющие перекрытия		
	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C_{tr}$	$D_{nT,w}$	$D_{nT,w} + C_{tr}$	$L'_{nT,w}$
Предыдущая версия утвержденного документа Е (в редакции 1995 г.)					
Среднее значение	> 53 дБ	Неприменимо	> 52 дБ	Неприменимо	< 61 дБ
Отдельное значение	> 49 дБ	Неприменимо	> 48 дБ	Неприменимо	< 65 дБ
Утвержденный документ Е (в редакции 2003 г.)					
Квартиры в новостройках (любой из результатов испытания)		> 45 дБ		> 45 дБ	< 61 дБ
Перевод в жилой фонд (любой из результатов испытания)		> 43 дБ		> 43 дБ	< 61 дБ
Жилые комнаты (любой из результатов испытания)		> 43 дБ		> 45 дБ	< 61 дБ

$D_{nT,w}$  — снижение уровня воздушного шума

$L'_{nT,w}$  — передача ударного шума

$C_{tr}$  — поправочный коэффициент на низкочастотные шумы (отрицательная величина).

Более подробные указания по обеспечению высокого качества звукоизоляции в многоэтажных жилых зданиях со стальным каркасом приведены в публикациях Института стальных конструкций P320<sup>[6]</sup>, P321<sup>[7]</sup>, P322<sup>[8]</sup> и P336<sup>[10]</sup>.

### **Пожарная безопасность и огнестойкость**

Требования к пожарной безопасности и огнестойкости изложены в утвержденном документе В<sup>[24]</sup>.

### **Пожарная безопасность**

Пожарная безопасность здания обеспечивается мероприятиями по предотвращению распространения пожара, организацией путей эвакуации и эффективными средствами пожаротушения. Нормативные документы не содержат требований об установке спринклерных систем в жилых зданиях, за исключением гостиниц и зданий смешанного назначения.

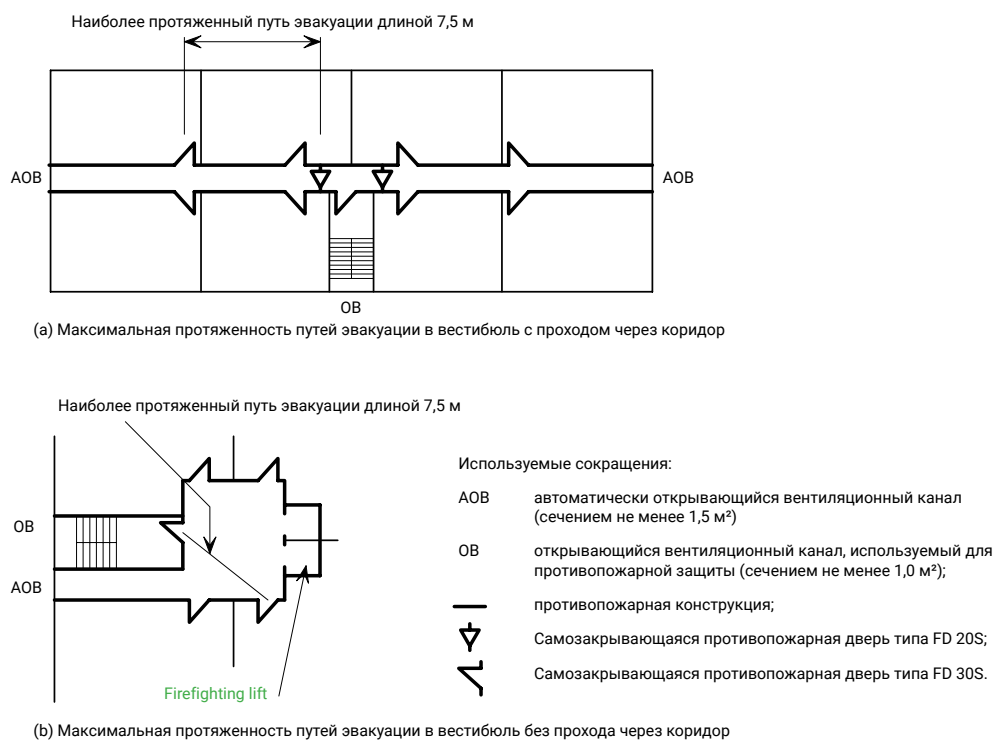
Обеспечение пожарной безопасности является важнейшим вопросом жилищного строительства. Внутри жилых зданий может находиться большое количество людей и, как правило, имеются многочисленные горючие предметы и материалы, в том числе с ячеистой структурой. Критически важно предусмотреть необходимые пути и средства эвакуации, а также правильно разделить здание противопожарными стенами. Общие требования к обеспечению пожарной безопасности многоквартирных и многоквартирных жилых домов изложены в Британском стандарте BS 5588-1 «Меры противопожарной безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий. Свод правил для жилых зданий»<sup>[25]</sup>.

Существуют два основных подхода к эффективной организации путей эвакуации в жилых зданиях с коридором и защищенным от пожара вестибюлем:

- максимальное сокращение протяженности пути эвакуации от входной двери квартиры до зоны, свободной от задымления;
- организация альтернативных путей эвакуации в зону, свободную от задымления, в том числе через общий внешний балкон.

Кроме того, необходимо минимизировать использование горючих материалов при строительстве и отделке коридоров. Длинные коридоры должны перекрываться самозакрывающимися противопожарными дверями. Следует рассмотреть возможность использования других эффективных мер противопожарной защиты, например, вентиляции на путях эвакуации (для предотвращения задымления) и спринклерных систем пожаротушения (для замедления распространения пожара).

Жилые здания должны обязательно проектироваться так, чтобы путь эвакуации от входа в квартиру до защищенной от пожара лестничной клетки или вестибюля имел протяженность не более 7,5 м. Если данное требование невыполнимо, то в коридоре должны быть предусмотрены отдельные противопожарные двери. Наиболее протяженные пути эвакуации для двух типовых схем планировки этажа показаны на рисунке 3.2. Незначительные послабления требований допускаются для зданий малой высоты (менее 11 м).



(b) Максимальная протяженность путей эвакуации в вестибюль без прохода через коридор

- ПРИМЕЧАНИЕ 1. Если каждая квартира на этаже имеет собственный альтернативный путь эвакуации, то максимальная протяженность эвакуационного пути может быть увеличена до 30 м.
- ПРИМЕЧАНИЕ 2. Если требуется пожарный лифт, то расстояние от его двери до лестничной клетки должно составлять не более 7,5 м.
- ПРИМЕЧАНИЕ 3. Открывающиеся вентиляционные каналы, идущие к лестничной клетке, можно заменить на открывающийся вентиляционный канал, проходящий над лестницей.

**Рисунок 3.2** Минимальная протяженность путей эвакуации в многоквартирных домах с различными планировками этажей

### Огнестойкость

Огнестойкость необходима для сохранения устойчивости здания и предотвращения распространения пожара за счет эффективного разделения здания на противопожарные зоны. Требования к огнестойкости жилых зданий зависят прежде всего от высоты здания (определяемой по верхнему перекрытию последнего этажа) и указаны в таблице 3.4. Требуемый предел огнестойкости подвальных помещений составляет обычно 60 минут, но первый этаж над подвалом должен иметь такой же предел огнестойкости, как и остальные этажи, если этот предел превышает 60 минут.

**Таблица 3.4** Требуемые значения предела огнестойкости согласно утвержденному документу В

Параметр	Предел огнестойкости (мин)			
	R30	R60	R90	R120
Максимальная высота (м)*	≤ 5 м	< 18 м	< 30 м	≥ 30 м
Максимальное количество этажей**	2	7	11	> 11

\* До верхнего перекрытия последнего этажа

\*\* Типичное значение в зависимости от высоты профиля перекрытия

Данные требования применяются к несущим элементам конструкции, а также, как правило, к противопожарным стенам (которые могут быть ограждающими).

Пожарные нагрузки в жилых зданиях могут быть на 50% выше, чем в офисных, поэтому в жилых зданиях (за исключением зданий смешанного назначения) пожарная техника применяется редко.

### 3.5 Конструктивные требования

В этом параграфе приведены краткие сведения о расчетной нагрузке для жилых зданий. Кроме того, обсуждаются важные вопросы обеспечения прочности и организации системы связей, которые должны быть учтены на предпроектной стадии.

#### 3.5.1 Нагрузка

При проектировании многоэтажных жилых зданий необходимо учитывать три основных типа нагрузок:

- постоянные нагрузки;
- временные нагрузки;
- ветровые нагрузки.

Постоянные нагрузки — это нагрузки, действующие в течение всего периода эксплуатации и включающие вес самой конструкции. Постоянные нагрузки включают веса несущего каркаса, системы перекрытий, инженерных коммуникаций, потолков и отделочных материалов.

Временные нагрузки — это непостоянные или изменяющиеся нагрузки, которые могут нерегулярно действовать на конструкцию в течение периода ее эксплуатации (кроме ветровой нагрузки). Временные нагрузки включают собственный вес людей, мебели, снега, а также горизонтальные нагрузки на парапеты, барьеры и балюстрады. Стандарт BS 6399-1:1996<sup>[26]</sup> устанавливает минимальные расчетные временные нагрузки, действующие на перекрытия зданий, а стандарт BS 6399-3:1988<sup>[27]</sup> — минимальные расчетные временные нагрузки, действующие на крыши. Значения равномерно распределенных временных нагрузок, действующих на перекрытия жилых зданий, варьируются в диапазоне от 1,5 до 3 кН/м<sup>2</sup> в зависимости от режима использования помещения. Временные нагрузки на крышу зависят от наличия доступа к ней (кроме доступа для технического обслуживания) и имеют значения не менее 0,6 кН/м<sup>2</sup>.

Ветровые нагрузки определяются в соответствии со стандартом BS 6399-2:1997<sup>[28]</sup> и зависят от местоположения и размера здания. В целом стандарт BS 6399-2 устанавливает более высокие значения локальной ветровой нагрузки на фасад, чем предшествовавший ему стандарт CP3, гл. V, часть 2.

#### 3.5.2 Прочность

Правила расчета конструкций предусматривают требования к общей прочности (целостности конструкции), определяющие минимальный уровень устойчивости несущих каркасов и их способность противостоять разрушениям при внезапном чрезвычайном происшествии, например, взрыве. Решение о введении данных требований было принято после частичного обрушения многоквартирного дома в Ронан-Пойнте, Ньюэм (Ronan Point, Newham), в 1968 году. В квартире на нижнем этаже произошел взрыв, что привело к поочередному обрушению межэтажных перекрытий. Все перекрытия одно за другим утрачивали несущие стены и переставали удерживать опирающуюся на них конструкцию — см. рисунок 3.3.



**Рисунок 3.3** Частичное разрушение сборной железобетонной конструкции после взрыва газа (Ронан-Пойнт)

В соответствии с правилами обеспечения устойчивости колонны должны были связаны с остальной частью конструкции. Тогда в случае частичного разрушения системы перекрытий будут удерживаться по принципу подвески. Правила обеспечения целостности конструкций содержатся в стандарте BS 5950-1:2000<sup>[29]</sup>, пункт 2.4.5. Данный стандарт определяет, как следует проектировать здания, чтобы избежать непропорционального обрушения, но не содержит указаний о том, когда он должен применяться. До недавнего времени документ A содержал указание о том, что здания выше пяти этажей должны проектироваться так, чтобы исключить возможность непропорционального разрушения. В последней редакции документа, опубликованной в июле 2004 г.<sup>[31]</sup>, правила обеспечения прочности были распространены на здания ниже пяти этажей, и теперь они должны применяться для зданий любой этажности в зависимости от категории конструкции. Подробное руководство по применению норм проектирования, позволяющих предотвратить непропорциональное разрушение зданий со стальным каркасом, приведено в публикации Института стальных конструкций «Проектирование многоэтажных рамно-связевых каркасов»<sup>[30]</sup>.

### 3.5.3 Системы связей

В многоэтажных зданиях необходимо предусматривать как вертикальные, так и горизонтальные системы связей. Вертикальные связи жесткости позволяют выдерживать поперечные нагрузки и обеспечивают общую устойчивость конструкции. Вертикальные связи жесткости должны воспринимать нагрузки таким образом, чтобы перекрытия и крыша выполняли функцию горизонтальных диафрагм. Обычно система перекрытий работает как диафрагма жесткости без необходимости дополнительной установки горизонтальных стальных связей.

Установку вертикальных связей жесткости необходимо предусмотреть на предпроектной стадии, в частности, во избежание нестыковок со схемой

распределения окон в здании. Связи жесткости часто размещают в центральном стволе здания со стояками инженерных сетей. Вместе с тем может потребоваться установка связей жесткости и в других зонах с целью обеспечения устойчивости конструкции. Удачным решением для жилых зданий являются крестообразные связи, поскольку их можно скрыть в стенах, а трубчатые стойки могут быть использованы в качестве архитектурных элементов на открытых участках.

Колонны по периметру здания и крайние балки фасада можно сконструировать так, чтобы они образовывали непрерывный каркас, сопротивляющийся ветровой нагрузке. Для этого нужно усилить концевые соединения армированием и убедиться, что ось колонны лежит в плоскости каркаса. При этом обеспечивается непрерывность пространства между перекрытиями для установки балконов, а также абсолютная свобода выбора вариантов расположения окон. Если колонны выровнены в одной вертикальной плоскости, то можно сконструировать внутренние каркасы, воспринимающие момент от ветровой нагрузки. Следует учитывать, что площадь поперечного сечения колонн обычно должна быть больше, чем в случае рамно-связевого каркаса. Поэтому данное проектное решение не рекомендовано для зданий выше четырех этажей; если здание имеет прямоугольную форму в плане, то данное решение лучше использовать только для направления с максимальной длиной.

Любые перекрытия с несъемной опалубкой, например, система Slimdek, образуют отличную жесткую диафрагму, которая выдерживает горизонтальные нагрузки на систему связей. Если используются системы перекрытий со сборными легкобетонными досками, то необходимо выполнить тщательные расчеты на предмет возможности передачи проектных нагрузок; также потребуются более надежные связи между смежными плитами перекрытий и между плитами перекрытий и стальными конструкциями.

## 4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

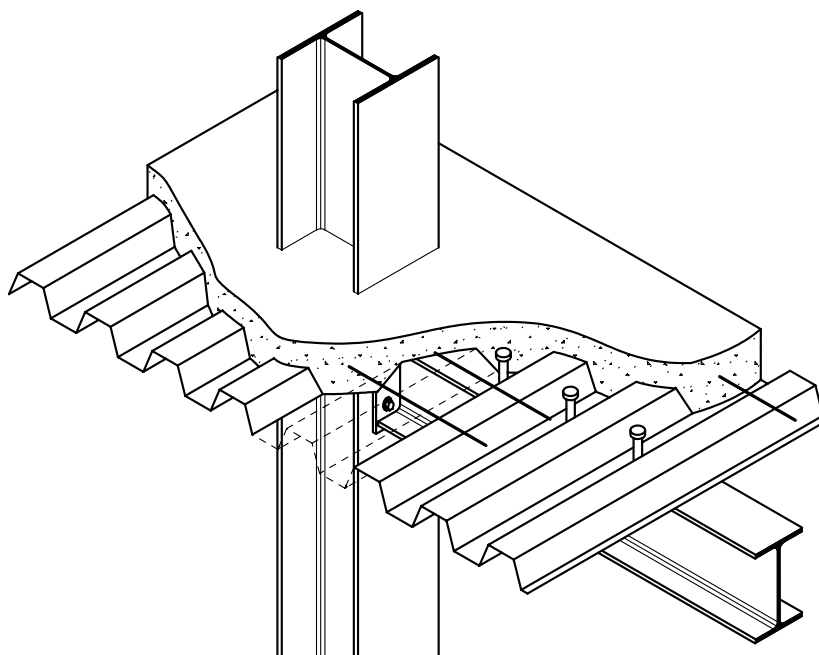
В жилищном строительстве могут использоваться различные стальные конструкции, основными из которых являются:

- композитные конструкции
- Slimdek;
- Slimflor (балки со сборными плитами перекрытий);
- тонкостенные стальные каркасы;
- модульное строительство;
- тонкостенные стальные перегородки.

В этом разделе кратко описаны их особенности и преимущества. Приведены практические примеры использования каждого вида конструкций в строительстве жилых зданий.

### 4.1 Композитные конструкции

Под композитными конструкциями обычно понимают такие строительные конструкции, в которых композитные балки перекрытия поддерживают железобетонную плиту, как показано на рисунке 4.1. Плита состоит из стального настила с невысокими ребрами и бетона. Анкеры привариваются к верхней полке балок, а после бетонирования оказываются в объеме плиты перекрытия, обеспечивая соединение стальной балки и плиты. Это позволяет значительно увеличить жесткость перекрытия. Возможно применение обычных колонн двутаврового сечения (UC) и колонн из профильных труб (SHS); при этом рекомендуется выбирать такие стальные профили, которые могут быть размещены в перегородках.



**Рисунок 4.1** Композитная конструкция с использованием стального настила



Композитные конструкции часто ассоциируются с многоэтажными коммерческими зданиями, но они не менее актуальны и для жилищного строительства. Жилые здания с композитными конструкциями имеют следующие особенности:

- балки перекрытий располагаются на уровне перегородок, либо используются профили небольшой высоты для минимизации высоты перекрытий;
- небольшая высота плиты перекрытия (от 130 до 150 мм);
- пролеты от 5 до 15 м (балки) и от 2,5 до 4 м (плиты перекрытия);
- общая высота перекрытия составляет, как правило, от 350 до 500 мм;
- собственный вес от 3 до 4 кН/м<sup>2</sup>;
- отсутствие ограничений по высоте или ширине здания;
- предел огнестойкости — до 30 минут при обычном подвесном потолке и до 120 минут при окраске напылением, отделке плитами или наличии вспучивающегося огнезащитного покрытия;
- звукоизоляция обеспечивается за счет устройства пола на лагах (или аналогичного вида пола).

Использование композитных конструкций в многоэтажных жилых зданиях дает следующие преимущества:

- узкие балки могут быть расположены внутри перегородок, что исключает наличие выступающих частей;
- использование профилей двутаврового сечения (УС) в качестве балок позволяет минимизировать высоту профиля перекрытия;
- плиты перекрытия можно устанавливать непосредственно между перегородками;
- большепролетные структуры могут оказаться полезными при строительстве зданий смешанного назначения (с жилыми и торговыми помещениями);
- меньший собственный вес, чем у плоских железобетонных плит;
- устойчивость может быть обеспечена за счет жесткости каркаса (при высоте до 4 этажей), систем связей или соединения с железобетонным ядром (для высотных зданий);
- вспучивающиеся огнестойкие покрытия могут быть нанесены вне строительной площадки;
- отличная звукоизоляция.

Ниже приводится описание рекомендуемых типов конструкций стен и перекрытий.

Стены	Перекрытия
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Каркасная система, состоящая из колонн из профильных труб (SHS) или колонн двутаврового сечения (УС) небольшой высоты, которые могут быть размещены в перегородках.</li> <li>• Перегородки в виде двойных стен из тонкостенных стальных профилей.</li> <li>• Каркасные стены с заполнением, выполненные из тонкостенных стальных холодногнутых профилей и тонкостенной облицовки.</li> <li>• Кирпичная кладка, выложенная на рандбалках.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Узкие балки из двутавровых профилей (УВ), соответствующие ширине перегородок.</li> <li>• Или металлические колонны двутаврового сечения (УС) высотой от 200 до 300 мм позволяют минимизировать высоту профиля перекрытия с учетом расположенного ниже потолка.</li> <li>• Профилированный стальной настил небольшой высоты — от 46 до 80 мм — для создания композитной плиты высотой от 130 до 150 мм.</li> <li>• Однослойный потолок из гипсокартона.</li> <li>• Пол на лагах для обеспечения звукоизоляции.</li> </ul>

Применение большепролетных композитных конструкций (для пролетов свыше 9 м) в зданиях смешанного назначения позволяет увеличить площадь пространства, свободного от колонн. Типичный пример такой конструкции показан на рисунке 4.2.

Композитные конструкции могут также использоваться вместе со сборными железобетонными плитами, как показано на рисунке 4.3. В этом случае балки должны быть достаточно широкими, чтобы служить опорой для сборных элементов. При использовании многопустотных заполняемых элементов требуется дополнительное армирование. Указания по проектированию конструкций данного типа приведены в публикации Института стальных конструкций «Проектирование композитных балок с использованием сборных железобетонных плит» (Р287)<sup>[3]</sup>.



**Рисунок 4.2** *Использование большепролетных композитных балок при строительстве многоэтажного здания*



**Рисунок 4.3** *Композитные балки, поддерживающие сборные многопустотные элементы*

Примеры зданий, при строительстве которых были использованы композитные конструкции:

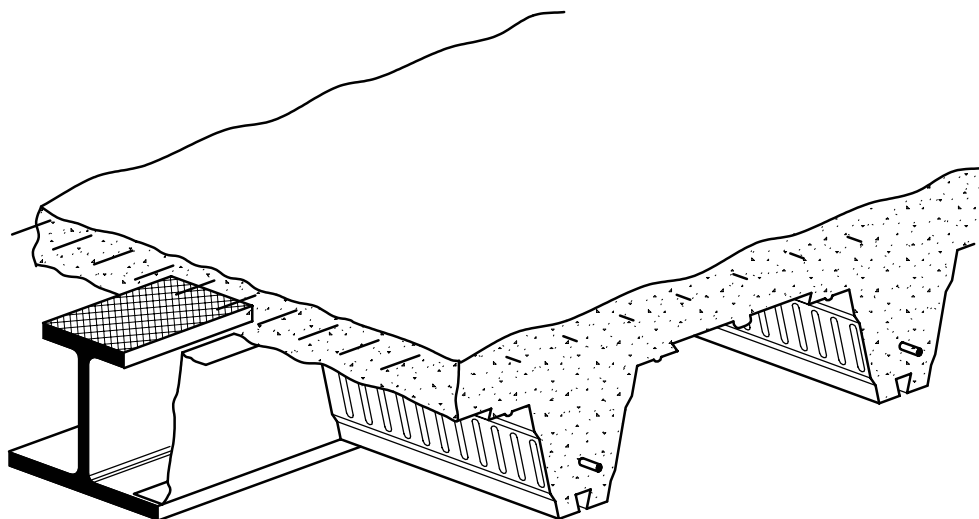
### Примеры. Композитные конструкции

<p><b>Sophia Gardens, Кардифф</b></p> <p>Два 6-этажных жилых здания в Пенарте, примыкающие к реконструированным докам Кардиффа, были построены с использованием композитных конструкций.</p> <p>Каркасные стены с заполнением, выполненные из тонкостенных стальных профилей, размещены под балками перекрытия. Отделка большей части фасада выполнена путем оштукатуривания изолирующего слоя, нанесенного на заполняемые каркасные стены из тонкостенных стальных профилей на уровне каждого этажа.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Taywood Homes/ Ty Gwalia Housing Association</p> <p>Архитектор: Бродвей Мэлян (Broadway Malyan)</p> <p>Подрядчик: Taywood Construction</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая скорость строительства</li> <li>• Небольшие затраты на фундаментные работы</li> <li>• Тонкостенные внутренние стальные перегородки с возможностью перемещения</li> <li>• Легкий оштукатуренный фасад</li> </ul>
<p><b>Deansgate, Манчестер</b></p> <p>16-этажное здание смешанного (жилого и коммерческого) назначения, построенное в самом центре Манчестера. На первом этаже и уровне подиума расположены магазины, а выше — элитные апартаменты. 14 верхних этажей поддерживают наклонные трубчатые колонны. Перекрытия установлены с пролетом 4,5 м и выровнены по балкам перегородок.</p> <p>Фасад выполнен в виде двойного остекления и соответствует строгим требованиям по звуко- и теплоизоляции. Конструкция проектировалась с учетом жестких предельных прогибов застекленного фасада и не допускает смещений, различных на зданиях данной этажности.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Crosby Homes</p> <p>Архитектор: Ян Симпсон (Ian Simpson)</p> <p>Подрядчик: MACE</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Жилое здание опирается на наклонные колонны, расположенные на уровне подиума</li> <li>• Фасады с двойным остеклением</li> <li>• Отличная звукоизоляция (подтверждено результатами испытаний)</li> <li>• Высокая скорость строительства</li> </ul>

<p><b>Ocean Village, Саутгемптон</b></p> <p>Восемь 5–9-этажных многоквартирных зданий в районе бывшего дока Саутгемптона.</p> <p>Построены с использованием композитных конструкций, включающих металлические колонны двутаврового сечения небольшой высоты, расположенные с пролетами от 6 до 9 м. Потолки устанавливались под композитной конструкцией, что позволило отказаться от использования выступающих балок перекрытия.</p> <p>Были установлены тонкостенные стальные перегородки. Результаты испытаний на строительной площадке подтвердили отличные звукоизоляционные характеристики.</p> <p>Стальные балконы закреплены на крайних балках. Были использованы различные облицовочные материалы, начиная с остекления на всю высоту и заканчивая кирпичной кладкой, штукатуркой и панелями из кедрового дерева. Магазины размещены на первом этаже.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Wilson Bowden City Homes</p> <p>Архитектор: Бродвей Мэльян (Broadway Malyan)</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разнообразие возможностей для внутренней планировки</li> <li>• Использованы различные облицовочные материалы</li> <li>• Крепление балконов к крайним балкам</li> <li>• Высокая скорость строительства</li> </ul>
<p><b>Студенческое общежитие, Лидс</b></p> <p>5-этажное студенческое общежитие в центре Лидса, построенное с использованием композитных конструкций. Пролеты между перекрытиями составляют от 5 до 8 метров. Потолки устанавливались под балками перекрытия для обеспечения возможности свободной планировки студий.</p> <p>Облицовка кирпичной кладкой для соответствия другим зданиям в данной местности. Кирпичная кладка опирается на уголки из нержавеющей стали, закрепленные на крайних балках.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Unite Integrated Solutions</p> <p>Архитектор: Unite</p> <p>Подрядчик: Kier</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Строительство со скоростью, необходимой для завершения проекта до начала учебного года</li> <li>• Кирпичная кладка с опорой на крайние балки</li> <li>• Балки перекрытия из профиля небольшого сечения</li> <li>• Хорошая звукоизоляция</li> </ul>

## 4.2 Slimdek

Slimdek — это система перекрытий, состоящая из неравнополочных балок Slimflor (ASB), профилированного металлического настила и бетона. Неравнополочная балка (ASB) поддерживает настил своей нижней полкой и спрятана в бетоне. За счет этого снижается высота перекрытия (см. рисунок 4.4). В качестве крайних балок и колонн могут использоваться профильные трубы (RHS).



**Рисунок 4.4** Система перекрытий Slimdek

Система Slimdek позволяет реализовать самые различные варианты планировки. Она имеет следующие особенности:

- перекрытия незначительной высоты (от 300 до 400 мм);
- пролеты от 5 до 9 м;
- собственный вес от 3,5 до 4,5 кН/м<sup>2</sup>;
- отсутствие ограничений по высоте или ширине здания;
- предел огнестойкости — до 60 минут (без защиты) или до 120 минут (с защитой);
- требуемое качество звукоизоляции достигается за счет применения дополнительных звукоизоляционных материалов.

Система Slimdek имеет следующие преимущества для жилищного строительства средней этажности:

- ввиду отсутствия выступающих балок перекрытия не требуется их отделка;
- минимальная высота профиля перекрытия;
- относительно небольшой собственный вес (на 40% меньше, чем у плоской железобетонной плиты);
- диафрагма жесткости, передающая ветровые нагрузки;
- уменьшение затрат на противопожарную защиту — достаточно применить потолок из гипсокартона;
- отличные звукоизоляционные характеристики;
- балки могут служить опорой для кирпичной кладки или остекления на всю высоту этажа.



Ниже приводится описание рекомендуемых типов конструкций стен и перекрытий.

Стены	Перекрытия
<p>Каркасная система, состоящая из колонн из профильных труб (SHS) или колонн двутаврового сечения (UC) небольшой высоты, которые могут быть размещены в перегородках.</p> <p>Перегородки в виде двойных стен из тонкостенных стальных профилей.</p> <p>Каркасные стены с заполнением, выполненные из тонкостенных стальных профилей, удерживают легкую облицовку (например, штукатурку поверх изолирующего слоя).</p> <p>Кирпичная кладка, выложенная на рандбалках (которые часто выполняются из прямоугольных профильных труб (RHS)).</p>	<p>Неравнополочные балки (ASB) высотой 280 или 300 мм, установленные в пределах высоты профиля перекрытия.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Глубокий настил высотой 225 мм, залитый бетоном на месте производства работ и применяемый в качестве композитного перекрытия.</li> <li>Рандбалки из профильных труб (RHS) или двутавровых профилей (UB).</li> <li>Однослойный потолок из гипсокартона.</li> <li>Пол на лагах для повышения уровня звукоизоляции.</li> <li>Или может быть использована стяжка поверх изолирующего слоя.</li> </ul>

Форма конструкции показана на рисунке 4.5. Прямоугольные профильные трубы на крайних балках образуют достаточную опору для установки плиты перекрытия, а также упрощают процессы облицовки и крепления балконов (см. разделы 5 и 6). Колонны из прямоугольных профильных труб небольшого сечения часто встраиваются в несущие стены.

Применение системы Slimdek в жилищном строительстве будет более подробно описано в публикации Corus<sup>[32]</sup>, которая на сегодняшний день готовится к выпуску. Проектное решение на основе неравнополочных балок (ASB) описано в публикации Института стальных конструкций P175<sup>[2]</sup>, а указания по проектированию крайних балок из прямоугольных профильных труб (RHS) представлены в P169<sup>[33]</sup>. Дополнительную информацию о системе Slimdek можно найти в издании «Руководство по системе Slimdek», выпущенном компанией Corus<sup>[34]</sup>.



**Рисунок 4.5** Системы Slimdek и колонны из профильных труб (SHS), используемые при строительстве жилого дома

Примеры зданий, при строительстве которых были использованы системы Slimdek:

### Примеры. Системы Slimdek

#### Беркли-стрит, Глазго

8-этажный жилой дом в центре Глазго, при строительстве которого были использованы 280 неравнополочных балок (ASB) с пролетом 9 м. По периметру здания были установлены рандбалки из прямоугольных профильных труб (RHS). Небольшие колонны из профильных труб (SHS) размещены в перегородках.

По желанию заказчика балки перекрытий не использовались в целях оптимизации использования пространства при планировке квартир. Фальшпол на лагах продемонстрировал отличные звукоизоляционные характеристики в ходе испытаний на строительной площадке.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Westpoint Homes

Архитектор: Maxwell Design

Консультанты:

Подрядчик: Beechwood Developments Ltd

#### Преимущества использования

- Перекрытия незначительной высоты
- Встроенные в стены колонны из профильных труб (SHS)
- Крайние балки из прямоугольных профильных труб (RHS) позволили установить окна в полную высоту
- Эффективность конструкции из неразрезных балок над одноэтажными колоннами
- Отличная звукоизоляция (подтверждено результатами испытаний)
- Высокая скорость строительства

#### Многоквартирный дом в Ковент-Гарден, Лондон

6-этажная пристройка к лондонской гостинице Strand Palace Hotel. Построено несколько квартир в новостройке и в реконструированном здании. Выбор системы Slimdek был обусловлен строгими требованиями к высоте профиля перекрытия, связанными с необходимостью выполнения правил городского планирования и слияния с фасадом уже существующего здания. Сложная планировка квартир не позволяла использовать выступающие балки перекрытия.

Результаты акустических испытаний на строительной площадке подтвердили отличные звукоизоляционные характеристики системы Slimdek в сочетании с полом на лагах.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Artesian plc

Архитектор: Goddard Manton

Подрядчик: Miletrian

#### Преимущества использования

- Перекрытия незначительной высоты обеспечили слияние с существующим фасадом смежного здания
- Отличная звукоизоляция (подтверждено результатами испытаний)
- Высокая скорость строительства

### Marina, Портисхэд

Это 6-этажное жилое здание, примыкающее к комплексу Marina в городе Портисхэд, имеет тяжелую каменную кладку в стиле докового склада. При строительстве здания были использованы системы перекрытий Slimdek.

Проведенный заказчиком инженерно-стоимостной анализ показал, что применение систем Slimdek более выгодно по сравнению с железобетонными или каменными перекрытиями, если принять во внимание снижение затрат на забивку свай. На той же площадке строится еще одно здание с применением систем перекрытий Slimdek.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Crest Nicholson Homes

Архитектор: Остин Смит Лорд (Austin Smith Lord)

#### Преимущества использования

- Колонны выровнены по подземной парковке
- Возможность устройства больших окон на нижних этажах (благодаря широко расставленным колоннам)
- Небольшой вес по сравнению с железобетонными конструкциями (меньшие затраты на забивку свай)

### Студенческое общежитие, Саутгемптон

Заказчиком этого проекта выступила ассоциация Unite. Жилой комплекс состоит из трех строений высотой от 5 до 16 этажей с 562 студиями и помещениями общего пользования.

Благодаря использованию перекрытий небольшой высоты к зданию был добавлен 16-й этаж. На каждом этаже установлены душевые кабины. Совместное применение перекрытий Slimdek и тонкостенных внутренних стальных перегородок обеспечило возможность гибкой планировки помещений.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Unite Integrated Solutions

Архитектор: Rowbottom Architecture

Подрядчик: Warings

Инженер-строитель: Жюри Сэлф (Gyouury Self)

#### Преимущества использования

- Скорость монтажа, необходимая для завершения работ до начала учебного года
- Разнообразие в отделке фасада
- Сборные душевые кабины
- Перекрытия незначительной высоты обеспечили возможность гибкой планировки помещений

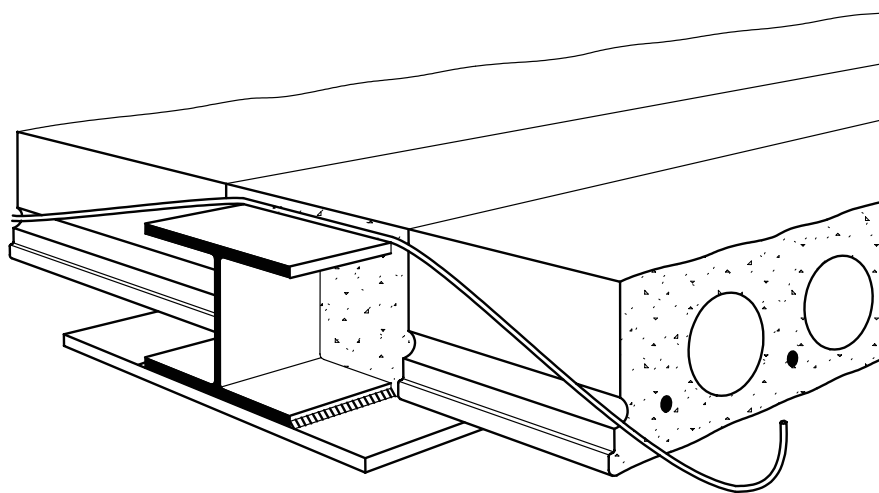


### 4.3 Балки Slimflor со сборными железобетонными плитами

Балки Slimflor представляют собой металлические профили двутаврового сечения (UC) со опорной пластиной, приваренной к нижней полке. Сборные железобетонные плиты опираются на опорную пластину, а пространство вокруг балки на конце плиты заполнено бетоном, в котором спрятана балка. Такая конструкция позволяет снизить высоту профиля перекрытия. Арматурные стержни, размещаемые поперек балки Slimflor в открытые пустоты сборных железобетонных плит, обеспечивают прочность конструкции, а также способствуют выполнению требований пожарной безопасности — см. рисунок 4.6. Если забетонировать балки как описано выше, а затем надлежащим образом залить раствор и заармировать боковые стыки между плитами, то перекрытие будет служить диафрагмой жесткости, эффективно распределяющей ветровую нагрузку на связи жесткости или центральное ядро здания. Для обеспечения звукоизоляции может потребоваться устройство бетонной стяжки на месте проведения работ.

Неравнополочные балки (ASB) также могут использоваться вместе со сборными плитами при том условии, что на концах сборных элементов имеются скошенные кромки или (при необходимости) пазы, позволяющие установить сборные элементы под верхней полкой неравнополочной балки (ASB).

Такая форма конструкции имеет преимущества перед другими системами, поскольку и компоненты стального каркаса, и сборные элементы изготавливаются не на строительной площадке, а в заводских условиях. При производстве в заводских условиях можно обеспечить более тщательный контроль качества, а также более высокую точность и надежность. Кроме того, система предусматривает установку плоского потолка между балками. Сборные элементы изготавливаются с предварительным прогибом для уменьшения деформации под действием собственного веса, чего неосуществимо при использовании других систем.



**Рисунок 4.6** Конструкция Slimflor с использованием сборных железобетонных плит

Строительная конструкция Slimflor имеет следующие особенности:

- перекрытия незначительной высоты (от 300 до 400 мм);
- пролеты от 5 до 9 м (в зависимости от конструкции плиты перекрытия);
- собственный вес от 5 до 6 кН/м<sup>2</sup> с учетом бетонной стяжки, залитой на месте проведения работ;
- для обеспечения устойчивости зданий повышенной этажности (> 5 этажей) требуется более детальный анализ конструкций;

- предел огнестойкости — до 30–60 минут (без защиты) или до 90 минут (с защитой);
- звукоизоляция может быть обеспечена за счет устройства пола на лагах и стяжки;
- плоский потолок между балками.

Применение конструкции Slimflor в жилищном строительстве средней этажности имеет следующие преимущества:

- отсутствуют балки перекрытия (могут быть опционально установлены по периметру);
- не требуется специальная детализовка балок;
- минимальная высота профиля внутреннего перекрытия;
- относительно небольшой собственный вес (на 10–20% меньше) по сравнению с плоской железобетонной плитой;
- перекрытие может служить диафрагмой для распределения ветровых нагрузок;
- меньшие затраты на противопожарную защиту стальных конструкций при использовании бетонной стяжки;
- обеспечивается хорошая звукоизоляция.

Ниже приводится описание рекомендуемых типов конструкций стен и перекрытий.

Стены	Перекрытия
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Каркасная система, состоящая из колонн из профильных труб (SHS) или колонн двутаврового сечения (UC) небольшой высоты, которые могут быть размещены в перегородках.</li> <li>• Перегородки в виде двойных стенок из тонкостенных стальных профилей (или блочная кладка).</li> <li>• Каркасные стены с заполнением, выполненные из тонкостенных стальных профилей, удерживают легкую облицовку.</li> <li>• Кирпичная кладка, выложенная на балках перекрытия по периметру.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Балки из двутавровых профилей (UC) или прямоугольных профильных труб (RHS) с приваренной нижней пластиной, или неравнополочные балки (ASB), расположенные внутри профиля перекрытия.</li> <li>• Многопустотные сборные железобетонные плиты, как правило, высотой от 150 до 260 мм.</li> <li>• Рандбалки из прямоугольных профильных труб (RHS) или двутавровых профилей (UB).</li> <li>• Внутри многопустотных элементов должны быть установлены связи в виде арматурных стержней; по возможности, должна быть устроена бетонная стяжка.</li> <li>• Краску можно наносить непосредственно на потолок, но предпочтительнее использовать однослойный гипсокартон.</li> <li>• Пол на лагах для обеспечения звукоизоляции.</li> </ul>

Более подробные указания по проектированию балок Slimflor приведены в публикации Института стальных конструкций P110<sup>[1]</sup>. Пример использования балок Slimflor показан на рисунке 4.7, а технология установки сборных элементов представлена на рисунке 4.8.



**Рисунок 4.7** Балки Slimflor для опоры сборных железобетонных плит



**Рисунок 4.8** Монтаж арматурных стержней внутри сборных многопустотных плит

Практические примеры зданий, при строительстве которых были использованы системы Slimflor:

### Практические примеры. Системы Slimflor и сборные железобетонные плиты

#### Жилое здание смешанного назначения, Лидс

В 12–15-этажном жилом доме в Лидсе предусмотрены 2-уровневая парковка в подвале, магазины на первом этаже и офисы на двух верхних этажах.

В конструкции перекрытий используются балки Slimflor из двутаврового профиля 203UC или 254UC, как правило, с пролетом в 6 м. Многослойные плиты высотой 200 мм имеют пролет до 8 м. Чистовая поверхность пола выполнена в виде тонкой бетонной стяжки.

Подземная парковка построена с использованием несущих шпунтовых свай и имеет водонепроницаемую конструкцию.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Linfoot plc

Архитектор: Кэри Джонс (Carey Jones)

Подрядчик: Barr Construction

#### Преимущества использования

- Высокая скорость строительства (на 17 недель быстрее, чем при обычном строительстве)
- Малый вес облицовки
- Огнестойкость за счет вспучивающегося огнезащитного покрытия, нанесенного в заводских условиях

#### Многоквартирный дом, Ноттингем

7-этажный жилой дом в центре Ноттингема с применением балок Slimflor и сборных железобетонных плит. Размер пролетов, как правило, от 6 до 8 м. Фасад выложен кирпичной кладкой и опирается непосредственно на крайние балки дополнительных этажей.



#### Характеристики проекта

Подрядчик: Томас Фиш (Thomas Fish)

#### Преимущества использования

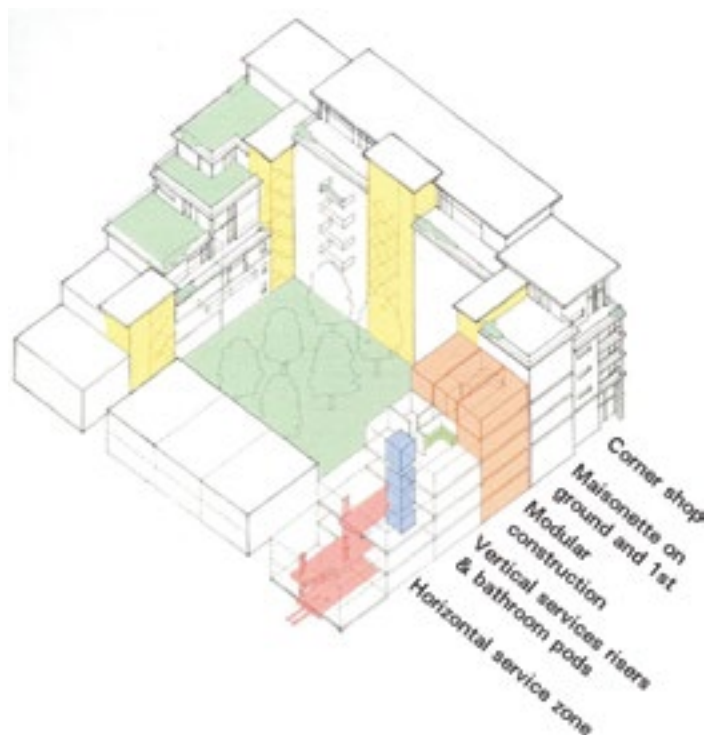
- Высокая скорость строительства
- Гибкость в использовании пространства
- Ввиду сложности строительной площадки потребовалось применение сборных конструкций
- Кирпичная кладка поддерживается уголками из нержавеющей стали, закрепленными на конструкции внешнего периметра

#### 4.4 Строительство многофункциональных зданий

В городском здании смешанного назначения может быть одновременно представлено большое количество компоновок и конфигураций перекрытий, зависящих от типа использования (см. рисунок 4.9). Это делает возможным применение различных видов стальных конструкций, выбор которых зависит от масштаба строительства и площади свободного пространства.

Композитные стальные каркасы и системы перекрытий Slimdek все чаще используются при строительстве зданий смешанного (жилого и коммерческого) назначения в исторической части города. Первые 2–3 этажа таких зданий обычно занимают офисы или магазины, а сверху располагается многоэтажный жилой блок. Важной проблемой, требующей разрешения на этапе проектирования, является неоднотипность требований к сеткам колонн для коммерческих, торговых, жилых помещений и автомобильных парковок. Нередко бетонная конструкция первого этажа с массивной переходной бетонной балкой используется для поддержки близко расположенных колонн верхних жилых этажей. Сегодня в городском жилищном строительстве применяется все большее количество видов стальных конструкций, часто опирающихся на переходные конструкции. Например, в манчестерском проекте Deansgate (см. рисунок 1.3) 5-этажная опорная конструкция из бетона поддерживает 14-этажный стальной каркас. Стальная конструкция поддерживается рядом наклонных колонн из труб.

В настоящее время существует несколько видов стальных конструкций, которые могут быть рекомендованы для возведения коммерческих строений с большими пролетами, жилых домов с малыми пролетами и зданий смешанного назначения. Сборные перфорированные балки из стали могут использоваться как в распределительных конструкциях, так и в перекрытиях с большими пролетами и широкими проемами для прокладки инженерных сетей. Вспучивающиеся огнезащитные покрытия, наносимые в заводских условиях, способны обеспечить предел огнестойкости до 2 часов.

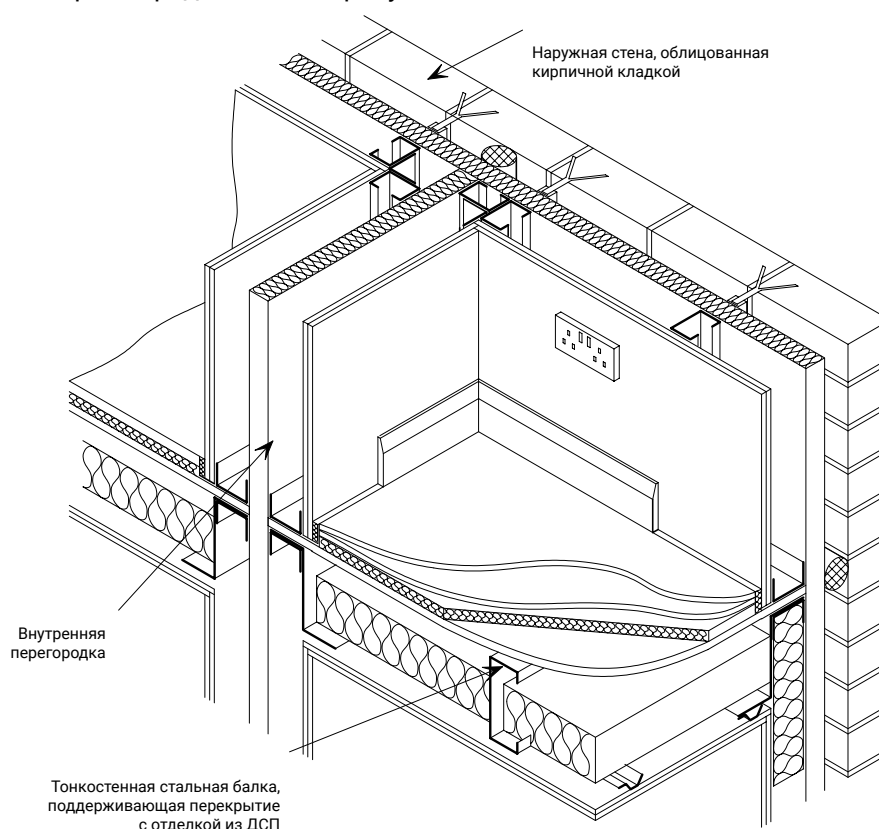


**Рисунок 4.9** Городской многоквартирный жилой дом смешанного назначения (эскиз предоставлен HTA Architects)



#### 4.5 Тонкостенные стальные каркасы

Тонкостенные стальные каркасы используются при строительстве многоквартирных домов, таунхаусов и небольших многоквартирных зданий. Кроме того, они применяются в перегородках и каркасных стенах с заполнением при строительстве многоэтажных зданий со стальным или бетонным каркасом (см. раздел 4.7). Такие каркасы состоят из тонкостенных холодногнутых оцинкованных стальных профилей С- или Z-образной формы, устанавливаемых в стенах и перекрытиях. Для увеличения прочности допускается устанавливать профили или фермы вплотную друг к другу. Тонкостенные стальные компоненты соединяют на строительной площадке при помощи самосверлящих и самонарезающих винтов. Типичный тонкостенный стальной каркас представлен на рисунке 4.10.



**Рисунок 4.10** Типичный тонкостенный стальной каркас

Тонкостенные стальные каркасы имеют следующие особенности:

- перекрытие высотой от 250 до 300 мм при использовании тонкостенных стальных балок или от 350 до 500 мм при использовании решетчатых балок;
- пролеты от 3 до 6 м между несущими стенами;
- собственный вес от 0,6 до 1,0 кН/м<sup>2</sup>;
- подходят для зданий в 2–6 этажей (оптимально для зданий в 4 этажа);
- предел огнестойкости до 30 или 60 минут обеспечивается за счет применения гипсокартона;
- звукоизоляция обеспечивается несколькими слоями облицовочных плит;
- наружные стены укрепляются связями жесткости для устойчивости.

Тонкостенные каркасы могут использоваться в качестве несущих конструкций благодаря следующим преимуществам:

- не требуется возведение стержневого каркаса — несущие стены непосредственно поддерживают перекрытия;

- возможность использования сборных стеновых панелей и кассетных панелей перекрытий;
- применение решетчатых балок позволяет увеличить пролеты и использовать высоту профиля перекрытия для прокладки инженерных сетей;
- относительно небольшой собственный вес создает меньшую нагрузку на конструкции здания;
- многочисленные внутренние связи между элементами обеспечивают прочность;
- огнестойкий гипсокартон обеспечивает высокий предел огнестойкости и хорошую звукоизоляцию;
- благодаря небольшому весу эти каркасы можно использовать при сооружении кровельных конструкций.

Ниже приводится краткое описание конструкций стен и перекрытий.

Стены	Перекрытия
<p>Несущие стены выполняются из С-образных профилей высотой от 75 до 150 мм, собранных в панели в заводских условиях.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Стены поддерживают балки перекрытия Z образными профилями или клиньями.</li> <li>• Высота стены обычно составляет от 2,4 до 3,6 м.</li> <li>• Стены обеспечивают устойчивость здания за счет внутренних креплений или крестообразных связей.</li> <li>• Диафрагмами жесткости могут служить цементно-стружечные плиты и т. д.</li> <li>• Наружные стены способны удерживать легкую облицовку.</li> <li>• Кирпичная кладка обычно выполняется с опорой на грунт.</li> </ul>	<p>Балки перекрытий из С-образных профилей высотой от 150 до 250 мм.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Или решетчатые балки перекрытий с большими пролетами и высотой от 250 до 400 мм.</li> <li>• Настил перекрытия имеет высоту 19 мм с учетом использования лагов или слоя минеральной ваты для звукоизоляции.</li> <li>• Потолок из двух слоев гипсокартона для звукоизоляции и огнестойкости.</li> </ul>

Более подробные указания по проектированию тонкостенных стальных каркасов приведены в публикациях Института стальных конструкций Р301<sup>[4]</sup> и Р322<sup>[8]</sup>. Типичной областью применения тонкостенных стальных каркасов является строительство многоквартирных домов (см. рисунок 4.11). На рисунке 4.12 показан процесс испытаний тонкостенного стального каркаса здания.



**Рисунок 4.11** Тонкостенные стальные каркасные стены с заполнением в домах крупного жилого района Бейсингстока





**Рисунок 4.12** *Процесс испытаний тонкостенного стального каркаса дома с бесчердачной крышей*

Практические примеры зданий, при строительстве которых были использованы тонкостенные стальные каркасы:

#### Architects House, Оксфорд

3-этажный городской дом, построенный по техническим требованиям владельца. В проекте использованы сборные тонкостенные стальные стеновые панели и перекрытия с большими пролетами. Цилиндрический свод крыши также выполнен из стали. Отличительными особенностями здания являются открытая планировка и панорамный вид на реку. В процессе реализации проекта была достигнута значительная экономия затрат на забивку свай по сравнению с традиционными строительными технологиями.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Адриан Джеймс (Adrian James)

Архитектор: Адриан Джеймс (Adrian James)

Каркасные работы: Metsec Framing

#### Преимущества использования

- Открытая планировка
- Эстетичный внешний вид является существенным фактором, облегчающим получение разрешения на строительство
- Небольшой вес упрощает возведение фундамента на берегу реки
- Высокая скорость монтажа

#### Многоквартирный дом в Фулхэме, Лондон

4-этажный жилой дом рядом с Темзой. В проекте использованы балки перекрытий с большими пролетами для создания квартир с открытой планировкой и подогревом полов. Устойчивость обеспечивается за счет каркаса и перекрытий, выполняющих функцию диафрагм жесткости. Оформление здания в стиле art deco стало возможным благодаря использованию легкой фасадной системы в виде штукатурки поверх изолирующего слоя.



#### Характеристики проекта

Заказчик: Терден Хоумз (Thursden Homes)

Подрядчик: Терден Хоумз (Thursden Homes)

Каркасные работы: Framing Solutions

#### Преимущества использования

- Открытая планировка квартир с видом на реку
- Конструкция имеет относительно небольшой вес и подходит для возведения на неустойчивом грунте
- Фасад с высоким остеклением и видом на реку
- Высокая скорость строительства

#### 4.6 Модульное строительство

Термин «модульное строительство» обозначает возведение зданий из готовых блоков заводского изготовления, которые доставляются на строительную площадку и собираются на месте. Готовые блоки представляют собой крупные объемные компоненты или иные существенные элементы здания. Модули могут включать целые помещения или их части, а также отдельные блоки, насыщенные инженерными коммуникациями (например, туалеты или лифты). Совокупность модульных элементов обычно образует самонесущую конструкцию или в случае высотных зданий может опираться на автономный каркас.

Модульное строительство обычно применяется для возведения зданий ячеистого типа, помещения в которых предназначены для одностороннего проживания. Это могут быть студенческие общежития или квартиры для высококвалифицированного персонала. Жилые здания с композитными конструкциями имеют следующие особенности:

- подходит для зданий ячеистого типа из многочисленных однотипных блоков;
- размер модульных элементов учитывает ограничения по транспортировке (обычно 3,6 м x 8 м);
- возможность создания модульных элементов без боковой стены (путем изменения ориентации перекрытия);
- модули укладываются друг на друга и обычно не требуют автономного каркаса;
- собственный вес от 1,5 до 2 кН/м<sup>2</sup>;
- используется для возведения зданий высотой 4–8 этажей (оптимально для зданий высотой 6 этажей);
- предел огнестойкости до 30 или 60 минут обеспечивается за счет применения гипсокартона;
- звукоизоляция обеспечивается за счет двухслойных стен и перекрытий.

Модульное строительство жилых зданий средней этажности имеет следующие преимущества:

- экономический эффект за счет масштабирования производства модулей для строительства гостиниц, жилья для высококвалифицированного персонала и студенческих общежитий;
- быстрая установка на строительной площадке (6–8 блоков в день);
- возможность смежной установки двух блоков для создания более свободной планировки;
- при соединении углов модулей повышается прочность конструкции;
- небольшой собственный вес;
- устойчивость высотных зданий может быть обеспечена стальным ядром со связями жесткости;
- противопожарные перемычки между модулями позволяют сдерживать распространение пожара;
- отличные звукоизоляционные характеристики;
- модульное строительство удобно для сооружения крышных конструкций и проведения работ на сложных участках.

Ниже приводится краткое описание конструкций стен и перекрытий в модульном строительстве.

Стены	Перекрытия
<p>Стены модулей состоят из С-образных профилей высотой от 75 до 150 мм.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Продольные стены обычно являются несущими, а торцевые стены обеспечивают устойчивость.</li> <li>• Имеется возможность создания модулей без боковой стены за счет включения продольных балок перекрытия и потолка; в этом случае торцевые стены становятся несущими.</li> <li>• Устойчивость достигается за счет крестообразных связей или обшивки, выполняющей функцию диафрагмы жесткости.</li> <li>• Двойная обшивка стен обеспечивает отличную звукоизоляцию.</li> </ul>	<p>Перекрытия модулей состоят из С-образных профилей высотой от 150 до 250 мм.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Потолок изготавливается в виде стеновой панели.</li> <li>• В модулях без боковой стены используются более высокие балки перекрытия или решетчатые балки высотой от 250 до 400 мм.</li> <li>• Зона коридора может использоваться для создания плоской связи жесткости в зданиях большой длины.</li> <li>• Двойная обшивка пола и потолка обеспечивает отличную звукоизоляцию. Возможно, между балками потребуется положить слой минеральной ваты.</li> </ul>

Более подробные указания по модульному строительству приведены в других публикациях Института стальных конструкций<sup>[35, 36, 5]</sup>. Пример установки модульных элементов показан на рисунке 4.13.



**Рисунок 4.13** Использование модульных элементов при строительстве многоэтажного объекта социального жилья в Лондоне

Ниже приведены практические примеры зданий, построенных модульным способом.

### Практические примеры зданий. Модульное строительство

Королевский Северный колледж музыки, Манчестер	
<p>9-этажное модульное здание, построенное с использованием систем Ayrframe. На строительную площадку было доставлено 1000 полностью оборудованных модулей спален с закрепленной легкой облицовкой. Помещения большей площади, предназначенные для общественного пользования, были построены с использованием тонкостенных стальных каркасов. Общая устойчивость здания (имеющего форму подковы) обеспечивается центральными стволами. Здание было возведено всего за 9 месяцев с учетом устройства фундамента.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Королевский Северный колледж музыки, Манчестер</p> <p>Архитектор: Проектное бюро (по модулям)</p> <p>Подрядчик: Jarvis Construction</p> <p>Модули: Ayrshire Steel Framing</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Соблюден жесткий график строительства в течение учебного года</li> <li>• 9-этажное здание было возведено из модулей, установленных друг на друга</li> <li>• Устойчивость здания обеспечена центральным ядром и не зависит от модулей</li> <li>• Облицовка была закреплена на модулях еще на этапе заводского изготовления, что позволило обойтись без использования строительных лесов</li> </ul>
Murray Grove, район Хакни, Лондон	
<p>5-этажный объект социального жилья в оживленном районе Лондона. На строительную площадку было доставлено 80 полностью оборудованных модулей из спален/гостиных, в среднем по 6–8 в день. Каждая квартира состоит из двух модульных элементов.</p> <p>Центральный ствол из стали и стекла добавляет архитектурной привлекательности этому L-образному зданию. Легкие терракотовые плитки и панели из кедрового дерева были закреплены непосредственно на строительной площадке. Галереи и балконы также имеют сборную конструкцию.</p> 	<p><b>Характеристики проекта</b></p> <p>Заказчик: Peabody Trust</p> <p>Архитектор: Картрайт Пикард (Cartwright Pickard)</p> <p>Подрядчик: Kajima</p> <p>Модули: Yorkon</p> <p><b>Преимущества использования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая скорость монтажа (на 60% быстрее, чем в традиционном строительстве)</li> <li>• Минимальные поставки на строительную площадку, распланированные с учетом местных условий дорожного движения</li> <li>• Балконы и проходные галереи сборной конструкции</li> <li>• Высококачественные полностью оборудованные модульные элементы</li> </ul>



#### Wilmslow Road, Манчестер

10-этажный комплекс смешанного (жилого и коммерческого) назначения состоит из 2 нижних этажей, возведенных с использованием композитных конструкций, и 8 верхних этажей, выстроенных модульным способом. На нижних этажах расположены магазины и парковка. Колонны выравнивались на каждом третьем модуле. Уровень подиума служит опорой для 8 верхних этажей. Поэтому модули должны были быть настолько легкими, чтобы не перегружать балки этого уровня.

Стыки между модулями были закрыты легкой облицовкой непосредственно на строительной площадке. Проект был реализован всего за 15 месяцев.



#### Характеристики проекта

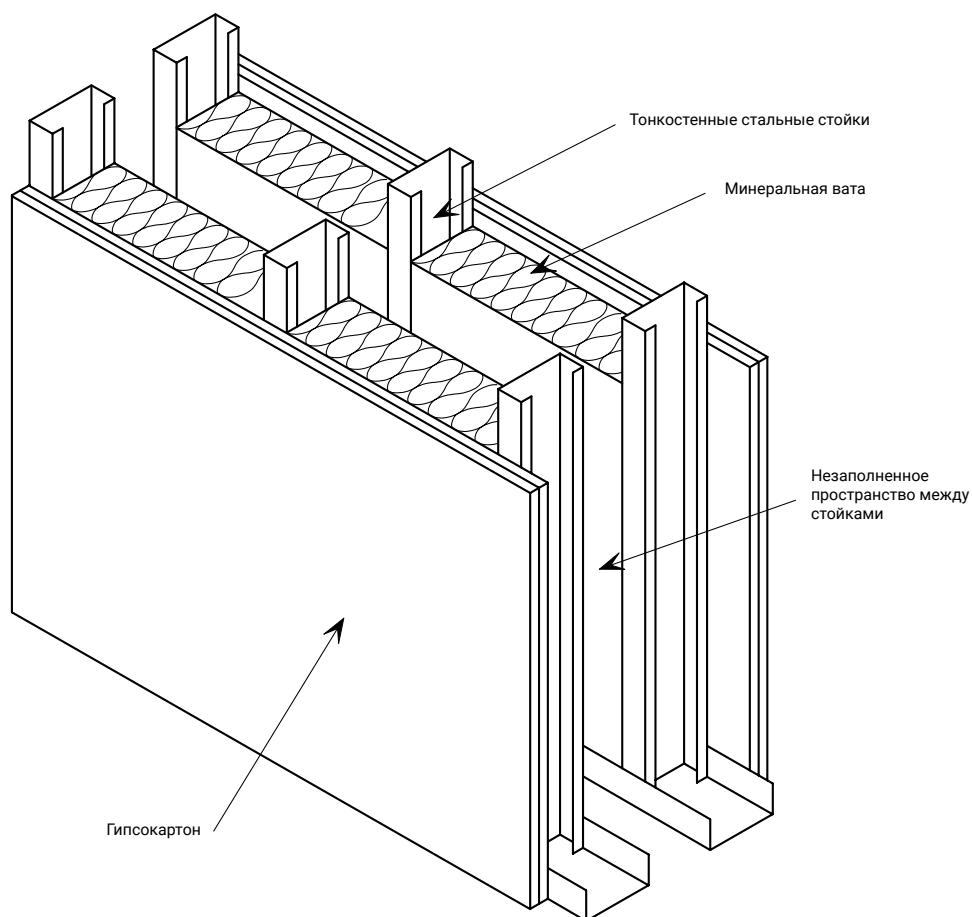
Заказчик: OPAL  
Архитектор: Проектное бюро (модули)  
Подрядчик: Уоткинс Джонс (Watkins Jones)  
Модули: Rollalong and Ayrshire Steel Framing

#### Преимущества использования

- Небольшой вес модулей, поддерживаемых конструкцией подиума
- Высокая скорость монтажа на строительной площадке

#### 4.7 Легкие стальные каркасные стены

Тонкостенные стальные перегородки изготавливаются на основе каркаса из тонкостенных холодногнутых оцинкованных стальных профилей, на которых крепятся слои гипсокартона. Для обеспечения хороших звукоизоляционных характеристик стены внутри нее помещается изоляция. Типичная тонкостенная стальная перегородка показана на рисунке 4.14.



**Рисунок 4.14** Схема типичной тонкостенной стальной перегородки

Тонкостенные стальные перегородки могут использоваться в композитных конструкциях или системах Slimdek, формирующих:

- каркасные стены с заполнением, расположенные по периметру здания; это позволяет создать временное быстросохнущее покрытие, а также обеспечить постоянное сопротивление ветровой нагрузке и поперечную опору для облицовки;
- внутренние перегородки между жилыми помещениями для обеспечения звукоизоляции и противопожарной защиты;
- разделительные перегородки внутри жилых помещений.

Функциональные требования ко всем трем вариантам применения тонкостенных стальных перегородок перечислены далее в таблице 4.1.



**Таблица 4.1**    *Функциональные требования к применению тонкостенных стальных перегородок в каркасных конструкциях*

	Функциональные требования		
	Каркасные стены с заполнением, устанавливаемые по фасаду	Перегородки	Внутренние перегородки
Поперечная нагрузка	Устойчивость к ветровой нагрузке, которая бывает значительной на углах высотных зданий	Устойчивость к расчетному внутреннему ветровому давлению	Особых требований не установлено — устойчивость к расчетным динамическим нагрузкам
Звукоизоляция	Требование к снижению внешнего шума обычно не устанавливается, однако большинство фасадных систем уменьшают уровень шума на величину до 40 дБ	Строгие требования к звукоизоляции в соответствии с частью Е	Менее строгие требования к звукоизоляции (обычно снижение шума на 35 дБ)
Огнестойкость	Должно быть исключено распространение дыма или пламени между этажами — данное требование существенно при использовании легкой облицовки	Требования к огнестойкости зависят от высоты здания. Как правило, требуемый предел огнестойкости устанавливается на уровне 60 мин	Номинальные требования к огнестойкости

Конструкция легких стальных каркасных стен с заполнением должна выдерживать ветровую нагрузку, поэтому часто приходится уменьшать расстояние между стойками стен для придания им устойчивости к повышенной ветровой нагрузке, действующей на верхних этажах и по углам многоэтажного здания. Как правило, С образные профили высотой 100 мм подходят для зданий низкой и средней этажности. Для многоэтажных домов высоту профиля следует увеличить до 150 мм.

Теплоизоляционная панель с закрытыми порами может крепиться непосредственно к стойкам стены. Как вариант, можно использовать водонепроницаемые плиты, на которые позже будет крепиться изоляция. В этом случае между стойками стены можно разместить дополнительную изоляцию.

Перегородки состоят из двух слоев с тонкостенными стальными стойками, при этом изоляция может быть размещена:

- в полости между слоями; или
- между стойками в обоих слоях перегородки.

Для достижения предела огнестойкости, равного 60 минутам, необходимо устанавливать два слоя огнестойкой панели. При этом уровень шума снижается на 60–65 дБ. Более подробные сведения о звукоизоляционных характеристиках легких стальных внутренних перегородок и деталей для соединения внутренних перегородок между собой и с разделяющими перекрытиями приведены в публикациях Института стальных конструкций Р320<sup>[6]</sup> и Р336<sup>[10]</sup>. Дополнительную информацию также можно найти в «Руководстве по сборным конструкциям из надежных компонентов»<sup>[11]</sup>.

На рисунках 4.15 и 4.16 показано применение легких наружных стальных каркасных стен с заполнением в строительстве многоэтажного здания со стальным каркасом.



**Рисунок 4.15** Легкие стальные каркасные стены с заполнением, используемые при строительстве многоэтажного здания со стальным каркасом



**Рисунок 4.16** Легкие стальные каркасные стены с заполнением, используемые при строительстве жилого здания в Саутгемптоне

## 5 ВАРИАНТЫ ОБЛИЦОВКИ ЗДАНИЙ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ

### 5.1 Введение

Типы облицовки жилых зданий можно разделить на следующие группы.

#### **Каменная кладка**

- Кирпичная кладка
- Сверхпрочная блочная кладка.

#### **Облицовка, монтируемая на строительной площадке**

- Композитные панели или листовая обшивка
- Кассетные панели
- Плиты, например, Eternit или Cape
- Штукатурка поверх изолирующего слоя
- Глиняная черепица, например, Corium
- Керамическая черепица, например, Argeton
- Металлические листы

#### **Облицовка, предварительно монтируемая в заводских условиях**

- Стеновые кассеты или плиты
- Штукатурка поверх изолирующего слоя

Отличительные особенности и возможности применения этих фасадных систем рассмотрены в дальнейших разделах. Допускается использование легких стальных каркасных стен с заполнением в качестве поперечной опоры и для создания быстросохнущего покрытия на раннем этапе строительства.

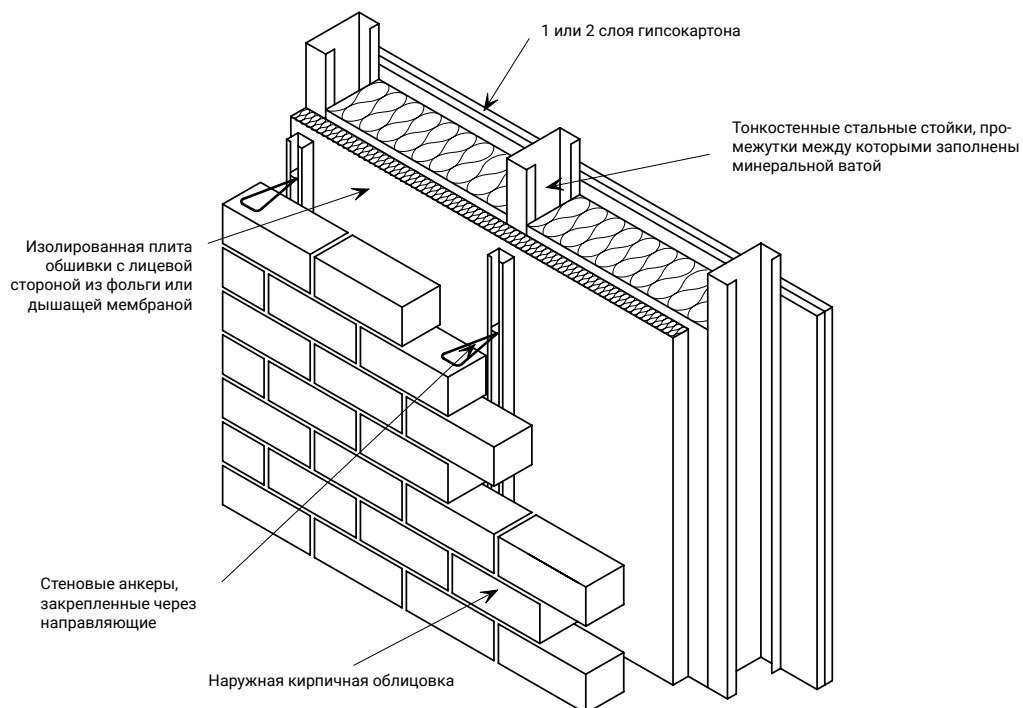
### 5.2 Каменная кладка

Кирпичная кладка или сверхпрочная блочная кладка идеально подходят для возведения зданий низкой или средней этажности, где они могут опираться на фундамент.

Жилые здания с композитными конструкциями имеют следующие особенности:

- каменная кладка высотой до 12 м является самонесущей конструкцией (при вертикальной нагрузке), однако она должна опираться на автономную поддерживающую ветроустойчивую конструкцию (например, на легкие стальные каркасные стены с заполнением);
- кирпичные стены и изоляция их полостей имеют относительно большую толщину (обычно 170 мм плюс поддерживающая внутренняя конструкция), что может создать проблемы в геометрии при их верхнем и боковом соединении с более тонкими облицовками;
- стены из кирпича или сверхпрочных блоков очень устойчивы к ударным нагрузкам, поэтому их предпочтительно использовать на уровне первого этажа;
- в зданиях высотой более 4 этажей необходимо предусматривать опору для кирпичной кладки на уровне каждого этажа;
- кирпичные панели могут быть изготовлены в заводских условиях на основе стальных рамочных каркасов. В этом случае кирпичи могут быть выложены рядами в декоративных целях;

- стеновые анкеры соединяют кладку с поддерживающей конструкцией. Стандартное количество анкеров, устанавливаемых на единицу площади стены, составляет от 2,5/м<sup>2</sup> до 4/м<sup>2</sup> в зависимости от экспозиции (местоположения). Легкие стальные каркасные стены с заполнением облегчают крепление анкеров благодаря наличию вертикальных направляющих — см. рисунок 5.1.



**Рисунок 5.1** Крепление кирпичной кладки к легким стальным каркасным стенам с заполнением

### 5.3 Штукатурка поверх изолирующего слоя

Химически модифицированная цементная штукатурка может наноситься на различные изолирующие слои, прикрепленные к несущей жесткой панели. Существуют различные патентованные системы для создания разнообразных текстур и цветов, которые имеют следующие особенности:

- под изолирующим слоем можно оставить небольшую «резервную» полость на случай проникновения воды;м
- жесткая панель (например, цементно-стружечная плита) выполняет функцию локальной опоры и обеспечивает устойчивость к ветровой нагрузке. Эта панель привинчивается к поддерживающему каркасу;
- оштукатуренные фасадные системы имеют относительно небольшую толщину (80–100 мм). Как правило, они наносятся в условиях строительной площадки. Сквозные отверстия и поверхности контакта с другими материалами должны быть защищены специальными деталями.

На рисунке 5.2 показан пример здания с облицовкой в виде штукатурки поверх изолирующего слоя. Оштукатуренный фасад хорошо гармонирует с другими облицовочными материалами, например, деревом или керамической черепицей.



**Рисунок 5.2** Штукатурка поверх изолирующего слоя и облицовка из деревянных панелей  
(иллюстрация предоставлена Фейлденом Клеггом Брэдли (Feilden Clegg Bradley))

#### 5.4 Композитные панели или листовая обшивка

Композитные панели можно устанавливать горизонтально под окнами, а также вертикально между обычными окнами. Эти панели обычно монтируются на строительной площадке и используются в декоративных целях. Они имеют следующие особенности:

- выпускаемые композитные панели имеют толщину от 35 до 90 мм. Они закрыты стальной обшивкой и обладают отличными теплоизоляционными свойствами;
- как листовые, так и композитные панели имеют большую фабричную длину (обычно 12 м), которую можно разрезать или обрезать в размер;
- опоры можно устанавливать с шагом 1,2 м или через промежутки до 2,8 м, что соответствует расстоянию между перекрытиями;
- не рекомендуется устанавливать металлические фасады на уровне первого этажа из-за риска локальных повреждений.

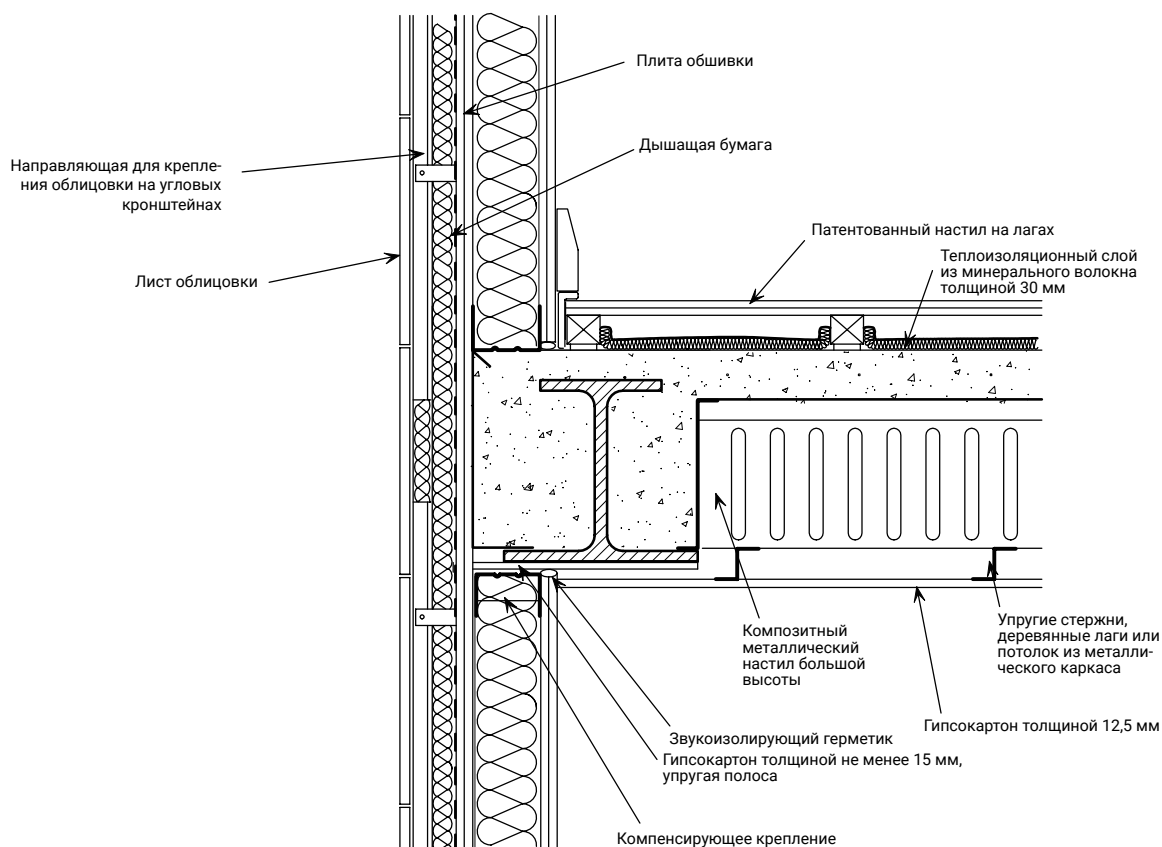
#### 5.5 Плиты

Можно применять различные виды плит с пропиткой: например, цветные цементно-волокнистые плиты Trespa, плиты со смоляным покрытием Eternit Resoplan, а также цементирующие плиты с каменной крошкой Capre. Они имеют следующие особенности:

- фабричная ширина панелей составляет до 2,4 м;
- перед монтажом необходимо установить отдельный опорный каркас и нанести изолирующий слой;
- облицовочные системы из плит обычно проектируются в виде «вентилируемого фасада»;
- внешние крепления к поддерживающему каркасу, как правило, видны снаружи.

На рисунке 5.3 показано крепление облицовочных панелей «вентилируемого фасада» к крайним неравнополочным балкам (ASB).





**Рисунок 5.3** Крепление вентилируемого фасада к Slimdek

## 5.6 Стеновые кассеты

Стальные или алюминиевые стеновые кассеты производятся квадратной или прямоугольной формы и опираются на подрамники. Стеновые кассеты имеют следующие особенности:

- стеновые кассеты изготавливаются путем гибки плоских листов шириной от 0,9 до 1,5 м;
- к ним может быть прикреплен изолирующий слой или жесткий подкладной лист;
- для поддержки краев кассет требуется отдельный каркас;
- стеновые кассеты обычно используются в составе «вентилируемого фасада» вместе с атмосфероустойчивой панелью, устанавливаемой в полости позади кассеты. Допуски указываются на балках;
- поврежденные стеновые кассеты можно заменить;
- крепежные винты можно спрятать в соединениях между стеновыми кассетами;
- стеновые кассеты могут изготавливаться с покрытием из стекловидной эмали.

Пример большой панели из стальных кассет, установленной на модульном здании, показан на рисунке 5.4. Узлы крепления панели к вертикальным направляющим показаны на рисунке 5.5.



**Рисунок 5.4** Большие кассетные панели на здании Колледжа управления Ashorne Hill



**Рисунок 5.5** Крепление большой стальной кассетной панели к вертикальным направляющим



## 5.7 Глиняная черепица или керамические плитки

Все большую популярность приобретают глиняная черепица и керамические плитки. По сути, это плоские элементы, опирающиеся на отдельный защитный слой. Существуют различные типы этих отделочных материалов, которые имеют следующие особенности:

- в системе Corium используется глиняная черепица размером в полкирпича, которая опирается на ребристый стальной лист, опирающийся, в свою очередь, на каркас. В этом случае плитка не приклеивается, а механически крепится к поддерживающему листу;
- в системе Argeton используется керамическая черепица с опорой на алюминиевую направляющую рейку;
- в системе Hanson Wonderwall облицовка из глиняной черепицы приклеивается к материалу подложки. Системы облицовки из глиняной черепицы скрепляются строительным раствором, нагнетаемым под давлением, и могут быть установлены в панели перед транспортировкой на строительную площадку;
- для достижения необходимого значения коэффициента теплопроводности стены  $U$  необходимо предусмотреть дополнительную изоляцию;
- толщина всех перечисленных систем (50–80 мм) намного меньше, чем у обычной кирпичной кладки.

Практический пример использования глиняной черепицы при облицовке фасада двухэтажного дома показан на рисунке 5.6.

Все популярнее становится облицовка из керамической плитки с креплением к опорным направляющим. На рисунке 5.7 показан недавний пример такой облицовки. Штабельная кладка имеет интересный внешний вид и позволяет использовать сборные панели.

На рисунке 5.8 показан пример использования клееной кирпичной кладки со стальным швеллером, добавленным в декоративных целях.



**Рисунок 5.6** Глиняная черепица на фасаде жилого здания



**Рисунок 5.7** Фасад с облицовкой из керамической черепицы — проект строительства социального жилья в Фулхэме



**Рисунок 5.8** Клееная кирпичная кладка на фасаде здания Университета Западной Англии, Бристоль

## 5.8 Полностью застекленные фасады

В стальном строительстве допускается применение полностью застекленных фасадов, несмотря на то, что потери тепла через остекление составляют главную часть общих тепловых потерь. Хотя двойные стеклянные фасады разработаны недавно, их популярность растет. Это связано с положительным опытом эксплуатации в Скандинавии, где такие фасады выполняют роль «теплового буфера» и в зимний, и в летний период.

Двойные стеклянные фасады имеют следующие особенности:

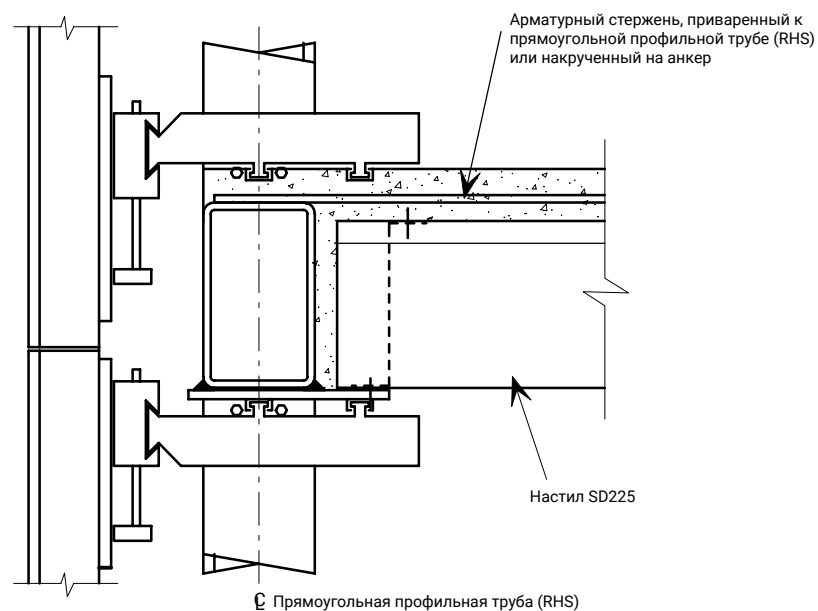
- наружная обшивка обычно включает в себя солнцезащитный козырек;
- внутренняя обшивка представляет собой защитный слой, устойчивый к атмосферным воздействиям;
- пространство между обшивками образует «тепловой буфер»; летом теплый воздух вытесняется из полости через жалюзи;
- предусмотрено достаточное пространство для технического обслуживания и чистки;
- наружная обшивка поддерживается кронштейнами, прикрепленными к крайней балке или плите перекрытия; наружная обшивка выполнена сплошной по всему внешнему контуру здания.

Проект Deansgate (Манчестер), показанный на рисунке 5.9, является удачным примером здания с двойным стеклянным фасадом.



**Рисунок 5.9** Полностью застекленный двойной фасад с наружными жалюзи

Узел крепления навесных фасадов к крайней балке из прямоугольных профильных труб (RHS) показан на рисунке 5.10. Конкретная детализация будет зависеть от выбранной фасадной системы. Верхняя часть плиты перекрытия должна быть армирована и закреплена на верхней части крайних балок из прямоугольных профильных труб (RHS). Тем самым обеспечивается противодействие силам сдвига и растяжения, вызываемым ветровой нагрузкой.



Примечание. Кронштейны необходимо закрепить на швеллерах: они привариваются к нижней стороне стальной пластины и заподлицо заливаются бетоном.

**Рисунок 5.10** Крепление системы навесных фасадов на кронштейнах

## 5.9 Металлические панели

Допускается применение различных металлических листов, включая листы из нержавеющей или окрашенной стали и искусственно патинового цинка. Как правило, такие листы размещаются горизонтально и используются в качестве «вентилируемого фасада» (т. е. возможно проникновение небольшого количества воды). В этом случае внутренняя изоляция тонкостенного стального подрамника должна быть устойчива к атмосферным воздействиям; например, она может быть выполнена из цементно-стружечной плиты. Пример использования цинковых панелей на фасаде модульного здания показан на рисунке 5.11. В данном проекте панели были заранее закреплены на модулях в заводских условиях.



**Рисунок 5.11** Цинковые панели на фасаде здания в Рейнс-Корт, Лондон



### 5.10 Кровельное покрытие Kalzip

Покрытие Kalzip® было использовано для формирования стен и крыши при строительстве одного необычного здания в Нидерландах. Покрытие Kalzip представляет собой кровельную систему из алюминия, которая подходит для сооружения всех типов крыш, особенно мансардных или пологих. Покрытие Kalzip неоднократно использовалось при строительстве жилых зданий для сооружения крыш с искривленным профилем, например, как на рисунке 5.12.



**Рисунок 5.12** Использование кровельного покрытия Kalzip® в проекте Albion Riverside, Лондон  
(иллюстрация предоставлена Kalzip®)

## 6 СТАЛЬНЫЕ БАЛКОНЫ И ПАРАПЕТНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ

Балконы и террасы являются важными элементами городских зданий. Их сооружение является интересной инженерной задачей и нередко связано с реализацией новых архитектурных решений.

При строительстве обычных железобетонных зданий плита перекрытия выступает за пределы внешней оболочки здания и образует балкон или иной выступ. Однако на сегодняшний день такое решение считается нежелательным из-за образования дефектов в теплоизоляции перекрытия, что является нарушением требований Утвержденного документа L1 в редакции 2002 г.<sup>[20]</sup>. В таких случаях следует устанавливать терморазрыв в плите перекрытия либо снаружи эта плита должна быть закрыта теплоизоляционным слоем.

### 6.1 Типы балконов

Современная технология сооружения балкона заключается в установке сборного стального элемента, который крепится к внутренней конструкции при помощи кронштейнов или стоек, что позволяет минимизировать образование всевозможных «тепловых мостов». Можно выделить три стандартных типа балконных систем:

1. Установленные друг на друга модули с общей опорой на землю, которые могут быть одновременно поставлены в предназначенном для них месте. Колонны доходят до уровня земли (см. примеры на рисунках 6.1 и 6.2).
2. Консольные балконы, устанавливаемые двумя способами:
  - соединения, воспринимающие изгибающий момент, присоединяются к кронштейнам, закрепленным на крайних балках с высокой жесткостью к скручиванию;
  - соединения, воспринимающие изгибающий момент, крепятся к «ветровым стойкам», соединяющим соседние этажи. Примеры консольных балконов показаны на рисунках 6.3–6.5.
3. Балконы с анкерными креплениями, устанавливаемые двумя способами:
  - посредством крепления анкерами к ветровым стойкам или перекрытию над ними (см. рисунок 6.6);
  - посредством крепления вертикальными анкерами к поддерживающей конструкции, расположенной на уровне крыши (см. рисунок 6.7).

В первом случае вертикальная нагрузка совершенно не передается на конструкцию или фасад здания, за исключением связей против горизонтального смещения. Во втором случае размеры балкона ограничены необходимостью уменьшения моментов, передаваемых на внутренние элементы конструкции. Часто имеется возможность расположить балконы точно на входящих углах здания, что позволяет снизить значения передаваемых моментов.

В третьем случае анкеры могут быть установлены практически незаметно, как показано на рисунках 6.6 и 6.7, но для крепления вертикальных анкеров потребуется выступающая конструкция, например, в виде стропильной фермы, которая должна выдерживать суммарную нагрузку от всех балконов.





**Рисунок 6.1** Установленные друг на друга модульные балконы  
(здание в Швеции)



**Рисунок 6.2** Установленные друг на друга стальные балконы  
(иллюстрация предоставлена Фейлденом Клеггом Брэдли (Feilden Clegg Bradley))



**Рисунок 6.3** Консольные балконы в композитной конструкции, набережная Динсгейт Квэй, Манчестер (иллюстрация предоставлена Стивенсоном Беллом (Stephenson Bell))



**Рисунок 6.4** Консольные и встроенные балконы в Бофорт Корт, район Фулхэм (иллюстрация предоставлена Фейлденом Клеггом Брэдли (Feilden Clegg Bradley))



**Рисунок 6.5** Угловые консольные балконы здания на Адмиралс Квей, город Саутгемптон  
(иллюстрация предоставлена Бродвеем Маляном (Broadway Malyan))



**Рисунок 6.6** Балконы с анкерными креплениями на Сэйнт-Эдмундс Террэйс, Примроуз Хилл, Лондон  
(эскиз предоставлен НТА Architects)



**Рисунок 6.7** Подвесные балконы (Piper Building, район Фулхэм)

## **6.2 Крепление балконов к системе перекрытий Slimdek**

Крайние балки систем Slimdek выполняются из прямоугольной профильной трубы (RHS) с высокой жесткостью к скручиванию; эти балки рекомендуются для крепления консольных балконов при наличии приваренных кронштейнов. Чтобы минимизировать образование дефектов в теплоизоляции перекрытия, следует устанавливать по одному кронштейну с каждой стороны балкона. Допускается болтовое крепление ветровых стоек к верхней и нижней поверхностям крайних неравнополочных балок (ASB) или ребрам жесткости, приваренным к крайним балкам из прямоугольных профильных труб (RHS). Они рассчитаны на сопротивление моментам, создаваемым консольным балконом, и могут иметь относительно большие размеры. Как и в предыдущем случае, предпочтительнее использовать балки из прямоугольных профильных труб (RHS).

Технически возможно выдвинуть плиту перекрытия за пределы внешней оболочки здания, но в этом случае верхнюю и нижнюю поверхности плиты перекрытия рекомендуется закрыть теплоизоляционным материалом. В качестве наружной теплоизоляции может быть использован пенополистирол (EPS). Потолок следует оборудовать защитным противопожарным экраном. Эти общие принципы можно применять и для других архитектурных элементов, выступающих за внешнюю оболочку здания.



## 7 ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ПОДВАЛЬНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Существует несколько способов строительства подвальных помещений, которые могут использоваться в зависимости от состояния грунта и уровня грунтовых вод. Все более популярными становятся шпунтовые ограждения, поскольку они могут служить как временной, так и постоянной опорой. Шпунтовые ограждения можно герметизировать разными способами; вместе с тем просачивание воды в подвальные парковки и технические помещения считается допустимым. Указания по данному вопросу содержатся в недавней публикации Института стальных конструкций P275: «Металлоемкие подвальные помещения»<sup>[37]</sup>.

### 7.1 Методы проведения строительных работ

Основным элементом конструкции подвального помещения является постоянное шпунтовое ограждение с замковыми соединениями в середине толщины стены. Наиболее узкое сечение шпунтовой стенки составляет 200 мм, а наиболее широкое — 460 мм. Существует два варианта проектирования конструкции шпунтовых стенок:

- временное исполнение с закладкой консоли в грунт;
- постоянное исполнение в виде консоли с поперечной опорой на каждом уровне перекрытия.

В общем случае максимальная высота консоли без опоры составляет 4,5 м с глубиной закладки в 10–12 м в зависимости от условий грунта. Максимальная неподдерживаемая длина консоли с опорой составляет 10 м; это свидетельствует о том, что критически важным вариантом проектирования шпунтовых стенок является временное исполнение.

Шпунтовые стенки могут быть смонтированы при помощи установки «бесшумного погружения», например, Giken или Tosa, опирающейся на ранее установленные сваи и работающей практически без шума и вибрации (см. рисунок 7.1). Единственным источником шума будет работающая дизельная силовая установка.

### 7.2 Требования к проектированию подвальных помещений

Требования к проектированию изложены в стандартах BS 8002 «Строительные нормы и правила по земляным подпорным сооружениям»<sup>[38]</sup> и BS 8102 «Строительные нормы и правила по защите конструкций от грунтовых вод»<sup>[39]</sup>. Стандарт BS 8102 устанавливает четыре уровня допустимости просачивания вод: уровень 1 относится к подвальным помещениям, используемым в качестве автомобильных парковок, в которых допускается небольшое проникновение воды; уровень 2 относится к техническим и другим аналогичным подвальным помещениям; уровень 3 устанавливается для жилых помещений (т. е. проникновение воды недопустимо).

Основное требование к шпунтовым стенкам заключается в том, чтобы они могли выполнять функцию подпорного ограждения во временном исполнении. Функцию связей против горизонтального смещения могут выполнять щитовые крепления или распорки. Одноуровневые подвальные помещения можно проектировать как чисто консольные до тех пор, пока не будет установлена фундаментная плита.

Шпунтовая система ограждения также может быть сконструирована с учетом вертикальной нагрузки от конструкции или использована в качестве подпорного ограждения, что является очень эффективным решением при строительстве подвальных помещений. Рекомендации по проектированию приведены в публикации Института стальных конструкций P156: «Руководство по применению несущих стальных свай»<sup>[40]</sup> и P275, «Металлоемкие подвальные помещения»<sup>[37]</sup>.

Защита от проникновения воды обеспечивается герметиками, устанавливаемыми в соединения шпунтовых стенок перед вдавливанием, или сваркой соединений или перекрывающей пластины для герметизации соединений после вдавливания. Выбор конкретной технологии зависит от условий грунта и давления грунтовых вод, которому должна противостоять конструкция. На плите перекрытия подвального помещения может быть установлена водонепроницаемая мембрана, а к листовому шпунту могут быть приварены специальные ребра жесткости для защиты от проникновения воды. В некоторых случаях должна быть предусмотрена отдельная дренируемая полость. Подробные сведения о соединении плиты перекрытия со шпунтовыми ограждениями приведены в P275<sup>[37]</sup>.

Долговечность достигается за счет окраски внутренней поверхности; допускаемая потеря стали в 0,035 мм/год установлена стандартом BS 8002. При проектировании постоянной конструкции с расчетным сроком службы в 120 лет необходимо включить допуск на потерю стали, равный 4 мм. Предел огнестойкости, равный 90 минут, может быть достигнут путем нанесения вспучивающихся огнезащитных покрытий на сталь, прошедшую предварительную пескоструйную обработку.

### **7.3 Примеры конструкций подвальных помещений**

Автомобильная парковка Millennium Car Park в городе Бристоль имеет размеры 80 м × 90 м при высоте 6 м. Парковка построена методом «сверху вниз». Колонны были размещены с шагом 7,8 м и установлены методом погружения свай. Стальная трубчатая колонна «погружалась» в подвижную бетонную смесь, которая была залита в пробуренную свайную скважину, заполненную бентонитом. К основанию сваи были приварены срезные штифты для лучшей передачи усилий сдвига. Промежуточные плиты перекрытия имеют высоту 300 мм и поддерживаются кронштейнами, приваренными к колоннам.

В соответствии с технологией строительства «сверху вниз» было необходимо сначала установить плиту перекрытия, а затем производить выемку грунта под плитой и последовательно устанавливать промежуточные перекрытия. В этом проекте была предусмотрена двухуровневая подземная автомобильная парковка (см. рисунок 7.2). Герметичность была достигнута за счет сварки соединений шпунтовых свай. Дополнительная водонепроницаемая мембрана не устанавливалась, но шпунтовые сваи прошли пескоструйную обработку и были окрашены. Огнестойкость колонн была достигнута за счет нанесения вспучивающегося огнезащитного покрытия.

В проекте гостиницы в Кардиффе также использовалась технология строительства «сверху вниз», однако в этом случае применялись более жесткие требования к водонепроницаемости, так как подвальные помещения предназначались под ночной клуб. На подготовленный грунт была уложена водонепроницаемая мембрана, на которую затем была установлена фундаментная плита. Патентованная система надувных труб, установленных по периметру плиты перекрытия, исключала просачивание воды между плитой и шпунтовым ограждением.



При строительстве подвальной автомобильной парковки в Стейнсе была применена автономная дренажная система по причине высокого уровня грунтовых вод.

На рисунке 7.3 показана конструкция двухуровневого подвального помещения многоэтажного жилого дома в Лидсе. В данном случае для подвесных плит перекрытия использовалась конструкция Slimflor из сборных железобетонных плит. Балки передают момент смещения через распорки, установленные между шпунтовыми ограждениями.



**Рисунок 7.1** Установка бесшумного погружения



**Рисунок 7.2** Автомобильная парковка Millennium Car Park, Бристоль. На фотографии видны шпунтовое ограждение и оголовок колонны, образующие опору для плиты перекрытия



**Рисунок 7.3** *Использование балок Slimflor в строительстве подвальных помещений*

## 8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MULLET, D. L.  
Slim floor design and construction (P110)  
The Steel Construction Institute, 1991
2. LAWSON, R. M., MULLET, D. L. and RACKHAM, J. W.  
Design of asymmetric Slimflor beams using deep composite decking (P175)  
The Steel Construction Institute, 1997
3. HICKS, S. J. and LAWSON, R. M.  
Design of composite beams using precast concrete slabs (P287)  
The Steel Construction Institute, 2003
4. GORGOLEWSKI, M. T., GRUBB, P. J. and LAWSON, R. M.  
Building design using cold formed sections – Light steel framing in residential construction (P301)  
The Steel Construction Institute, 2001
5. GORGOLEWSKI, M. T., GRUBB, P. J. and LAWSON, R. M.  
Modular Construction using light steel framing – Design of Residential Buildings (P302)  
The Steel Construction Institute, 2001
6. GORGOLEWSKI, M. T. and COUCHMAN, G. H.  
Acoustic performance of light steel framed systems – Meeting the new requirements of Part E of the Building Regulations (2003) (P320)  
The Steel Construction Institute, 2003
7. GORGOLEWSKI, M. T. and LAWSON, R. M.  
Acoustic performance of Slimdek – Meeting the new requirements of Part E of the Building Regulations (2003) (P321)  
The Steel Construction Institute, 2003
8. GORGOLEWSKI, M. T. and LAWSON, R. M.  
Acoustic performance of composite floors – meeting the new requirements of Part E of the Building Regulations (2003) (P322)  
The Steel Construction Institute, 2003
9. The Building Regulations 2000 (SI 2000/2531)  
(Plus Amendment Regulations in 2001, 2002, 2003, 2004)  
The Stationery Office, 2000  
*(For the latest revisions, see the ODPM website: [www.odpm.gov.uk](http://www.odpm.gov.uk))*
10. WAY, A. G. J. and COUCHMAN, G. H.  
Acoustic detailing for multi-storey residential buildings (P336)  
The Steel Construction Institute, 2004
11. Robust Details Handbook  
Robust Details Ltd, 2004
12. Rethinking Construction: The report of the Construction Task Force on the scope for improving the quality and efficiency of UK construction. (Egan Report). Report by Sir John Egan  
The Stationery Office (TSO), 1988
13. Best Value for Registered Social Landlords  
The Housing Corporation, 1999

14. Scheme Development Standards (5th edition)  
The Housing Corporation, 2003
15. ROGAN, A. L. and LAWSON, R. M.  
Better value in steel: Value and benefit assessment of Slimdek construction (P279)  
The Steel Construction Institute, 2001
16. Lifetime Homes – a series of standards  
Joseph Rowntree Foundation
17. Standards and Quality in Development: a good practice guide  
National Housing Federation, 1998
18. Building Regulations 2000: Approved Document M Access to and use of buildings  
The Stationery Office, 2004
19. Building Regulations 2002: Approved Document E Resistance to passage of sound  
The Stationery Office, 2003
20. Building Regulations 2002 Approved Document L: Conservation of fuel and power in dwellings  
The Stationery Office, 2002
21. Secured by Design – An initiative promoted by the Association of Chief Police Officers (ACPO)  
*(For a list of standards licensed under this initiative, visit [www.securedbydesign.com](http://www.securedbydesign.com))*
22. Planning Policy Guidance Note 3: Housing (PPG-3)  
The Stationery Office
23. Eco-Homes: The environmental rating for homes (revised)  
The Building Research Establishment, 2003
24. Building Regulations 2000: Approved Document B Fire safety  
The Stationery Office, 2004
25. BS 5588-1: 1990 Fire precautions in the design, construction and use of buildings – Part 1: Code of practice for residential buildings – incl AMD 1  
British Standards Institution, 1990
26. BS 6399-1: 1996 Loading for buildings – Part 1 Code of practice for dead and imposed loads  
British Standards Institution, 1996
27. BS 6399-3: 1988 Loading for buildings – Part 3 Code of practice for imposed roof loads  
British Standards Institution, 1998
28. BS 6399-2: 1997 Loading for buildings – Part 2 Code of practice for wind loads  
British Standards Institution, 1997
29. BS 5950-1: 2000 Structural use of steelwork in building – Part 1: Code of practice for design – rolled and welded sections (incl Corrigendum No. 1)  
British Standards Institution, 2001
30. BROWN, D. G., KING, C. M., RACKHAM, J. W. and WAY, A.  
Design of multi-storey braced frames (P334)  
The Steel Construction Institute, 2004

31. Building Regulations 2000: Approved Document A Structure  
The Stationery Office, 2004
32. Slimdek in multi-storey buildings  
*(to be published by Corus during 2004)*
33. MULLET, D. L.  
Composite Construction – Slimdek – Design of RHS Slimflor Edge Beams (P169)  
The Steel Construction Institute, 1999
34. Slimdek Manual  
Corus Construction Centre, 2001
35. Light steel – Case studies on modular steel framing (P271)  
The Steel Construction Institute, 1999
36. LAWSON, R. M., GRUBB, P. J. PREWER, J. and TREBILCOCK, P. J.  
Modular construction using light steel framing – An architect's guide (P272)  
The Steel Construction Institute, 1999
37. YANDZIO, E. and BIDDLE, A. R.  
Steel intensive basements (P275)  
The Steel Construction Institute, 2001
38. BS 8002: 1994 – Code of practice for earth retaining structures  
British Standards Institution, 1994
39. BS 8102:1990 – Code of practice for protection of structures against water from the ground  
British Standards Institution, 1990
40. BIDDLE, A. R.  
Steel bearing piles guide (P156)  
The Steel Construction Institute, 1997





**SCI P332**

**Сталь в многоэтажных  
жилых зданиях**