

Мировая практика стального строительства

ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

Рекомендации архитекторам, проектировщикам и строителям



Research Fund
for Coal & Steel

АРСС

Ассоциация развития
стального строительства

Best Practice in Steel Construction

RESIDENTIAL BUILDINGS

Guidance for Architects, Designers & Constructors



Мировая практика стального строительства

ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ

Рекомендации архитекторам,
проектировщикам и строителям

Перевод с английского



Перевод с английского:

Иван Иванович Ведяков, д.т.н., проф.,
директор Центрального научно-исследовательского института
строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко
(АО «НИЦ «Строительство»),
заведующий лабораторией металлических конструкций

Денис Владимирович Конин, к.т.н.,
заведующий сектором высотных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство»)

Алексей Дмитриевич Яковлев,
руководитель инженерного центра Ассоциации развития
стального строительства (АРСС)

Best Practice in Steel Construction
RESIDENTIAL BUILDINGS
Guidance for Architects, Designer & Constructors

The Steel Construction Institute (SCI)
The Euro-Build project partners are:
ArcelorMittal
Bouwen met Staal
Centre Technique Industriel de Construction Métallique (CTICM)
Forschungsvereinigung Stahlanwendung (FOSTA)
Labein Tecnalia
SBI
Technische Universität Dortmund

М64 **Мировая практика стального строительства. Жилые здания** : рекомендации архитекторам, проектировщикам и строителям / Ассоциация развития стального строительства ; [пер. с англ. : И.И. Ведяков, Д.В. Конин, А.Д. Яковлев]. – Москва : АКЦИОМ ГРАФИКС юнион, 2015. – 58 с. : ил.
ISBN 978-5-9907551-0-9

В данной публикации представлены передовые методы проектирования технологий стального строительства, используемых в жилом секторе. Она подготовлена для архитекторов и других участников проектной группы с целью применения на ранних этапах проектирования жилого здания. Публикация была подготовлена как одна из трёх в серии публикаций в рамках проекта распространения RFCS Евростроительства из стали (проект № RFS2-CT-2007-00029).

Целью данного проекта является предоставление проектной информации о передовых методах возведения стальных конструкций, а также прогнозирование следующего поколения стальных зданий. Другие публикации охватывают современные нормы проектирования, применяемые в промышленном и жилищном строительстве.

УДК 728.1:624.014.2
ББК 38.711+38.543

Обращение Ассоциации развития стального строительства

Уважаемые коллеги и партнеры!

Вашему вниманию предлагается перевод на русский язык рекомендаций по проектированию жилых зданий с применением стальных конструкций.

Рекомендации составлены для использования в повседневной практике проектирования и должны быть полезны в первую очередь инженерам-проектировщикам, а также производителям стальных конструкций, заинтересованным в выпуске современной и востребованной продукции. Главная цель Ассоциации - расширение использования металлоконструкций во всех видах гражданского и промышленного строительства. Основным способом реализации своих целей члены Ассоциации видят консолидацию сообщества квалифицированных участников рынка, работа которых будет сконцентрирована на четырех основных направлениях:

1. Инженерный центр

обеспечивает проектно-конструкторскую экспертизу по применению стальных конструкций при строительстве объектов различного назначения с использованием передового российского и иностранного опыта, создает базу данных построенных объектов с эффективным применением стали.

2. Нормативно-технический центр

совершенствует существующую нормативную базу по производству стальных конструкций, проектированию и строительству.

3. Научно-образовательный центр

анализирует отрасль и создает рекомендации по проектированию, реализует программы повышения квалификации для архитекторов и конструкторов;

4. Медиацентр

рассказывает о преимуществах стального строительства в среде инвесторов, девелоперов, органах государственной власти, проводит круглые столы с участием экспертов АРСС, научно-практические конференции, обеспечивает участие в профильных выставках.

Если у вас или ваших коллег есть замечания и пожелания к данной публикации – связывайтесь с нами:
Тел.: +7 (495) 744-02-63
e-mail: a.yakovlev@steel-development.ru



Генеральный директор АРСС
Дмитрий Сергеевич Еремеев



Ассоциация развития
стального строительства

Предисловие к изданию

Предлагаемые вниманию рекомендации британского Института стальных конструкций (SCI) посвящены вопросам проектирования и строительства жилых зданий, а также зданий гостиничного типа, апартаментов, общежитий, «таунхаусов» и пр. Авторам рекомендаций удалось в четком и систематизированном виде представить широкое разнообразие конструктивных решений основных элементов зданий, обобщая опыт реального строительства множества объектов в Западной Европе.

Необходимость перевода данных рекомендаций на русский язык продиктовано тем, что обсуждаемый класс зданий (многоэтажные жилые и т.д.) со стальным каркасом имеет сегодня весьма малую долю от общего количества построенных зданий в России. Тем не менее, опыт иностранных коллег показывает преимущества строительства с применением стали, а также демонстрирует решения возможных технических проблем при проектировании. Одним из главных аргументов в пользу строительства из стали является высокая скорость монтажа, наряду с малым количеством отходов. Также иностранные инженеры обращают внимание на возможность «гибкого» использования построенного здания: при наличии колонн и несущих стен, здание можно приспособить под другую функцию с минимальными затратами, отходами, без необходимости усиления, и без ущерба для надежности несущих конструкций. Также подчеркивается высокая энергоэффективность реализованных проектов. Выбор для перевода книги именно европейских авторов продиктован тем, что современные отечественные нормативные документы во многом гармонизированы с Еврокодами. Обращаем внима-

ние читателя, что предлагаемые технические решения, геометрические размеры, несущая способность, прогибы конструкций, нагрузки и т.д. авторами рекомендаций определены по Еврокодам и нуждаются в уточнении и проверке в соответствии с действующими российскими нормами. Приводится большое количество примеров конструктивных решений с чертежами и фотографиями. Очень ценным представляется наличие таблиц для предварительной оценки характерных геометрических размеров конструктивных элементов зданий (стен, перекрытий), для правильного их учета на начальных этапах проектирования. Данные параметры будут полезны главным образом архитекторам при проектировании зданий со стальными каркасами.

По содержательной части рекомендаций следует отметить следующие особенности строительства жилых зданий. Во-первых: высокая степень заводской готовности элементов, поставляемых на строительную площадку: от панелей стен и перекрытий, до готовых санитарно-технических кабин, что в нашей стране выполняется в основном в виде бетонных конструкций. Во-вторых: весьма широ-

кое использование легких стальных тонкостенных профилей в конструкциях наружных стен, покрытий и перегородок в виде профилированного настила, в конструкциях объемных блоков для модульного строительства и так далее. В-третьих: широкое использование сталежелезобетонных конструкций главным образом в элементах перекрытий с прокатными балками, профилированным настилом, а также в комбинации со сборными железобетонными плитами. Применение легких стальных тонкостенных конструкций и сталежелезобетонных элементов в России сдерживается отсутствием норм, рекомендаций и пособий по их проектированию. Тем не менее авторы настоящего перевода полагают, что изучение зарубежного опыта поможет принимать современные технические решения на стадиях эскизного и рабочего проектирования.

Рекомендации адресуются в первую очередь архитекторам, а также конструкторам, студентам, аспирантам и преподавателям архитектурных и строительных ВУЗов, а также широкому кругу читателей, интересующихся темой строительства с применением стали.



Институт стальных конструкций (SCI) способствует и оказывает поддержку эффективному использованию металлоконструкций в строительстве. Институт является независимой организацией, основанной на членстве входящих в неё участников. Деятельность SCI в сфере исследований и разработки охватывает многоэтажные здания, промышленные строения, мосты, гражданское проектирование и проектирование техники освоения шельфов. Деятельность включает рекомендации по проектированию металлоконструкций из тонкостенной и нержавеющей стали, определению динамических характеристик, противопожарной технике, экологическому строительству, архитектурному проектированию, строительной физике (акустические и температурные характеристики), технико-экономическим расчетам и информационным технологиям.

www.steel-sci.org

В данной публикации представлены передовые методы проектирования технологий стального строительства, используемых в жилом секторе. Она подготовлена для архитекторов и других участников проектной группы с целью применения на ранних этапах проектирования жилого здания. Публикация была подготовлена как одна из трёх в серии публикаций в рамках проекта распространения RFCS Евростроительства из стали (проект № RFS2-CT-2007-00029).

Целью данного проекта является предоставление проектной информации о передовых методах возведения стальных конструкций, а также прогнозирование следующего поколения стальных зданий. Другие публикации охватывают современные нормы проектирования, применяемые в промышленном и жилищном строительстве.

Партнерами проекта Евростроительства являются:

ArcelorMittal
Bouwen met Staal
Промышленно-технический центр металлоконструкций (CTICM)
Исследовательское объединение сфер применения стали (FOSTA)
Labein Tecnalia SBI
Институт стальных конструкций (SCI)
Технический университет г. Дортмунд

Несмотря на то, что были приняты все меры, чтобы всецело обеспечить точность и достоверность всех данных и информации, содержащихся в данном документе, в той степени, в которой они касаются фактов, принятой практики или спорных вопросов на момент публикации, все партнеры проекта Евростроительства и рецензенты не несут ответственность за любые ошибки или неправильную интерпретацию этих данных и/или информации, или любые убытки или ущерб, возникшие или имеющие отношение к их применению.

ISBN 978-1-85942-001-0 © 2008.
Институт стальных конструкций

Данный проект был реализован при финансовой поддержке Фонда исследований угля и стали при Европейской комиссии.

Передняя сторона обложки: Liljeholmstorget (Стокгольм, Швеция). Фото JM AB.

Содержание

01 Введение



06

02 Ключевые факторы проекта



07

03 Конструкция перекрытие



11

04 Стеновые системы



19

05 Основной несущий каркас



27

06 Модульное строительство



35

07 Фасады и кровля



41

08 Российская практика



48

Издание подготовили:

Редакторы перевода на русский язык:
Иван Иванович Ведяков, д.т.н., проф.,
директор Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство»),
заведующий лабораторией металлических конструкций

Денис Владимирович Конин, к.т.н.,
заведующий сектором высотных зданий и сооружений
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко (АО «НИЦ «Строительство»)

Алексей Дмитриевич Яковлев,
руководитель инженерного центра АРСС

01 Введение

На проектирование жилых зданий влияет множество факторов, включая новые требования к долговечности зданий, температурные и акустические требования. В целях охраны природы необходимо обеспечить бережное землепользование и улучшение социальных показателей городской среды. Эти факторы непосредственно влияют на выбор строительных систем.

Стремление к тому, чтобы более эффективные и технологичные процессы строительства соответствовали данным требованиям, привело к потребности выпускать конструкции более высокой степени заводской готовности и с повышенным качеством исполнения.

Доля стальных конструкций в других сферах строительства весьма высока. Но стальные конструкции могут применяться и в жилищном строительстве. Их основные преимущества заключаются в скорости монтажа, более высоком качестве, надёжности и долговечности, а также в более широких возможностях использования внутреннего пространства.

В данной публикации представлены лучшие примеры в области технологий возведения стальных конструкций, используемых в жилищном строительстве, включая здания смешанного назначения (как промышленного, так и жилого).

Представленные технологии возведения стальных конструкций могут использоваться как по отдельности, так

и в сочетании с другими технологиями для получения завершённых строительных объектов. Использование таких «гибридных» форм строительных технологий порождает широкое разнообразие проектных решений.

Настоящие рекомендации охватывают вопросы конструирования с использованием стальных конструкций. Также представлены различия между национальными практиками строительства из стали, а представленные в руководстве технологии проиллюстрированы серией конкретных примеров недавних проектов жилищного строительства (прим. пер.: примеры реализованных проектов приводятся в отличие от оригинала для российской строительной практики – см. главу 8).



Рисунок 1.1 3-этажный жилой дом с террасой с применением лёгких тонкостенных конструкций (Басингсток, Великобритания) HTAArchitects

02 Ключевые факторы проекта

На проектирование жилых зданий влияет множество факторов. Ниже представлены общие рекомендации по определению ключевых факторов при проектировании и основных преимуществ металлоконструкций в секторе жилищного строительства.

Рынок жилищного строительства

Строительство новых жилых зданий составляет всего 1% от общего объёма жилых зданий в Европе. Но данный сектор строительства является приоритетным в плане оптимизации производственного процесса, и приобретает возрастающее значение в отношении рационального решения социальных, экономических и природоохранных вопросов. Жилые здания выбрасывают до 27% CO₂ в Европе и поэтому являются объектами, где необходимо повышать энергетическую эффективность. Обновление жилищного фонда, включая расширение и адаптацию (реконструкцию – прим. пер.) существующих зданий, является новыми важным рынком.

Существуют основные требования к проектам жилых зданий, которые влияют на сектор жилищного строительства, и являются общими для всей Европы:

- Повышенный уровень теплоизоляции и применение технологий возобновляемой энергии для снижения первичного потребления энергии в жилом секторе.
- Уплотнение застройки, в частности в городской черте или на бывших промышленных территориях, для снижения использования земельных ресурсов.
- Высокая скорость строительства без вынужденных простоев и высокая технологичность конструкций за счёт использования большого количества сборных элементов.
- Снижение затрат на строительство и долгосрочных эксплуатационных затрат.
- Рост количества жилья для одиноких и престарелых людей, что отражает изменения в структуре социального развития.
- Возможность приспособления здания под другие цели в долгосрочной перспективе.

Применение металлоконструкций наиболее рационально при существующих требованиях к строительству, особенно при использовании заводских технологий изготовления конструкций и в условиях роста сектора жилищного строительства (в котором скорость строительства очень важна).

Всё большее распространение приобретает требование к многофункциональности зданий, которые могут иметь коммерческое, социальное и жилое назначение для создания среды для «жизни, работы, развлечений». Большая вариативность использования здания в долгосрочной перспективе и возможность его переоборудования очень важны для большинства типов зданий.

Для городского жилищного строительства трёхэтажные здания становятся более предпочтительными, чем двухэтажные, для сокращения площади строительства и рационального использования земельных ресурсов. Эффективное использование пространства чердачного этажа позволяет увеличить полезную площадь здания. Этому способствует применение большепролетных стальных конструкций. Кухни и ванные комнаты могут быть изготовлены как модульные компоненты для снижения скорости строительства и экономии за счёт унификации при масштабном производстве.

Рациональное использование природных ресурсов

Природоохранные вопросы и вопросы рационального использования природных ресурсов имеют первостепенное значение при проектировании новых жилых зданий. Существуют разнообразные национальные требования к тепловым характеристикам и рациональному использованию при-

Рынок жилищного строительства

Рациональное использование природных ресурсов

Скорость строительства

Долговечность

Звукоизоляция

Пожарная безопасность

Теплотехнические характеристики

Нагрузки



Рисунок 2.1 Многоквартирный дом в Хельсинки с применением лоджий KahnArchitects

родных ресурсов, которые воплощены в национальных нормативно-правовых актах. Данные общие вопросы рационального использования природных ресурсов могут быть сведены к конкретным требованиям:

- снижение потребления первичных энергоресурсов и, как следствие, снижению выбросов CO²;
- минимизация использования материалов и отходов, и максимального увеличения переработки отходов в строительстве;
- эффективное использование водных ресурсов и создание условий для переработки бытовых сточных вод;
- снижение загрязнения и защита окружающей среды;
- проектирование привлекательного пространства общественных площадей, улучшение здоровья и комфортного пребывания людей в здании.

Технологии строительства из стали помогают эффективно отвечать указанным требованиям рационального использования природных ресурсов. Например, сталь является полностью перерабатываемым материалом, поэтому при производстве и переработке создается относительно небольшое количество отходов. Все элементы металлоконструкций могут быть использованы повторно или переработаны после истечения срока их службы.

Заводское изготовление полносборных металлических конструкций увеличивает эффективность работы на объекте и скорость строительства до 70% и снижает вред, наносимый окружающей среде во время строительного процесса. При использовании металлоконструкций существует воз-

можность создания гибкого «адаптируемого» пространства, что приводит к более долгой службе зданий, которые могут быстро и недорого приспособлены для новых функций.

Скорость строительства

Технологии строительства из стали характеризуются высокой скоростью возведения на площадке и повышенной производительностью, благодаря эффективному использованию сборных конструкций. Исследования показали, что рамные или панельные системы строятся на 30-40 % быстрее, чем, например, кирпичные здания, и строительство с применением полностью модульных систем проходит на 60-70 % быстрее, чем при использовании традиционных технологий строительства.

Финансовые преимущества скорости строительства:

- Снижение затрат на обустройство и управление строительной площадкой.
- Быстрый возврат инвестиций клиента.
- Снижение расходов во время строительства.

Данные преимущества приводят к снижению денежных затрат и к более быстрому возврату капитала.

Скорость строительства является важной для строительства больших жилых зданий, а также для таких зданий, как студенческие общежития, которые должны быть построены и сданы в эксплуатацию до начала учебного года.

Долговечность

Расчётный срок службы жилых домов, как правило, составляет 60 лет в

отношении несущих и ограждающих конструкций здания. Вместе с тем, здания должны быть «гибкими» при эксплуатации и иметь возможность приспособления для новых функций. Это достигается путем использования разборных перегородок, больших пролётов и эффективного использования чердачных этажей.

Конструкции из оцинкованной стали отличаются являются стойкими к влияниям окружающей среды и отличаются долговечностью, что подтверждается результатами обследований зданий, построенных в различных климатических условиях.

Для стальных конструкций, расположенных внутри теплового контура здания, прогнозируемый проектный срок их службы достигает 100 лет.

Звукоизоляция

Эффективная звукоизоляция перегородок и перекрытий между жилыми помещениями является очень важным фактором для здоровья и комфортного пребывания жителей. Передача воздушного шума характеризуется акустическими показателями и определяется величиной снижения шума (DnT,w дБ) между помещениями на основе стандартного теста согласно EN 150 717-1, который охватывает диапазон частот свыше 16 третьоктавных полос частот в диапазоне от 100 до 3150 Гц. При ударных воздействиях на перекрытия уровень передачи шума по перекрытию Lt,w, создаваемого стандартным генератором ударного шума, не должен превышать заданное максимальное значение.



Рисунок 2.2 16-этажное студенческое общежитие, построенное с применением несущего стального каркаса и стен на основе тонкостенных стальных профилей с внутренней изоляцией (Саутгемптон, Соединенное Королевство)

Тип нагрузки	Величина (кН/м ²)
Полезная нагрузка	
Жилые помещения	1.5—2.0
Коридоры и общественные зоны	3
Коммерческие площади	2.5—4
Перегородки (лёгкие)	0.5—1.0
Собственный вес:	
Стены на каркасе из тонкостенных профилей	0.5—1.0
Перекрытия на каркасе из тонкостенных профилей	0.7
Лёгкие стальные конструкции покрытий	0.5
Черепичные крыши	0.9
Основной стальной каркас	0.3—0.5
Плиты композитного перекрытия	2.5—3.5
Сборные железобетонные плиты	2.5—4

Таблица 2.1 Нагрузки, действующие в жилых зданиях

Для достижения необходимых акустических показателей минимальное снижение уровня воздушного шума составляет 45 дБ для стен и перекрытий между жилыми помещениями. Данный параметр подтверждается замерами в построенных зданиях, где также принимается во внимание местная звукопроницаемость через узлы соединений, например, в местах соединения перекрытия и стены.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность в жилых зданиях определяется совокупностью различных факторов, таких как: эффективность аварийных пожарных выходов, предотвращение распространения огня, устойчивость конструкций к огневому воздействию, наличие эффективных мер пожаротушения. Требования к устойчивости конструкций к огневому воздействию и делению здания на пожарные отсеки обычно выражаются в определении требуемой огнестойкости конструкции.

Применяемый в целях стандартизации показатель огнестойкости определяется в ходе испытаний. Он измеряется в 30-минутных интервалах. Для большинства жилых зданий необходимо обеспечить минимальную огнестойкость не менее 30 минут с увеличением до 60 минут для противопожарных стен, в зависимости от требований местных строительных норм.

Для зданий значительной высоты требуемый предел огнестойкости может достигать 90 минут, в первую очередь, для обеспечения устойчивости конструкции и эффективного тушения пожара. В целом, меры, принимаемые для достижения эффективной звукоизоляции стен и перекрытий, позволяют обеспечить предел огнестойкости, равный 60 минутам.

Теплотехнические характеристики

Одним из наиболее эффективных способов снижения потребления основных энергоресурсов является улучшение теплотехнических характеристик ограждающей конструкции, а именно снижение теплоотдачи и повышение воздухопроницаемости. Теплоизоляция ограждающей конструкции характеризуется коэффициентом теплопередачи, который характеризует потерю тепла через единицу площади внешних элементов фасада или кровли при изменении на один градус разницы температур внутри и снаружи здания.

Коэффициент теплопередачи 0,3 Вт/м²К, как правило, является предельным значением для фасадных элементов ограждающей конструкции, а коэффициент теплопередачи 0,2 Вт/м²К, как правило, является предельным для покрытий (в зависимости от климатического района строительства).

Указанные значения могут быть достигнуты с помощью изоляции, размещаемой снаружи стен из тонкостенных стальных профилей и покрытий, и, таким образом, минимизируется риск теплопотерь и появления конденсата. В современной практике эффективным считается применение тонкостенных стальных профилей с пробитыми или прорезанными в стенках отверстиями для снижения эффекта проникновения холода через «мостики холода». Большая часть изоляции может быть размещена между тонкостенными конструкциями каркаса, что позволяет уменьшить общую толщину стены.

Нагрузки

Основными видами нагрузок, которые необходимо учитывать при проектировании жилых зданий, являются следующие:

- Собственный вес (включая отделочные материалы).
- Полезная нагрузка (включая повышенную нагрузку в помещениях общего пользования).
- Давление ветра.
- Нагрузка от снега (или полезная нагрузка на покрытие).

Значения нагрузок приведены в таблице 2.1. Здания со стальным каркасом являются более лёгкими, чем бетонные или кирпичные, что означает меньший расход материалов на фундамент.

03 Конструкции перекрытий

В данном разделе описаны основные виды конструкций перекрытий в жилых зданиях. Характеристики каждой конструкции перекрытия приведены вместе с рекомендациями по решению важных вопросов проектирования.

Перекрытия могут опираться на несущие стены из тонкостенных стальных профилей, или поддерживаться балками основного стального каркаса.

В данном разделе рассматриваются три вида перекрытий:

- перекрытия из тонкостенных стальных профилей;
- плиты в виде композитногосталежелезобетонного перекрытия;
- тяжёлые композитные сталежелезобетонные плиты.

Перекрытия из тонкостенных стальных профилей обычно выполняются из элементов С-образного сечения, а также в виде решётчатых конструкций при больших пролётах. Части перекрытий могут монтироваться поэлементно на площадке, либо собираться из сборных панелей (в виде кассетных панелей перекрытий).

Композитные плиты представляют собой монолитные железобетонные плиты по стальному настилу. Композитные плиты всё больше применяются в жилищном строительстве, благодаря их способности обеспечивать жёсткую, оптимальную с точки зрения звукоизоляции и огнестойкости конструкцию. Стальные балки основного каркаса, как правило, проектируются с учётом совместной работы с плитой.

Тяжёлые композитные плиты могут выполняться различных видов, например, с использованием стального настила более высокого сечения для создания общей толщины перекрытия, как правило, до 300 мм. Балки могут располагаться в теле плиты, тем самым исключая наличие выступов сверху и снизу перекрытия — см. раздел 4.

Балки перекрытия из тонкостенных стальных профилей

Плиты композитного сталежелезобетонного перекрытия

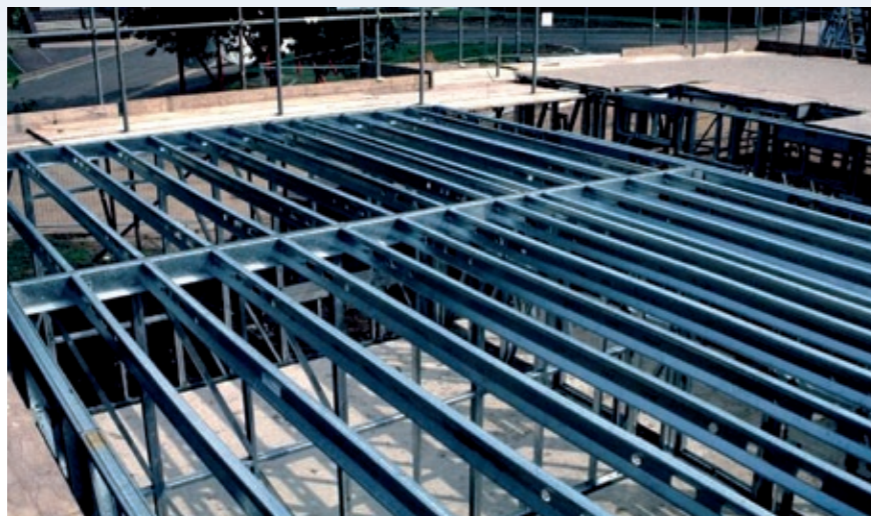
Тяжёлые композитные сталежелезобетонные плиты

Рисунок 3.1 Системы перекрытий с использованием балок из тонкостенных стальных профилей с опиранием на лёгкие стальные стены, FusionBuildingSystems



Балки перекрытия из тонкостенных стальных профилей

Рисунок 3.2 Второстепенные балки перекрытия в виде Z-образных профилей, опирающиеся на несущие стены из тонкостенных стальных профилей



Описание

Второстепенные балки перекрытия С-образного профиля имеют высоту 150–300 мм и производятся из оцинкованной стали класса S280 ...S390 толщиной 1,6–2,4 мм в соответствии со стандартом EN 10326 (с цинковым покрытием G275 или 40 микрон). Решётчатые балки перекрытия, как правило, имеют высоту от 300 до 500 мм и позволяют пропускать между элементами решётки инженерные системы диаметром до 100 мм. Обычно, второстепенные балки перекрытия раскладываются с шагом от 400 мм до 600 мм в соответствии с размерами элементов щитовой отделки потолка и покрытия пола.

Второстепенные балки перекрытий прикрепляются непосредственно к вертикальным конструкциям или опираются на Z-образные главные балки, которые, в свою очередь, опираются на балки основного каркаса или стены здания. Таким образом, обеспечивается определённая гибкость размещения в плане второстепенных балок перекрытия, как изображено на рисунке 3.2. При монтаже сборных кассетных плит перекрытия на производстве обычно предусматриваются специальные крепления перекрытий к стенам.

Для повышения жесткости покрытия пола и звукоизоляции перекрытия, выполняется сборная стяжка из гипсовых листов. Стальной настил может применяться в качестве замены щитовой отделки перекрытия и в целях обеспечения совместной работы со второстепенными балками перекрытия. Данный вариант конструкции изображен на рисунке 3.3.

На участках со значительными пролётами для поддержания второстепенных балок могут применяться главные стальные прокатные или сварные балки. Такие балки могут быть встроены в плиту перекрытия при опирании второстепенных балок на нижний пояс главных балок, как показано на рисунке 3.4.

Основные критерии проектирования

Второстепенные балки перекрытия поддерживают покрытие пола и потолок из гипсокартона, для которых назначается толщина, достаточная для обеспечения эффективной звукоизоляции и огнестойкости. Для выполнения указанных требований часто применяют 2 или 3 слоя гипсокартона при отделке потолка и минераловатного утеплителя или минеральной ваты между балками перекрытия. В ванных комнатах и кухнях может потребоваться дополнительное пространство под перекрытием для размещения инженерных коммуникаций, для чего применяются подвесные потолки.

Небольшой вес таких перекрытий предполагает высокую чувствительность к вибрации, что необходимо учитывать при проектировании. Проект должен обеспечить отсутствие резонансных эффектов при ходьбе или других динамических воздействиях. Для минимизации влияния нагрузки от интенсивного движения и других видов вибраций при проектировании лёгких перекрытий назначается минимально допустимая частота собственных колебаний величиной 8 Гц.

Рисунок 3.3 Решётчатые балки перекрытия с гипсовой стяжкой в большепролётных перекрытиях Metek Building Systems



Рисунок 3.4 Балки перекрытия из тонкостенных стальных профилей, опирающиеся на прокатные балки. Ruukki



Преимущества

- Простая технология монтажа на строительной площадке.
- Щитовая отделка по балкам перекрытия, обеспечивает звукоизоляцию и огнестойкость.
- Большой выбор балок перекрытия разных размеров сечения.
- Допускает изготовление крупных кассет (панелей) перекрытий для крупно-блочной сборки.

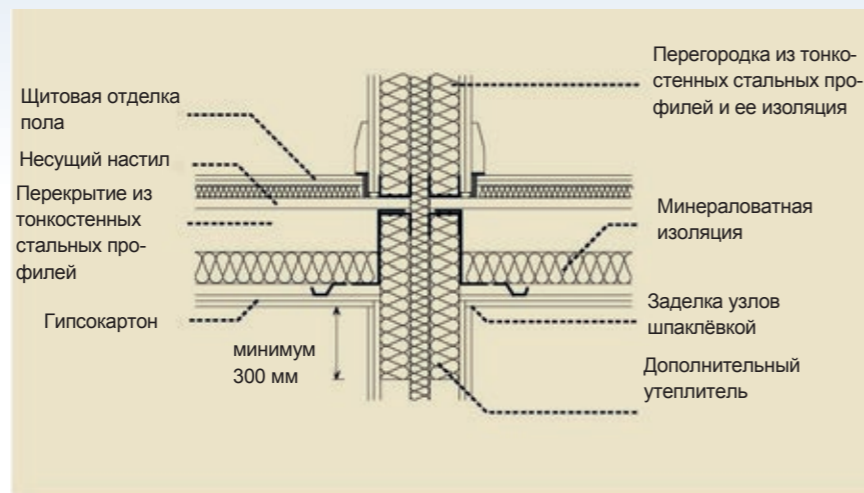
Огнестойкость

Огнестойкость достигается при помощи двух или трех слоев огнестойкого гипсокартона (панель типа F согласно стандарту EN 520). Мероприятия, повышающие звукоизоляцию, как правило, позволяют достичь предела огнестойкости длительностью 60 минут. Предел огнестойкости величиной 60 минут обеспечивается 2 слоями огнестойкого гипсокартона толщиной 12 мм с закреплением к низу балок

Звукоизоляция

Высокий уровень звукоизоляции достигается при помощи узлов, изображенных на рисунке 3.5, которые предотвращают снижение звукоизоляционных свойств в стыках стен и перекрытий. Применяются различные виды эластичного напольного покрытия и минераловатного утеплителя, размещаемого между балками перекрытия для снижения звукопроницаемости.

Рисунок 3.5 Узел перекрытия из тонкостенных стальных профилей в месте соединения с перегородкой



Нагрузки и прогибы

Как правило, балки перекрытия из тонкостенных стальных профилей проектируются под полезную нагрузку до 3 кН/м² при пролётах от 3 до 6 м (таблица 3.1). Исходя из эстетико-психологического восприятия человеком перемещений конструкций, а также для снижения вибраций, прогибы ограничиваются следующими значениями:

- Пролёт/350, или 15 мм, от воздействия собственного веса и полезной нагрузки (нормативных значений).
- Пролёт/450 от полезной нагрузки.
- Местный прогиб 1,5 мм от сосредоточенной нагрузки величиной 1 кН (ограничивается путём эффективного распределения сосредоточенной нагрузки на второстепенные балки).

Ограничение прогиба 15 мм позволяет ограничить предельное значение собственной частоты колебаний 8 Гц, с учётом предельно допустимых пролётов, приведенных в таблице 3.1.

Общая высота перекрытия

Как правило, общая высота перекрытия, устраиваемого по балкам с тонкостенным профилем, включая слои звукоизоляции и гипсокартонный потолок, составляет:

- 300 мм для пролёта перекрытия до 3,8 м;
- 400 мм для пролёта перекрытия до 4,8 м;
- 500 мм для пролёта перекрытия до 6 м;

Балки перекрытия	Расстояние между балками перекрытия (мм)	Макс. пролёт в квартирах (м)	Макс. пролёт в апартаментах (м)
150 x 1,6 С	400	3,8	3,6
200 x 1,6 С	400	4,8	4,5
200 x 2,0 С	400	5,2	4,8
250 мм решетчатые балки перекрытия	400	5,0	4,8
300 мм решетчатые балки перекрытия	400	5,5	5,2
300 мм решетчатые балки перекрытия с гипсовой стяжкой 40 мм	600	6,0	5,7

Жилые помещения: Полезная нагрузка = 1,5 кН/м² Собственный вес = 0,5 кН/м²
Апартаменты: Полезная нагрузка = 2,5 кН/м² Собственный вес = 0,7 кН/м² (1,7 кН/м² вкл. гипсовую стяжку)

Таблица 3.1 Пролёты балок перекрытия в апартаментах и жилых помещениях

Плиты композитного сталежелезобетонного перекрытия

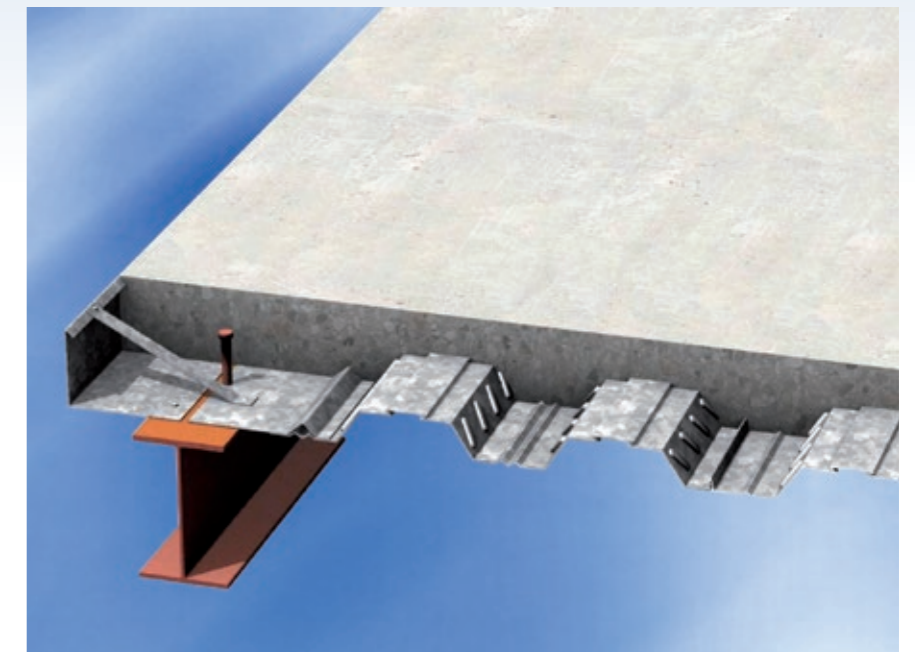


Рисунок 3.6 Композитная сталежелезобетонная плита и композитная стальная контурная балка Kingspan

Описание

Плиты композитного перекрытия представляют собой монолитный бетон, уложенный по стальному настилу, как показано на рисунке 3.6. Пролёты 2,5-4,5 м могут перекрываться композитными плитами с применением стальных настилов высотой 50-80 мм с толщиной листа от 0,8 до 1,2 мм. При соответствующем расчётом обосновании на стадии возведения можно исключить промежуточные временные опоры для стального настила.

Композитная сталежелезобетонная плита, как правило, имеет толщину 120-160 мм и армируется сеткой (например, А142 до А193, что определяется требуемым армированием (в мм²/м)). В некоторых случаях для повышения прочности на изгиб и огнестойкости плиты в гофры настила устанавливаются дополнительные стержни. В общем случае предел огнестойкости в 90 минут может быть достигнут с помощью армирования, составляющего 0,2% площади поперечного сечения плиты.

Основные критерии проектирования

Композитные плиты имеют относительно небольшую высоту по отношению к пролёту (оптимальное отношение пролёта к высоте плиты - 32). При этом, как правило, основным ограничивающим фактором является пролёт стального настила во время бетонирования плиты.

В большинстве случаев устройство промежуточных балок или стен необходимо при увеличении пролёта настила до:

- 3 м для профилей настила высотой 50 мм;
- 3,6 м для профилей настила высотой 60 мм;
- 4,2 м для профилей настила высотой 80 мм.

Справочные данные по композитным плитам представлены в таблице 3.2. При назначении пролётов, больших, чем указанные, следует принимать во внимание усилия от реакций промежуточных временных опор. Наиболее рациональной является неразрезная схема работы настила с одной или двумя промежуточными опорами.

Преимущества

- Жёсткая и надёжная конструкция.
- Широкий диапазон профилей настила с разной толщиной стенок помогает снизить расход материалов.
- Отсутствие необходимости во временных промежуточных опорах в большинстве случаев.
- Хорошая звукоизоляция и огнестойкость.

Огнестойкость	Для увеличения предела огнестойкости плиты необходимо увеличивать её толщину. Площадь армирования повышает огнестойкость, при этом эффективность арматуры снижается при повышении её температуры. Предельные пролёты и показатели несущей способности плит разной толщины и огнестойкости для толщин от 120 до 150 мм представлены в таблице 3.2.
Звукоизоляция	Композитные перекрытия с гипсокартонными потолками могут обеспечить эффективное снижение шума более 60 дБ.
Нагрузки и прогибы	Рекомендации по нагрузкам представлены в таблице 3.2. В жилых домах стальные настилы высотой 80 мм, используемые в плитах с толщиной 150 мм, позволяют перекрывать пролёты до 4,5 м без применения временных промежуточных опор. Прогибы при воздействии полезной нагрузки ограничены значением отношения 1/360 пролёта, а прогибы стального настила после бетонирования не должны превышать значения 1/180 пролёта.
Общая высота перекрытия	Общая высота композитного перекрытия может достигать 250 мм с учётом звукоизоляции и гипсокартонных потолков, кроме участков, где основные балки каркаса не встраиваются в стены. На этих участках общая высота перекрытия может достигать 600 мм.

Вид пролёта	Огнестойкость (минут)	Толщина плиты (мм)	Арматура (мм ² /м)	Максимальный пролёт (м) для полезной нагрузки			
				t = 0,9 мм		t = 1,2 мм	
				3,5 кН/м ²	5,0 кН/м ²	3,5 кН/м ²	5,0 кН/м ²
Однопролётная схема (без промежуточных опор)	60	120	A142	2,8	2,8	3,2	3,2
	90	130	A193	2,7	2,7	3,1	3,0
Двухпролётная схема (без промежуточных опор)	60	120	A142	3,2	3,2	3,9	3,7
	90	130	A193	3,1	3,1	3,8	3,5
Одна промежуточная временная опора в пролёте	120	150	A252	2,9	2,9	3,5	3,4
	60	120	A353*	3,8	3,4	4,0	3,6
	90	130	A353*	3,4	3,1	3,6	3,3
	120	150	A353*	3,1	2,9	3,3	3,0

t — толщина настила * необходима для контроля трещин в конструкциях с промежуточными опорами A193 = 193 мм²/м арматура в обоих направлениях

(а) Профнастил высотой 60 мм

Вид пролёта	Огнестойкость (минут)	Толщина плиты (мм)	Арматура (мм ² /м)	Максимальный пролёт (м) для полезной нагрузки			
				t = 0,9 мм		t = 1,2 мм	
				3,5 кН/м ²	5,0 кН/м ²	3,5 кН/м ²	5,0 кН/м ²
Однопролётная схема (без промежуточных опор)	60	150	A193	3,7	3,2	4,1	3,5
	90	160	A252	3,8	3,2	3,9	3,3
Двухпролётная схема (без промежуточных опор)	60	150	A193	4,2	3,8	4,6	4,1
	90	160	A252	4,1	3,9	4,5	4,0
	120	170	A393	4,0	3,9	4,3	3,9

(а) Профнастил высотой 80 мм

Таблица 3.2 Расчётные параметры композитного перекрытия

Тяжёлые композитные сталежелезобетонные плиты

Рисунок 3.7 Стальной каркас с композитной плитой с высоким профилем настила, встроенные в плиту асимметричные двутавровые балки и каркасные стены с внутренней изоляцией



Описание

Стальной настил высокого сечения может быть спроектирован с учетом совместной работы с бетонной плитой для получения общей высоты перекрытия, как правило, до 300 мм. Пролёты до 6 м могут перекрываться без применения промежуточных опор. Профиль настила, как правило, имеет высоту от 190 до 225 мм, в зависимости от нагрузок. Минимальная толщина бетона над настилом составляет от 70 до 90 мм, в зависимости от требований огнестойкости.

В системе перекрытий CorusSlimdek используются стандартные двутавровые балки или колонный двутавр/профиль HE с приваренной снизу пластиной для опирания высокого профнастила SD225, как изображено на рисунке 3.7. Данная система широко применяется в жилищном секторе в Великобритании и Нидерландах. Контурные балки могут быть запроектированы с прямоугольным сечением и приваренной снизу пластиной для более эстетичного внешнего вида и упрощения узлов, а также для повышения сопротивления балки кручению.

HoeschAdditif представляет собой систему с применением стального настила высокого профиля, в которой арматурные стержни приварены к верхнему поясу профилей IPE или HE, на который также укладывается стальной настил (см. рисунок 3.8). Данная система часто применяется на автомобильных парковках с пролётами до 5,5 м.

В системе Cofradal применяется стальной лоток с минеральной ватой высокой плотности, непосредственно на которую укладывается бетон. Такое перекрытие имеет толщину 200 мм, и пролёт в жилых домах может достигать 6 м.

Основные критерии проектирования

Тяжёлые композитные плиты могут перекрывать большие пролёты, поэтому основным критерием проектирования является способность настила воспринимать нагрузки во время бетонирования без необходимости применения временных опор. Перекрываемые пролёты без промежуточных опор:

- настил высотой 225 мм — пролёт до 6 м для плит толщиной 300 мм;
- настил высотой 190 мм — пролёт до 5,4 м для плит толщиной 270 мм.

Для обеспечения высокой огнестойкости необходимо дополнительное стержневое армирование. В конструкциях с промежуточными опорами существует возможность перекрытия пролётов до 9 м. С целью обеспечения приемлемой эксплуатационной надёжности рекомендуемое соотношение между пролётом и толщиной плиты может достигать 25 при соответствующем армировании.

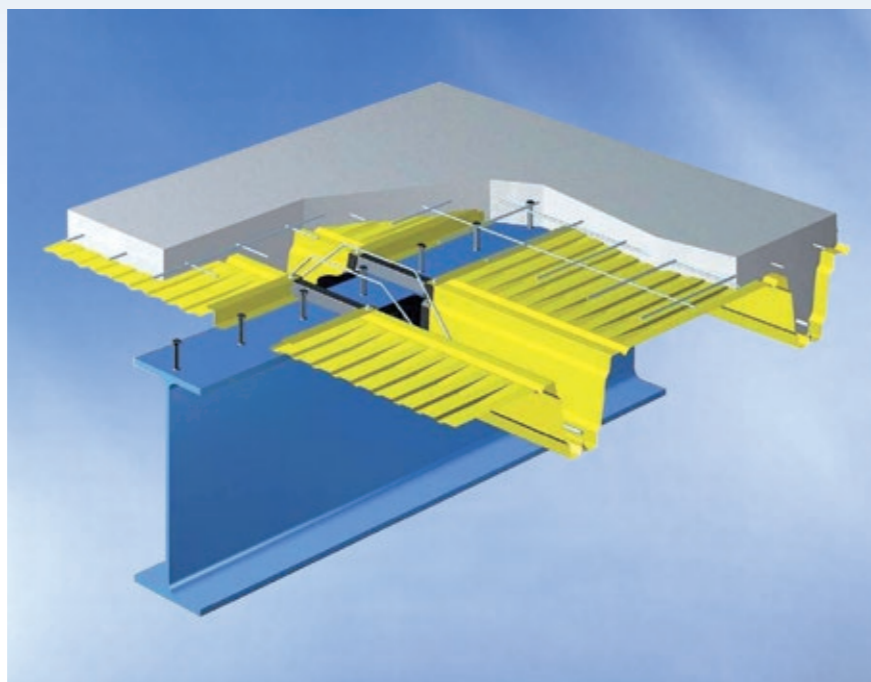


Рисунок 3.8 Изображение конструкции перекрытия Hoesch Additif, по стальному каркасу

Преимущества

- Жёсткая и надежная конструкция.
- Возможность перекрытия больших пролётов (до 6 м без промежуточных опор).
- Высокая звукоизоляция и огнестойкость.
- Небольшая общая высота перекрытия в сочетании с тонким покрытием пола и встроенными в перекрытие балками.
- Свобода при планировании внутреннего пространства помещений.

Огнестойкость

Следующие требования могут быть учтены при эскизном проектировании тяжёлых композитных плит со стержневой арматурой в гофрах настила:

Огнестойкость (минуты)	Минимальная толщина плиты над настилом	Минимальный диаметр арматуры	Минимальное количество арматуры в плите
30	60 мм	диаметр 12 мм	A142
60	70 мм	диаметр 16 мм	A193
90	90 мм	диаметр 20 мм	A252

A193 = 193 мм²/м арматура в обоих направлениях

Таблица 3.3 Требования к огнестойкости тяжёлых композитных плит

Звукоизоляция

Тяжёлые композитные плиты обеспечивают эффективное снижение уровня шума более 60 дБ. Необходимо проектировать дополнительные элементы изоляции в местах стыка между перекрытием и стенами.

Общая высота перекрытия

Общая высота перекрытия, как правило, составляет от 400 до 500 мм с учётом звукоизоляции и подвесного потолка. Применение встроенных в перекрытие балок предполагает независимую от конструкции расстановку внутренних перегородок.

04 Стеновые системы

В данном разделе описываются разные виды внутренних и внешних стен с применением лёгких металлоконструкций. Характеристики каждой стеновой системы описаны вместе с рекомендациями по решению важных вопросов проектирования. Теплоизоляционные характеристики ограждающих конструкций представлены в разделе 7.

Стены могут быть запроектированы с каркасом из тонкостенных профилей и выполнять функцию несущей конструкции, а также в виде несущих элементов, прикрепляемых к основному несущему каркасу. Существуют три вида стен с конструкциями из тонкостенных стальных профилей:

- Несущие стены.
- Каркасные стены с внутренним утеплителем, к которым прикрепляется наружная отделка.
- Разделительные стены и внутренние не несущие перегородки.

Несущие стены с каркасом из тонкостенных профилей могут применяться для опоры перекрытий из тонкостенных стальных профилей и изготавливаются из балок С-образного сечения или из кассетных панелей перекрытия.

Также, композитные плиты могут опираться по периметру на балки С-образного сечения. Несущие лёгкие стальные стены применяются в зданиях высотой до 8 этажей.

Каркасные стены с внутренним утеплителем применяются в конструкциях из стали или бетона и предназначены для крепления ограждающих конструкций, а также для восприятия ветровых нагрузок. Они могут быть изготовлены в заводских условиях или на строительной площадке.

Аналогичная технология может применяться для внутренних разделительных стен и перегородок.

Несущий каркас из тонкостенных стальных профилей

Внешние каркасные стены со встроенным утеплителем

Разделительные стены и перегородки



Рисунок 4.1 Монтаж лёгкой стены с внутренним утеплителем к несущему основному каркасу Kingspan Architectural

Несущий каркас из тонкостенных стальных профилей



Рисунок 4.2 Блочный монтаж связевого каркаса из тонкостенных стальных профилей в жилом здании Fusion Building Systems

Описание

Несущие стены лёгкой каркасной конструкции изготавливаются из балок С-образного сечения высотой от 70 до 150 мм и толщиной стенки профиля от 1,6 до 2,4 мм, образующих плоские стеновые каркасы. Наиболее распространён блочный монтаж, при котором стены устанавливаются на перекрытия, выступающие в роли рабочей площадки. Применение укрепленных связями стеновых панелей показано на рис. 4.2. Нагрузки передаются непосредственно через стены, а перекрытия, как правило, опираются на балки Z-образного сечения, расположенные в плоскости нижележащей стены.

Стойки каркаса стен (вертикальные элементы С-образного сечения) размещаются с шагом 300, 400 или 600 мм в соответствии со стандартными размерами гипсокартонных листов от 1,2 до 2,4 м. В общем случае, в стеновой панели используется элементы С-образного сечения с одинаковой толщиной стенок профиля, при этом в местах повышенных нагрузок и у проёмов, шаг несущих элементов может сгущаться. Применение двухслойных разделительных стен является более предпочтительным, однако, в некоторых случаях, при отсутствии размещаемого в стенах инженерного оборудования могут применяться и однослойные стены.

Несущие стены из тонкостенных стальных профилей обычно выполняются в трёх вариантах:

- Двухслойные стены с изоляцией из минеральной ваты или стекловаты между элементами С-образного сечения и два слоя гипсокартона, которые располагаются по внешним сторонам стены.
- Двухслойные стены, как и описанные выше, но с жёсткой теплоизоляционной панелью, которая устанавливается между слоями отделки.
- Однослойные стены, в которых используются элементы С-образного сечения высотой не менее 100 мм с упругими монтажными скобами, закрепленными на внешней стороне С-образного профиля, минеральной ватой между С-образными профилями и двумя слоями гипсокартона (закрепленными на упругих стержнях).

Указанные конструкции изображены на рис. 4.3. Двухслойные стены применяются, в основном, для разделительных стен. В эскизном проекте для данных стен может назначаться общая толщина 300 мм. В отдельных случаях могут применяться однослойные стены, и их толщина может составлять до 150 мм.

Стена на основе элементов С-образного сечения (высота x ширина x толщина)	Расчётная высота стены (м)	Предельное сопротивление поперечного сечения стены		Сопротивление продольному изгибу (кН)	Сопротивление продольному изгибу с учётом внецентренного нагружения (кН)
		Сопротивление изгибу (кНм)	Сопротивление центральному сжатию (кН)		
70 x 45 x 1,2	2,5	1,4	58	32	18
70 x 45 x 1,2	3,0				
100 x 45 x 1,6	2,5	3,1	89	53	29
100 x 45 x 1,6	3,0				

Примечание: сопротивление продольному изгибу с учётом внецентренного сжатия предполагает наличие эксцентриситета приложенной нагрузки.

Таблица 4.1 Справочные данные о прочностных характеристиках стоек несущих каркасных стен с применением элементов С-образного сечения.

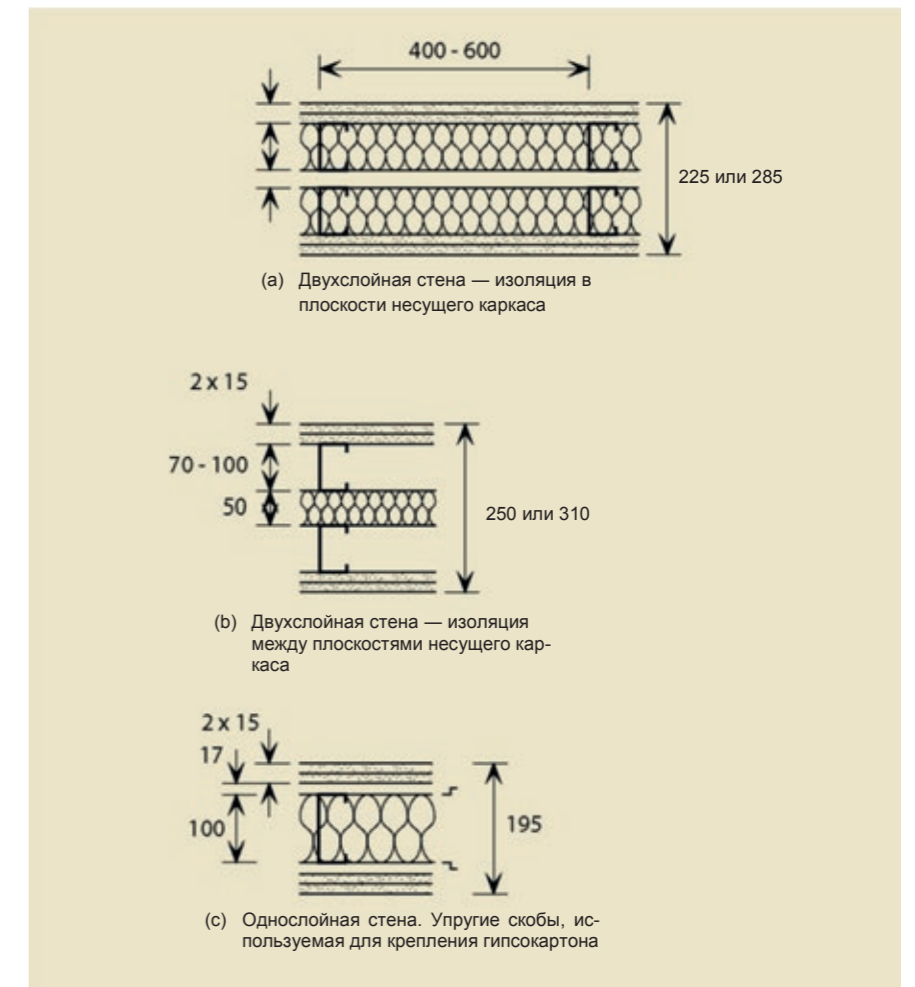


Рисунок 4.3 Различные виды несущих стен из тонкостенных стальных профилей

Основные критерии проектирования

Несущие стены в конструкциях из тонкостенных стальных профилей рассчитываются на воздействие комбинации усилий от сжатия и изгиба в результате действия в нецентральной нагрузки, передаваемой от перекрытий. В многоэтажных зданиях, как правило, достаточно использование элементов С-образного сечения высотой 100 мм и толщиной стенок профиля 1,6 мм при их установке с шагом от 300 до 600 мм, а для двухэтажных зданий возможно применение элементов С-образного сечения меньшего размера (70x1,2 мм).

Сопротивление сжимающим усилиям, действующим в стенах с каркасом из элементов С-образного сечения, зависит от их прочности при продольном изгибе с учетом эксцентриситета осевой силы и подкрепляющего эффекта панелей отделки. Сопротивление сжатию большинства С-образных профилей определяется продольным изгибом относительно главной оси инерции; продольный изгиб относительно "слабой" оси ограничивается промежуточными связями или раскреплением панелями отделки. Данные о сопротивлении сжимающим усилиям для элементов С-образного сечения представлены в таблице 4.1. В случаях, когда вертикальная сила действует на стену внецентренно (например, при передаче нагрузки от перекрытия, опирающегося на элементы Z-образного сечения, расположенные поверх стеновых панелей), в таблице 4.1 учтён понижающий коэффициент одновременного действия изгиба и сжатия.

Для восприятия горизонтальных сил стены могут быть усилены связями следующими способами:

- Встроенные К- или W-образные связи (раскосы), передающие на элементы каркаса стен растягивающие, либо сжимающие усилия.
- Внешние X-образные связи из полосового проката, работающие на растяжение.
- Эффект диафрагмы, создаваемый обшивкой панелями, например, фанерой или цементно-стружечной плитой.

В общем случае, X-образные связи являются более эффективными для более высоких зданий, а стеновая панель площадью 2,4 м² со встроенными X-образными связями может воспринимать горизонтальное усилие величиной до 20 кН.

Различные виды отделки могут крепиться через внешнюю изоляцию, которая применяется для создания «теплого каркаса», как показано в разделе 7. Данная технология может применяться в адаптированном виде при производстве конструкций бесчердачных крыш.

Преимущества

- Стеновые панели можно производить любых размеров и для любых нагрузок.
- Возможно устройство больших проёмов для окон.
- Небольшие стеновые панели (обычно до 2,4 м²) можно поднимать вручную.
- Большие стеновые панели можно поднимать с помощью крана, что снижает время установки.
- Встроенные в стены связи можно устанавливать во время сборки на заводе.
- Технологичный монтаж без отходов.

Огнестойкость

Предел огнестойкости несущих стен определяется отделкой гипсокартоном. Критическая температура стоек каркаса стены может быть равна 400 С° при оценке противопожарной безопасности здания. Также известно, что использование элементов, необходимых для обеспечения звукоизоляции, позволяет увеличить предел огнестойкости панелей до 60 минут.

Звукоизоляция

Эффективная изоляция стен из тонкостенных стальных профилей от воздушного шума обеспечивается узлами, показанными на рисунке 4.3.

Ограждающие каркасные стены с внутренним утеплителем

Рисунок 4.4 Стены с каркасом из тонкостенных стальных профилей

Описание

Ненесущие каркасные стены с внутренним утеплителем и рассчитываются на ветровую нагрузку и собственный вес ограждения. Также они являются основой для внешней и внутренней отделки.

Существуют два основных типа каркасных стен с внутренним утеплителем:

- Стойки С-образного сечения монтируются на площадке и прикрепляются наверху – к балке перекрытия, внизу – непосредственно к плите.
- Стеновые панели заводского изготовления высотой в один этаж. Они прикрепляются снаружи несущего каркаса здания и могут крепиться к колоннам или перекрытиям, как изображено на рисунке 4.1.

Пример применения лёгких каркасных стен в сочетании с основным стальным каркасом представлен на рисунке 4.4. В стенах с внутренним утеплителем также применяются элементы С-образного сечения прорезанными отверстиями по стенке и полкам, как описано в разделе 7, что обеспечивает более высокий уровень теплоизоляции. В верхней части каркасной стены с внутренним утеплителем предусматриваются податливые соединения, обеспечивающие перемещение стеновой панели относительно несущей конструкции. При этом податливость соединения зависит от материала основного каркаса (сталь, бетон, кирпич). Также существуют каркасные стены с применением кирпича. Кирпичная стена, как правило, опирается на фундамент и крепится на каркасе из уголков из нержавеющей стали к основному каркасу. Как правило, к каркасным стенам с внутренним утеплителем крепятся облегченные фасадные системы.

Основные критерии проектирования

Стены с внутренним утеплителем рассчитываются, в первую очередь на ветровую нагрузку с учетом вертикальной нагрузки от собственного веса стены и отделки. Большие сборные панели могут крепиться как к колоннам, так и к конструкциям перекрытий, как изображено на рисунке 4.4. Давление ветра определяется согласно стандарту EN 1991-1-4 в зависимости от расположения, высоты и ориентации здания. Панели на углах зданий, выходящие на юг или запад, являются наиболее ответственными при проектировании.

Перемещения зависят от типа опоры, при этом, для балок с пролётом до 5 м, устанавливаются следующие минимально допустимые значения перемещений:

- 10 мм — для зданий со стальным каркасом или уже возведённых железобетонных зданий;
- 20 мм — для проектируемых железобетонных зданий.

Верхняя часть стеновой панели обычно усиливается специальными скобами, размещаемыми с шагом не более 600 мм с внутренней стороны панели. Скобы рассчитываются на усилия от отрицательного давления ветра и должны позволять вертикальное перемещение панели.

Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Стеновые панели можно производить любых размеров и для любых нагрузок. • Возможно устройство больших проёмов для окон. • Небольшие стеновые панели (обычно до 2,4 м²) можно поднимать вручную. • Большие стеновые панели можно поднимать с помощью крана, что снижает время установки. • Встроенные в стены связи можно устанавливать во время сборки на заводе. • Технологичный монтаж без отходов.
Огнестойкость	Огнестойкость наружной стены должна быть достаточной, чтобы предотвратить пропускание дыма или огня между этажами. Как правило, требуется предел огнестойкости 30 или 60 минут, который достигается применением одного или двух слоёв огнестойкого гипсокартона толщиной 12 мм. На обвязочных балках должны быть установлены специальные детали, которые допускают относительное вертикальное перемещение. В некоторых случаях стены проектируются таким образом, чтобы обеспечить огнезащиту обвязочных балок.
Звукоизоляция	Требования к звукоизоляции для внешних стен зависят, в основном, от типа используемой отделки. Как правило, звукопоглощение величиной до 30 дБ достигается внешними стенами с облегчённой отделкой.
Общая толщина стены	Общая толщина внешних стен зависит от необходимого уровня теплоизоляции и типа отделки. Рекомендации представлены в разделе 7. Ограждение из кирпичных стен обычно опирается на фундамент к уровню земли и крепится к основному несущему каркасу.

Разделительные стены и перегородки



Рисунок 4.5 Гипсокартон, прикреплённый к разделительной стене в месте установки X-образной связи

Описание

Разделительные стены — это внутренние стены, необходимые для разделения объема между разными частями здания или между квартирами. Часто эти стены требуются для ограничения распространения пожара. Разделительные стены могут также выполнять несущую функцию, как описывалось ранее.

Перегородки представляют собой ненесущие стены, которые не выполняют функцию звукоизоляции или ограничения пожара. Перегородки могут быть демонтированы без ущерба для несущей способности здания.

Стальные элементы C-образного профиля, которые используются для возведения разделительных стен и перегородок, имеют высоту сечения 55–100 мм при толщине стенок профиля 0,55–1,5 мм, в зависимости от высоты стены и нагрузки.

В общем случае, разделительные стены выполняются в двух вариантах, как изображено на рисунке 4.3:

- Двухслойные стены с двумя слоями гипсокартона, прикрепляемого непосредственно к полкам C-профилей.
- Однослойные стены с двумя слоями гипсокартона, прикреплённого к упругим скобам, которые соединены с полками C-профиля.
- В верхней части стены устанавливаются детали, компенсирующие перемещение (прогибы) элементов каркаса.

Основные критерии проектирования

Необходимые акустические показатели достигаются с помощью дополнительных слоёв отделки. Монтаж перегородки вместе установки крестовой связи показан на рисунке 4.6. Двухслойная стена менее чувствительна к акустическим потерям из-за отверстий в стенках C-профилей для пропуска коммуникаций, нежели однослойная стена.

Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Использование лёгких разделительных стен значительно ускоряет монтаж здания. • Эффективная изоляция от воздушного шума. • Расположение всех не несущих стен из тонкостенных стальных профилей можно менять в процессе эксплуатации здания. • Минимальное использование материалов и минимальное количество отходов на площадке. • Собственный вес менее 0,5 кН/м² на единицу площади пола.
Огнестойкость	Ненесущие стены, которые соответствуют требованиям к акустическим характеристикам, также, в общем случае, обеспечивают предел огнестойкости минимум 60 минут.
Звукоизоляция	Разделительные стены, разработанные для снижения уровня воздушного шума до 52 дБ без поправочного коэффициента на низкие частоты, либо 45 дБ с учетом поправочного коэффициента на низкие частоты. Применяемые элементы разделительной стены представлены на рисунке 4.3.
Общая толщина стены	Толщина разделительных стен и перегородок, которая может быть принята на стадии эскизного проекта: <ul style="list-style-type: none"> • Двухслойная разделительная стена: 300 мм. • Однослойная разделительная стена: 200 мм. • Перегородки: 100 мм.

05 Основной несущий каркас

В данном разделе описываются различные виды стальных конструкций, которые могут применяться в многоэтажных жилых зданиях. Описываются характеристики несущих стальных элементов и их совместная работа с системами перекрытий и стен, описанными выше.

Для многоэтажных жилых зданий свободной планировки предпочтительным вариантом несущего каркаса являются стальные конструкции. В данной главе рассматриваются разные виды стального каркаса:

- Стальной каркас со сборными железобетонными плитами.
- Каркас с композитным сталежелезобетонным перекрытием.
- Перекрытия со встроенными балками или конструкция перекрытия малой высоты.
- Стальные балки со встроенным в монолитную плиту нижним поясом.

Балки стального каркаса обычно размещаются в плоскости раздели-

тельных стен. При использовании встроенных в перекрытие балок, внутренние стены могут располагаться свободно в плане и не зависеть от высоты балки перекрытия (рисунок 5.1). Встроенные балки могут использоваться в сочетании с разными системами перекрытий, в том числе в композитных плитах высокого профиля, со сборными железобетонными плитами и со второстепенными балками перекрытия из тонкостенных стальных профилей.

Для колонн используются профили HE/UC или гнуто-сварные элементы квадратного сечения (SHS), которые, как правило, проектируются не более толщины разделительной стены.

Стальной каркас со сборными железобетонными плитами

Стальной каркас с композитным сталежелезобетонным перекрытием

Перекрытия со встроенными балками или конструкция перекрытия малой высоты

Стальные балки со встроенным в монолитную плиту нижним поясом



Рисунок 5.1 Стальной каркас из балок с профилем ASB и стальным настилом высокого профиля

Стальной каркас со сборными железобетонными плитами



Рисунок 5.2 Применение сборных железобетонных плит, опирающихся на стальные балки

Описание

Сборные железобетонные плиты перекрытий опираются на верхний пояс стальных балок и, в некоторых случаях, могут быть запроектированы с учётом совместной работы со стальными балками с помощью стад-болтов, которые заранее привариваются к верхней полке балки, как показано на рисунке 5.2. Для обеспечения необходимой ширины опирания верхняя полка должна быть не менее 190 мм. Поэтому, как правило, используются высокие профили с широкой полкой IPE/UB или HE/UC.

Сборные железобетонные плиты могут выполняться в двух вариантах:

- Сплошные плиты (толщиной 50-100 мм), на которые укладывается бетонная стяжка и которые обычно проектируются с учётом совместной работы со стальными балками. Величины перекрываемых пролётов находятся в диапазоне от 2,5 до 4 метров.
- Многopустотные плиты (толщиной 150-250 мм), которые обычно не рассчитываются на совместную работу с балками каркаса, однако, могут работать совместно со слоем бетонной стяжки. Перекрываемые пролёты от 5 до 9 метров.

Сборные железобетонные плиты также можно использовать со встроенными в перекрытие балками, как будет описано ниже.

Основные критерии проектирования

При проектировании балок стального каркаса особое внимание уделяется строительным допускам к ширине пояса балки, чтобы не уменьшалась ширина опирания плиты. При учёте совместной работы с плитой, большое значение имеет размер бетонируемого пространства вокруг стад-болтов (и зазор между торцами плит – прим. пер.). По этим причинам, сборные плиты часто применяют для больших пролётов, когда по расчёту требуются балки с широкими поясами.

Бетонная стяжка (минимум 60 мм) обычно требуется для повышения звукоизоляции в жилых зданиях, а также для повышения огнестойкости и надёжности конструкций. Как правило, стяжку проектируют с арматурной сеткой.

Преимущества

- Балки и плиты больших пролётов.
- Строительный процесс заключается в монтаже преимущественно сборных элементов.
- Эффективная звукоизоляция.
- Балки перекрытий могут быть встроены в разделительные стены.

Огнестойкость

Сборные железобетонные плиты могут иметь предел огнестойкости до 90 минут без стяжки и до 120 минут со стяжкой и дополнительным армированием монолитных участков.

Требуемая огнестойкость стальных балок достигается:

- Отделкой гипсокартоном.
- Напылением специального огнезащитного состава.
- Применением вспучивающихся покрытий.

Звукоизоляция

Сборные железобетонные плиты со стяжкой обеспечивают эффективное снижение воздушного шума.

Нагрузки и прогибы

Стальные балки, на которые опираются сборные железобетонные плиты, проектируются с относительно большой высотой, при этом показатель отношения пролёта к высоте сечения балки приблизительно равен 18. Прогиб от полезной нагрузки ограничивается отношением 1/360 от пролёта.

В эскизном проекте с применением стального каркаса и многopустотных плит перекрытия полная высота профиля перекрытия может назначаться в соответствии с таблицей 5.1

Таблица 5.1 Общая высота профиля перекрытия с конструкцией стального каркаса и многopустотных плит

Пролёт балки (м)	Пролёт плиты (м)	Общая высота перекрытия (мм)
6	6	600
8	6	700
8	8	800
10	6	800

Стальной каркас с композитным сталежелезобетонным перекрытием



Рисунок 5.3 Композитное сталежелезобетонное перекрытие с применением перфорированных балок

Описание

Композитные сталежелезобетонные плиты перекрытий опираются на верхний пояс стальных балок и проектируются с учётом совместной работы с балками. Совместная работа обеспечивается посредством устройства специальных анкеров (стад-болтов), которые обычно привариваются к балкам на строительной площадке. Композитные балки широко применяются во всех сферах строительства, в частности, при строительстве жилых зданий, где пролёты конструкций относительно небольшие (от 5 до 9 м). Совместная работа плиты и балки значительно увеличивают несущую способность и жёсткость перекрытия (а значит, снижает металлоёмкость – прим. пер.).

Пролёты плит перекрытий зависят от высоты стального настила и от наличия или отсутствия временных промежуточных опор на стадии возведения. Обычно перекрываются пролёты от 3 м для профилей высотой 50-60 мм и до 4-4,5 м для профилей высотой 80-100 мм (см. раздел 3).

Основные критерии проектирования

При проектировании композитной конструкции важной задачей является снижение высоты профиля перекрытия без значительного снижения жёсткости конструкции. В этих целях, для перекрытия пролётами 5-9 м в жилом здании часто применяются прокатные профили HE/UC, у которых относительно невысокий профиль (в отечественной классификации это соответствует колонным и широкополочным двутаврам – прим. пер.). Снизу балки закрываются подвесным потолком или встраиваются в разделительные стены.

В общем случае, плиты и балки проектируются без учёта временных промежуточных опор, что, соответственно, предполагает тщательный подбор профиля стального настила для условий монтажа (см. таблицу 3.2). Стальные балки могут быть перфорированными для прокладки инженерных коммуникаций, как изображено на рисунке 5.3. Стальные балки значительных пролётов могут быть применены в конструкциях стилобатной части здания, на которую опирается стальная конструкция из тонкостенных профилей верхних этажей.

Преимущества

- Высокая жёсткость конструкции при относительно невысоком профиле.
- Профили HE/UC позволяют значительно снизить общую высоту профиля перекрытия.
- Эффективная звукоизоляция.
- Балки могут размещаться в плоскости разделительных стен для снижения общей высоты перекрытия.
- Композитные балки значительных пролётов могут быть использованы в конструкциях стилобатной части здания, например, над автомобильной парковкой.



Пролёт главной балки (B)	Пролёт второстепенной балки (A)			
	6 м	8 м	10 м	12 м
5 м	IPE 240	IPE 300	IPE 360	IPE 450
6 м	IPE 240	IPE 330	IPE 400	IPE 450
7 м	IPE 270	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 м*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

* необходимо использовать настил высотой 80 мм и плиту высотой 150 мм

(а) Размеры второстепенных балок

Пролёт главной балки (B)	Пролёт второстепенной балки (A)			
	6 м	8 м	10 м	12 м
5 м	IPE 270	IPE 300	IPE 330	IPE 400
6 м	IPE 270	IPE 300	IPE 360	IPE 450
7 м	IPE 300	IPE 330	IPE 400	IPE 500
8 м*	IPE 300	IPE 360	IPE 450	IPE 550

(б) Размеры главных балок

Таблица 5.2 Справочные таблицы профилей балок композитного перекрытия

Огнестойкость

Предел огнестойкости композитных плит составляет до 120 минут при наличии верхней арматурной сетки в случаях, когда плита работает, как неразрезная с одной или двумя промежуточными опорами. Дополнительные арматурные стержни могут быть установлены в гофра настила на участках со значительной нагрузкой (например, в технических помещениях). Огнестойкость балок обеспечивается так же, как в случае применения сборных железобетонных плит.

Звукоизоляция

Эффективная звукоизоляция композитных плит достигается при условии использования подходящего виброизолирующего покрытия пола. Ответственным участком при этом является место стыка стальных балок с разделительными стенами, где зазор должен заполняться минеральной ватой для снижения потерь звукоизоляции.

Отношение нагрузка/пролёт

Стальные балки, поддерживающие композитные плиты, как правило имеют невысокий профиль, при этом отношение пролёта к высоте профиля балки приблизительно равно 24. Балки сталежелезобетонного перекрытия обладают значительной жёсткостью и устойчивостью в том числе в условиях вибрационных нагрузок. При проектировании важно ограничивать прогибы балок, которые не должны превышать 1/200 от пролёта. Основной нагрузкой при монтаже, определяющей максимальный прогиб стальных балок, является собственный вес укладываемой бетонной смеси. Справочные данные, указанные в таблице 5.2, могут быть использованы при проектировании композитных балок с композитными плитами высотой сечения 130 мм и настилом высотой 60 мм (кроме случаев, обозначенных *).

Перекрытия со встроенными балками или конструкция перекрытия малой высоты

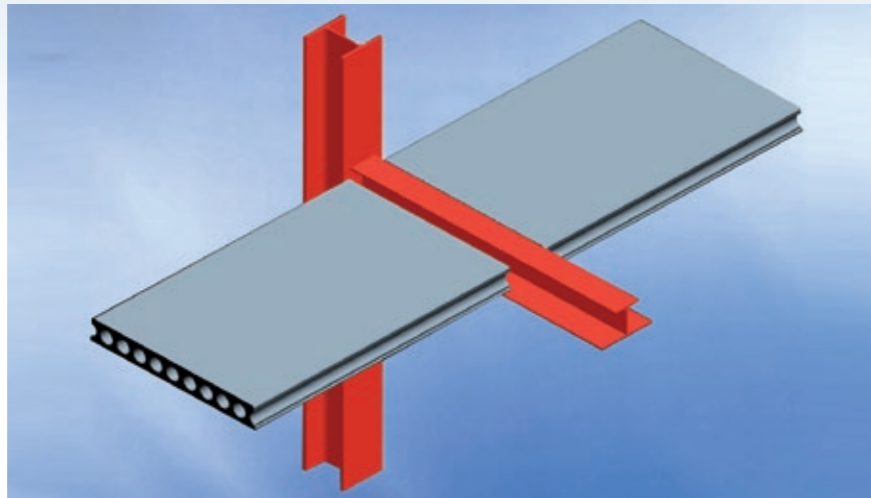


Рисунок 5.4 Встроенные балки, поддерживающие сборные железобетонные плиты

Описание	<p>Перекрытия со встроенными балками (также известные как конструкция перекрытия малой высоты) состоят из сборных железобетонных плит или композитных плит с высоким настилом, при этом балка и плита располагаются в одном уровне. Для балок используются различные виды профилей:</p> <ul style="list-style-type: none"> Профили HE или UC с приваренной снизу пластиной. Профили IPE, разрезанные вдоль продольной оси с приваренной снизу пластиной. Прокатные балки (ASB) с асимметричным поперечным сечением. Профиль прямоугольного сечения с приваренной снизу пластиной (часто используется для обвязочных балок). <p>В случаях, когда на стальные балки опираются многопустотные сборные плиты, как показано на рисунке 5.4, они имеют пролет больший, чем пролет балки. Поэтому высота сечения плиты соизмерима с высотой балки. Поверх плиты обычно устраивается бетонная стяжка. При расчёте балок основной задачей является минимизация высоты ее сечения.</p>
Основные критерии проектирования	<p>При проектировании балок, встроенных в перекрытие, при наличии сборных плит, целесообразно назначать пролёты плит до 9 м, а пролёты балок — от 6 до 7,5 м. Важным расчётным случаем при проектировании является неравномерное нагружение двух соседних пролётов при бетонировании, когда на балку действует крутящий момент. Пролёт встроенных в перекрытие балок, поддерживающих композитные плиты с высоким настилом, может составлять до 9 м при пролете самих плит до 6 м.</p>
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> Высокая скорость строительства. Нет ограничений по высоте здания при соответствующих мер по обеспечению устойчивости. Значительные пролёты балок создают возможность для открытой планировки и размещения внутренних стен. Встроенные в перекрытие балки или балки перекрытия пониженного профиля позволяют значительно снизить высоту сечения перекрытия.
Огнестойкость	<p>Предел огнестойкости встроенных в перекрытие балок или балок перекрытия пониженного профиля при частичной заделке стальной балки в бетоне достигает 60 минут. Дополнительные меры защиты от огня могут потребоваться для нижнего пояса балки. В этом случае используются:</p> <ul style="list-style-type: none"> Щитовая отделка, например, гипсокартоном. Защита вспучивающимся покрытием, которое наносится на площадке или на заводе. Щитовая отделка наиболее рациональна для защиты стальных колонн. Вспучивающиеся покрытия защищают контур сечения элемента и обладают малой толщиной (1-2 мм). Данные покрытия могут наноситься вне площадки.

Звукоизоляция	<p>Встроенные в перекрытие балки с многопустотными сборными плитами и стяжкой так же, как и композитные балки с композитными плитами с настилом высокого профиля создают эффективную звукоизоляцию. В отдельных случаях требуются дополнительные меры по повышению звукоизоляции и огнестойкости.</p>
Нагрузки и прогибы	<p>Размеры встроенных в перекрытие балок с приваренной к нижнему поясу пластиной толщиной 12 мм, на которые опираются пустотные бетонные плиты, представлены в таблице 5.3. Размеры ASB-балок, поддерживающих композитные плиты с настилом высокого профиля, представлены в таблице 5.4. Общая высота перекрытия с учетом слоев звукоизоляции составляет 350-450 мм.</p>

(а) Вид перекрытия сверху	(б) Поперечное сечение балки	(в) Минимальная высота профиля сборных железобетонных плит										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A (m)</th> <th>D_s</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 6</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>≤ 7</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>≤ 8</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>≤ 10</td> <td>320</td> </tr> </tbody> </table>	A (m)	D _s	≤ 6	150	≤ 7	200	≤ 8	250	≤ 10	320
A (m)	D _s											
≤ 6	150											
≤ 7	200											
≤ 8	250											
≤ 10	320											

Пролёт плиты (A)	Пролёт балки (B)		
	6 м	8 м	10 м
6 м	HE 220A	HE 280A	HE 300B
7 м	HE 240A	HE 280B	HE 320B
8 м	HE 240B	HE 300B	HE 340B

Высота сечения плиты при определении указанных в таблице данных принималась с условием отсутствия промежуточных временных опор

Таблица 5.3 Справочные данные по встроенным в перекрытие балкам, поддерживающим сборные железобетонные плиты

(а) Вид перекрытия сверху	(б) Поперечное сечение ASB-балки

Пролёт плиты (A)	Пролёт балки (B)		
	6 м	8 м	10 м
6 м	280 ASB 100	280 ASB 136	300 ASB 196
7 м	280 ASB 100	300 ASB 153	300 ASB 249
8 м	280 ASB 136	300 ASB 153	300 ASB 249

Таблица 5.4 Справочные данные по двутавровым балкам асимметричного поперечного сечения, поддерживающим композитные плиты с высоким настилом

Стальные балки со встроенным в монолитную плиту нижним поясом



Рисунок 5.5 Балки с нижним поясом, встроенным в монолитную плиту (Slimline)

Описание	Стальные балки со встроенным в монолитную плиту нижним поясом применяются в системах Slimline и представляют собой балки двутаврового сечения типа IPE (нормальный балочный профиль по отечественной классификации – прим. пер.), погруженные нижней полкой в бетонную плиту. Полка таким образом располагается в нижней части перекрытия. Пространство между балками, которые размещаются с шагом 600 мм, может использоваться для прокладки инженерных коммуникаций в перекрытии. Сверху перекрытие закрывается щитовой отделкой или лёгкой композитной плитой.
Основные критерии проектирования	Система Slimline производится на заводе в виде отправочных марок шириной до 2,4 м, состоящих из уже залитых бетоном второстепенных балок, которые монтируются на строительной площадке сверху на главные балки перекрытия. Важным фактором при проектировании является суммарная высота профилей второстепенных и главных балок, равно как и возможность скрыть главные балки в разделительных стенах. Максимальный пролёт перекрытия в данной системе может составлять до 12 м в зависимости от профиля выбранной балки. Толщина бетонной плиты обычно составляет 70-100 мм, инженерные коммуникации и освещение могут быть встроены в перекрытие.
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Сборная система перекрытия с большими пролётами. • Исключение «мокрых» процессов при строительстве • Бетонная плита образует ровную поверхность потолка. • Коммуникации могут быть размещены между балками.
Огнестойкость	Система Slimline обладает хорошими характеристиками огнестойкости, благодаря сплошной бетонной поверхности перекрытия снизу. Предел огнестойкости плиты толщиной 100 мм обычно составляет 90 минут. Второстепенные балки могут быть защищены от воздействия огня, однако, во многих случаях верхняя отделка перекрытия ограничивает вероятность прямого огневого воздействия на конструкцию, что позволяет не защищать балки дополнительно. Главные балки перекрытия должны быть защищены по проекту огнезащиты.
Звукоизоляция	Данная система обеспечивает отличную звукоизоляцию при условии эффективной отделки соединений между сборными плитами.
Нагрузки и прогибы	Максимальное отношение пролёта к высоте профиля перекрытия составляет приблизительно 18. Оптимальный пролёт плиты перекрытия составляет 8-10 м при общей высоте сечения перекрытия 500-600 мм без учёта главных балок.

06 Модульные системы

В данном разделе описываются различные виды модульного строительства, основанного на монтаже объёмных сборных типовых блоков здания. Эти блоки могут быть разработаны отдельно или входить в состав «гибридной» конструкции совместно с основным стальным каркасом (рассмотрено в следующих разделах).

В модульных конструкциях используются объёмные несущие элементы, которые создают несущую конструкцию высотой до 8 этажей. Отдельные блоки здания производятся в заводских условиях с габаритными размерами, подходящими для транспортировки и монтажа.

Наиболее эффективно модульное строительство применяется при возведении отелей, студенческих общежитий и социального жилья, как показано на рисунке 6.1, где можно достичь наибольшей эффективности типового производства.

Существуют три вида модульного строительства:

- Модульное строительство с применением несущих блоков.
- Модульное строительство с применением основного стального каркаса.
- Монтаж малогабаритных несущих блоков для санузлов и т.д.

Ниже приводятся примеры использования указанных видов модулей в строительстве, кроме мелкогабаритных блоков из-за их небольших размеров и ограниченного функционала.

Модульное строительство

Каркасно-модульное строительство



Рисунок 6.1 Модульное жилое здание со встроенными балконами ANMA Architects & Yorkon

Модульное строительство



Рисунок 6.2 Типовой несущий модульный блок здания Terrapin

Описание

Существуют три вида модульных конструкций:

- Блоки здания, в которых вертикальные усилия передаются по стенам на нижележащий блок (см. рисунок 6.2).
- Блоки здания с полностью или частично открытыми боковыми сторонами, где вертикальные усилия передаются на балки и угловые стойки (см. рисунок 6.3).
- Ненесущие блоки здания, опирающиеся на перекрытия или дополнительный каркас.
- Существует множество «гибридных» видов модульного строительства, когда блоки здания комбинируются с другими элементами конструкции, например:
- Блоки здания на стальных или бетонных опорах с возможностью использовать открытое пространство под ними в коммерческих целях или как автомобильную парковку.
- Блоки здания, устанавливаемые совместно с панелями перекрытий и стенами.

В конструкциях блоков применяются каркасы стен и перекрытий из тонкостенных профилей, а также угловые стойки квадратного или L-образного сечения. Их описание приводится в разделе 3 как конструкции для стен и перекрытий.

Основные критерии проектирования

Основными критериями проектирования при выборе модульной конструкции являются:

- Возможность применения блоков для типовых ячеек здания.
- Требования к транспортированию и монтажу.
- Возможность создания возможности планировки помещений.
- Высота здания и необходимость создания больше пролётного пространства, в частности, на первом этаже.

Блоки здания производятся шириной от 2,7 до 4,2 м, что является максимально допустимым значением для перевозки по большинству автодорог. Внутренние размеры до 3,6 м являются наиболее часто используемыми в жилищном строительстве (внешний размер 3,8 м). Могут применяться блоки здания длиной до 12 м, хотя более традиционными являются блоки здания длиной 7,5-9 м.

План типового модульного здания, в котором смежные блоки здания объединяются для создания больших помещений, показан на рисунке 6.3.



Рисунок 6.3 Модуль с несущими балками и угловыми стойками Kingspan

Преимущества

- Скорость строительства (на 60% быстрее по сравнению с традиционными строительными процессами).
- Высокое качество, благодаря изготовлению блоков в заводских условиях.
- Эффективная звукоизоляция, благодаря использованию двухслойных стен и перекрытий.
- Экономия расходов и времени производства, благодаря унификации модульных элементов.
- Возможность применения блоков с открытыми боковыми поверхностями, что расширяет планировочные решения квартир.

Огнестойкость

Предел огнестойкости 60 минут обеспечивается двумя слоями огнестойкого гипсокартона в стенах и потолке. Необходимо также предусматривать противопожарные преграды между блоками здания, чтобы предотвратить распространение дыма и огня.

Звукоизоляция

Высокий уровень звукоизоляции (снижение шума более, чем на 60 дБ) достигается, благодаря конструкции стен в два слоя и плотности размещения пола и потолка в перекрытии.

Нагрузки и прогибы

На проектирование модульных зданий влияют следующие факторы:

- Несущая способность каркаса стены под нагрузкой.
- Устойчивость при воздействии ветровой нагрузки.
- Надёжность при аварийных воздействиях.

Устойчивость блоков с 4 стенами достигается устройством связей в стенах, либо жёстким диском, образованным панелями щитовой отделки. При проектировании блоков с несущими угловыми стойками (рисунок 6.2), особое внимание уделяется несущей способности стоек на сжатие и балок на изгиб.

Блоки здания с несущими угловыми стойками, либо с открытыми боковыми сторонами обычно необходимо усиливать дополнительным каркасом. Блоки здания объединяются друг с другом в угловых точках и работают как единая конструкция.

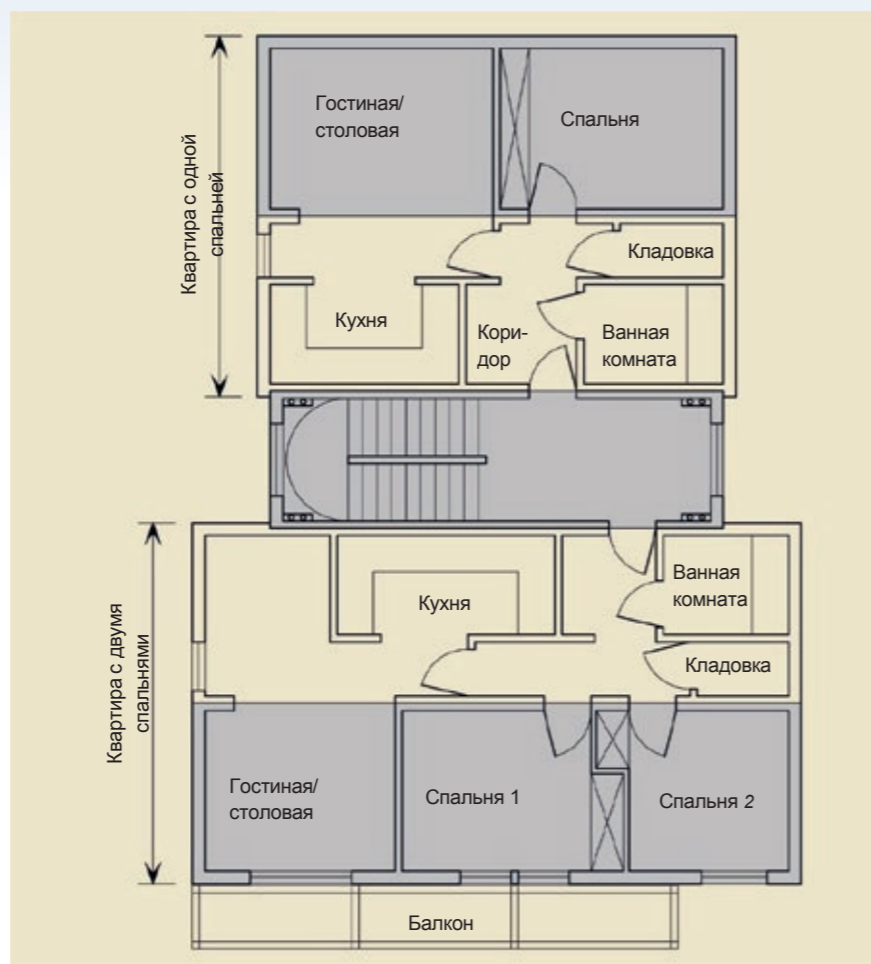


Рисунок 6.4 План этажа модульного жилого здания (отдельные блоки здания выделены цветом)

Общая высота перекрытия и толщина стен

Общая высота перекрытия зависит от суммарной высоты перекрытий двух блоков, поставленных друг на друга. Обычно высота перекрытия бывает:

- 400 мм для небольших блоков (менее 3,6 м в ширину);
- 500 мм для больших блоков (менее 4,2 м в ширину);
- 600 мм для блоков с открытыми боковыми сторонами и балочным каркасом.

Суммарная толщина стен двух смежных блоков может приниматься:

- 250 мм для невысоких зданий;
- 300 мм для многоэтажных блоков с угловыми стойками.

Зазор между соседними блоками здания определяется величиной допустимого геометрического отклонения от проектного положения при монтаже. Балконы могут выполняться встроенными в модуль, как лоджии (рисунок 6.1), так и с внешним креплением конструкции к угловым стойкам. Лестничные блоки здания могут также являться частью модульной конструкции, что может повлиять на общую высоту перекрытия. В этом случае при проектировании рекомендуется назначать общую высоту сечения перекрытия 500 мм.

Каркасно-модульное строительство



Рисунок 6.5 Модульное здание, установленное на стилобатную часть и зафиксированное системой связей вокруг лестничного блока

Описание

При строительстве многих типов зданий требуется обеспечить в здании большое свободное пространство и в этом случае можно сочетать отдельные блоки здания с дополнительным стальным каркасом. Существуют три основных вида комбинированного использования металлоконструкций и блоков здания:

- отдельные блоки здания опираются на общий стальной каркас, при этом сетка колонн в основании подстраивается под размер модулей, устанавливаемых выше;
- отдельные блоки здания с полностью или частично открытыми боковыми сторонами опираются на дополнительный стальной каркас в уровне каждого этажа;
- положение блоков фиксируется с помощью железобетонного каркаса, либо стального, укрепленного связями.

В тех случаях, когда дополнительный каркас является основанием для отдельных блоков или когда они опираются на общее основание (стилобат или фундамент), их исполнение аналогично описанному ранее. При опирании на дополнительный каркас эти блоки здания можно проектировать в качестве несущих элементов. Примеры конструкции с опиранием в уровне стилобата с использованием лестничной клетки в качестве связевого элемента показаны на рисунках 6.5 и 6.6

Основные критерии проектирования

При опирании на дополнительный каркас отдельные блоки здания имеют такие же размеры, как и несущие элементы, описанные ранее. При этом балки дополнительного каркаса располагаются под несущими стенами блоков. В целях обеспечения эффективности конструкций для автостоянок на уровне земли или под землей используются два блока здания шириной 3,6 м с пролетом несущей балки, равным 7,2 м, под которыми можно оборудовать 3 полноценных парковочных места. Благодаря использованию прокатных или сварных балок обеспечивается достаточное пространство с открытой планировкой ниже уровня стилобата.

Сочетание отдельных блоков с каркасными перекрытиями целесообразно при планировании помещений, насыщенных инженерными коммуникациями, например, санузлов, как показано на рисунке 6.7.

Преимущества

- Отсутствие ограничений по высоте здания.
- Наличие пространства с открытой планировкой для обустройства подземной автостоянки благодаря общему основанию (стилобату).
- Пригодность для строительства зданий смешанного (жилого и коммерческого) использования.

Огнестойкость

Защиту стального каркаса следует обеспечивать традиционными способами. Предпочтительной защитой являются вспучивающиеся покрытия, которые позволяют не увеличивать размеры сечений стальных элементов. Для колонн наиболее эффективным сечением является квадратный замкнутый профиль.



Рисунок 6.6 Завершённое модульное здание, показанное в стадии возведения на рисунке 6.5

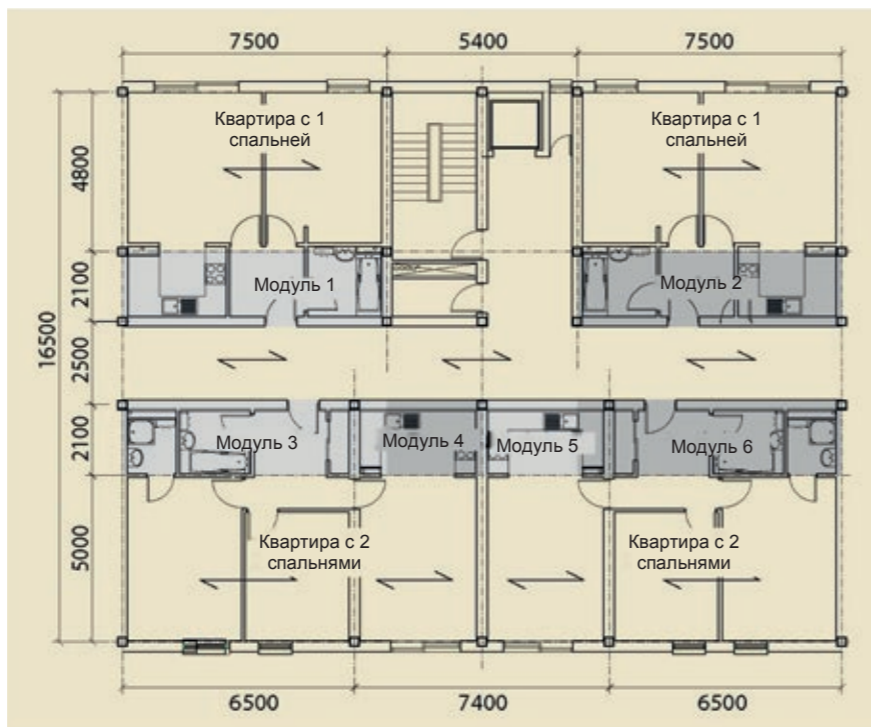


Рисунок 6.7 Комбинированное использование модулей со стальным каркасом

Звукоизоляция

При модульном строительстве звукоизоляция не зависит от характеристик несущего стального каркаса.

Нагрузки и прогибы

Стальные балки должны быть рассчитаны на суммарное воздействие усилий от изгиба и кручения при неравномерном нагружении от соседних блоков. В таких условиях целесообразно применять балки несимметричного сечения.

07 Фасады и кровля

В данном разделе рассматриваются различные виды ограждающих конструкций, которые могут применяться в сочетании со стенами из тонкостенных стальных профилей. Представлены характеристики ограждающих конструкций, в частности, в отношении теплоизоляции. Также рассматриваются кровли на основе стального каркаса.

Фасадные системы опираются на внешние стены с каркасом из тонкостенных стальных профилей, которые являются несущими, либо ненесущими. В обоих случаях применяются аналогичные принципы и решения. Рассматриваются три вида ограждающих конструкций:

- Кирпичная кладка, опирающаяся на фундамент и закреплённая от потери устойчивости с помощью основных несущих стен.
- Металлические или щитовые ограждающие конструкции.
- Штукатурка по утеплителю, закреплённые к основным несущим элементам стен.

Основными требованиями при проектировании является обеспечение устойчивости к погодным условиям, теплоизоляция и воздухопроницаемость. Ниже представлены узлы указанных ограждающих конструкций.

Конструкция кровли может быть запроектирована в виде стальных ферм, прогонов, композитных конструкций с утеплённой отделкой. Могут быть созданы системы открытых крыш, которые дают дополнительное жилое пространство на чердачном этаже.

Фасадные системы

Системы кровли



Рисунок 7.1 Жилое здание на основе каркаса из тонкостенных профилей с отделкой металлическими панелями в Глазго Peckand Reid Architects&Metsec

Фасадные системы



Рисунок 7.2 Штукатурка по утеплителю в сочетании с керамической плиткой на лёгких стальных стенах с внутренним утеплителем

Описание

Существуют два вида ограждающих конструкций, подходящих для применения со стеновыми системами, описанными ранее:

- ограждающие конструкции, опирающиеся на фундамент или поэтажно на перекрытие, например, в виде кирпичной кладки,
- лёгкие ограждающие конструкции, которые прикрепляются к стене из тонкостенных стальных профилей.

В многоэтажных зданиях кирпичная кладка прикрепляется также к балкам перекрытия через уголки из нержавеющей стали. Лёгкие ограждающие конструкции выполняются в различных вариантах, например:

- Штукатурка по утеплителю;
- Керамическая плитка или кирпичная кладка, закреплённая к горизонтальным направляющим;
- Металлические ограждающие конструкции, например, сэндвич-панели;
- Щитовая отделка разных видов.

При использовании стеклянных панелей, они часто встраиваются непосредственно в стену, либо прикрепляются к перекрытиям с помощью дополнительного каркаса.

Полнооборные панели на каркасе из тонкостенных профилей могут изготавливаться с предварительно смонтированной наружной отделкой. В этом случае важным фактором при проектировании является разработка монтажных узлов соединения панелей. Примеры готовых стеновых панелей с использованием каркасов из тонкостенных стальных профилей представлены на рисунках 4.1 и 4.5.

Основные критерии проектирования

Основными критериями проектирования при выборе фасадных систем являются следующие:

- Возможность закрепления ограждающих конструкций в вертикальном и горизонтальном (из плоскости) направлениях.
- Обеспечение необходимого уровня теплоизоляции с минимальным количеством “мостиков холода”.
- Возможность выполнения проёмов (окон и дверей) и крепления соответствующих элементов.
- Возможность изготовления на заводе панелей с уже смонтированной наружной отделкой.

При использовании каркасов из тонкостенных стальных профилей для крепления фасада изоляция обычно размещается снаружи элементов каркаса, а также в плоскости каркаса между несущими элементами.

Кирпичная кладка прикрепляется специальными анкерами к вертикальным направляющим или стойкам, которые прикрепляются к основному каркасу сквозь наружную изоляцию при помощи саморезов с шагом 600 мм, как изображено на рисунке 7.3. Анкеры прикрепляются в каждом пятом ряду (или с шагом 375 мм по вертикали), что приводит к расходу 2,5 анкера на один квадратный метр площади. Вокруг проёмов требуется установка дополнительных анкеров.

Кирпичная кладка является самонесущей при высоте до 12 м (4 этажа); для более высоких зданий необходима дополнительная вертикальная опора в уровне каждого, либо каждого второго перекрытия. Указанные мероприятия справедливы для случая, когда в качестве основного каркаса используются тяжёлые стальные конструкции, а не тонкостенные стальные профили.

Примеры узлов крепления металлических панелей и штукатурки по утеплителю показаны на рисунках 7.4 и 7.5. В обоих случаях рекомендуется использовать лист щитовой отделки каркаса.

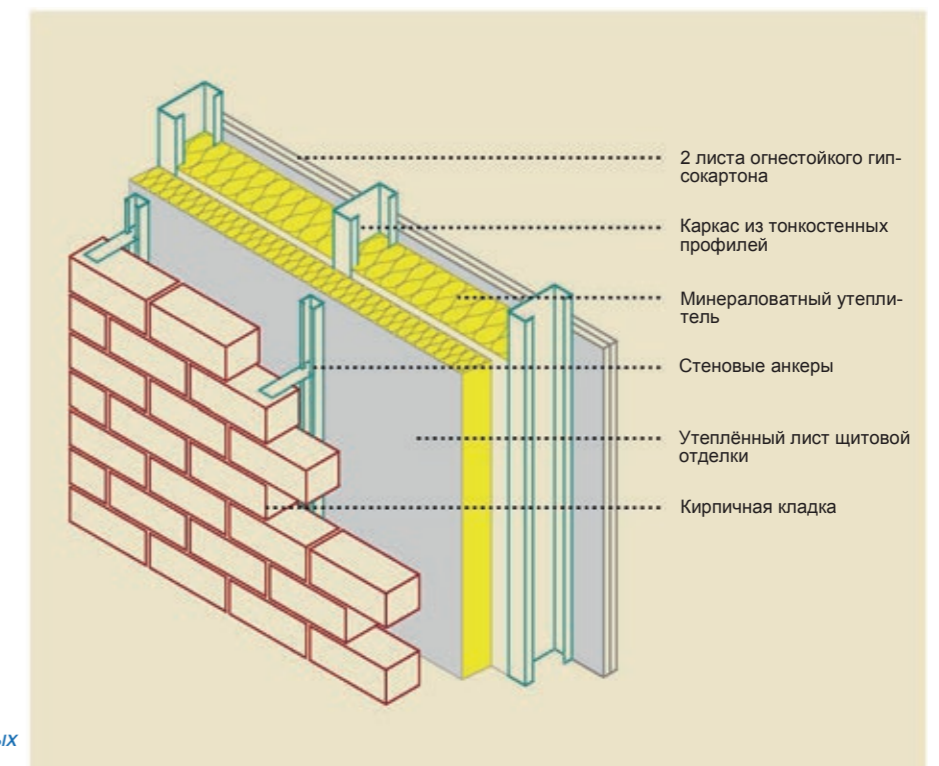


Рисунок 7.3 Внешняя стена с кирпичной кладкой, прикрепленной к каркасу из тонкостенных стальных профилей

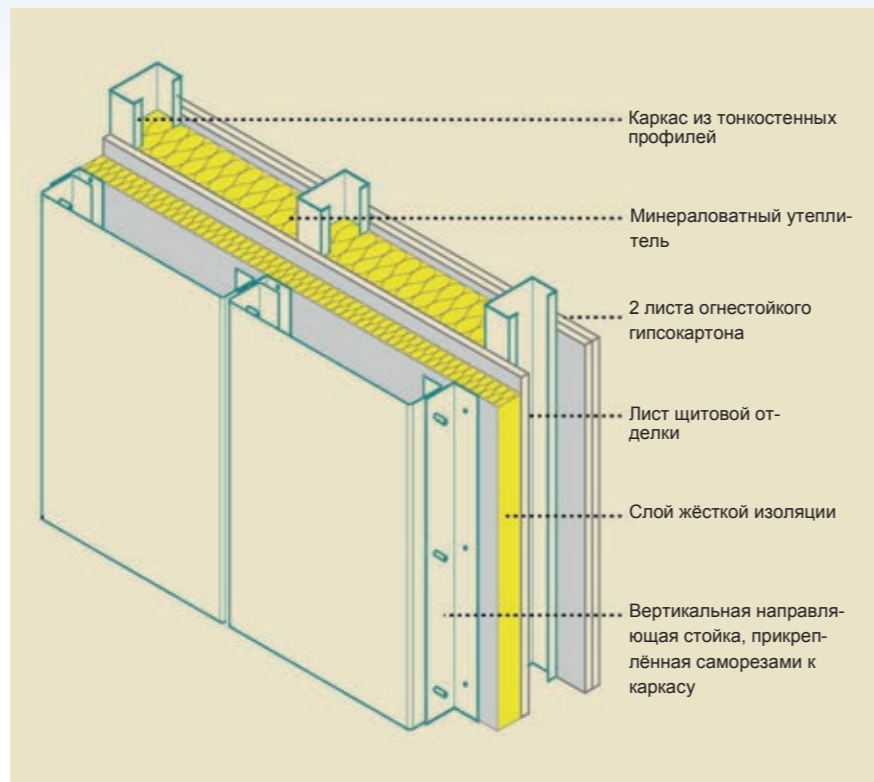


Рисунок 7.4 Внешняя стена с металлической ограждающей конструкцией, прикреплённой к каркасу из тонкостенных стальных профилей

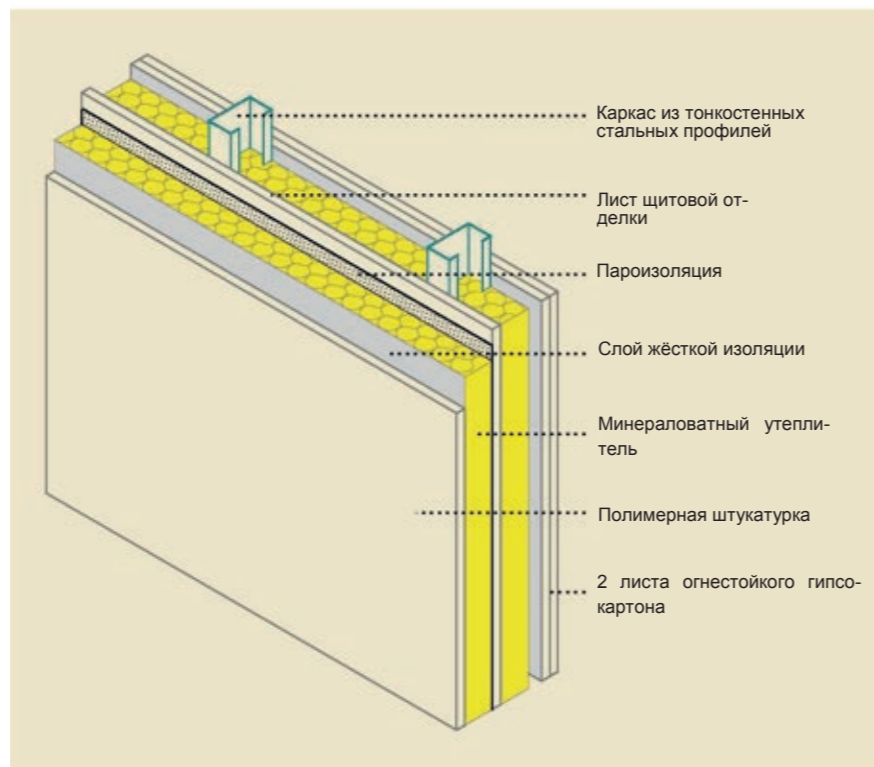


Рисунок 7.5 Утеплённая штукатурка, прикреплённая к каркасу из тонкостенных стальных профилей

Преимущества

- Широкий выбор отделочных материалов.
- Возможность применения лёгкой отделки, которая может крепиться к каркасу из тонкостенных стальных профилей.
- Монтаж элементов отделки на крупногабаритные панели может осуществляться в заводских условиях.
- Возможность достичь высоких показателей теплоизоляции (низкий коэффициент теплопроводности).
- Толщина стены меньше, чем при использовании каменной кладки или монолитного железобетона.

Теплоизоляционные характеристики

Коэффициенты теплопроводности ниже $0,25 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ в случае кирпичной кладки, и ниже $0,2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ в случае отделки утеплённой штукатуркой. Стойки каркаса с пробитыми или прорезанными отверстиями (рисунок 7.6) снижают количество «мостиков холода» и позволяют размещать больше изоляции между элементами каркаса без образования конденсата. По этой причине, с точки зрения теплоизоляции наиболее эффективным является использование стоек с прорезанными отверстиями и высотой сечения 150 мм с внешним слоем жёсткой изоляции толщиной 30 мм и минераловатной изоляцией толщиной 150 мм между элементами каркаса.

Звукоизоляция

Звукоизоляция редко применяется в ограждающих конструкциях, но наиболее лёгкие ограждения, обеспечивающие коэффициент теплопередачи менее $0,25 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, позволяют снизить уровень воздушного шума более, чем на 30 дБ . Кирпичная кладка обеспечивает более эффективное снижение уровня воздушного шума более, чем на 35 дБ .

Общая толщина стены

Общая толщина стены зависит от используемого вида отделки. Для снижения коэффициента теплопередачи до $0,25 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ обычно задаются следующими величинами.

- Кирпичная кладка: 350 мм
- Утеплённая штукатурка: 250 мм
- Металлические или щитовые ограждающие конструкции: 250 мм

Системы кровли

<p>Описание</p>	<p>Стальной каркас позволяет разрабатывать несколько вариантов конструктивных схем при проектировании крыш и покрытий. К ним относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Стальные прогоны по основному каркасу или поперечным стенам. • Система «открытой крыши», позволяющая создать дополнительные площади для жильцов. • Сборные стальные кассетные крыши. • Композитные панели (для пролётов до 6 м). <p>Использование стального каркаса позволяет проектировать и изготавливать множество различных геометрических форм конструкций покрытия, включая сложные изогнутые и шатровые формы. Металлические ограждающие конструкции применяются как для плоских, так и для изогнутых покрытий.</p>
<p>Основные критерии проектирования</p>	<p>Двумя важными показателями при проектировании являются пролёт покрытия и требуемые теплоизоляционные свойства. Часто пролёт покрытия ограничен следующими величинами:</p> <ul style="list-style-type: none"> • от 8 до 12 м между поверхностями фасадов • от 5 до 8 м между поперечными стенами. <p>В первом случае предпочтительно применение ферм покрытия, а во втором случае — прогонов или конструкций, которые позволят использовать пространство под покрытием. Система открытой эксплуатируемой кровли, которая позволяет создать дополнительные площади для жильцов, представлена на рисунке 7.7.</p> <p>К покрытиям обычно предъявляются высокие требования по теплоизоляции (коэффициент теплопередачи менее 0,15 Вт/м²К), поэтому общая толщина теплоизоляции может достигать 150 мм.</p> <p>Большая часть изоляции укладывается по покрытию с наружной стороны конструкций, т.е. ферм и прогонов, при этом до 30% изоляции может быть размещено между элементами конструкции без риска образования конденсата.</p> <p>Существует возможность производства композитных панелей в форме черепицы, как изображено на рисунке 7.8. Солнечные панели или термальные коллекторы могут быть легко установлены на стальную облицовку и ее основание.</p>



Рисунок 7.8 Монтаж черепичной композитной панели Kingspan



Рисунок 7.7 Система «открытой крыши» с каркасом из тонкостенных стальных профилей

08 Российская практика

В данном разделе представлены российские примеры применения стальных конструкций в строительстве жилых и общественных зданий.

«Сталинские высотки»

Жилые дома «МОСС-Тема», г. Москва

*Жилые дома
г. Новокузнецк*

*Жилой комплекс «Московский»
в г. Екатеринбург*

Жилой комплекс «Фрегат-Нео» в г. Красноярск

*Жилой дом для служащих Министерства
обороны РФ в г. Гаджиево Мурманской обл.*

*Дальневосточный Федеральный Университет
(ДФУ)*

Жилой комплекс «Гармония», Калужская обл.

«Сталинские высотки»

Сталинские высотки – это семь высоких зданий, построенных в 1940-1950 годах.

В 1947 году городу Москве исполнялось 800 лет, к этому торжественному событию правительством было решено возвести восемь высотных зданий. Они должны были олицетворять мощь великой страны и советского народа. По приказу Сталина было издано и подписано Постановление Совета Министров СССР, согласно которому архитектурный облик российских городов, и в частности Москвы, должен был обновиться. Стали разрабатываться многочисленные строительные проекты, создана Всесоюзная Академия архитектуры. В ней собрались разные поколения архитекторов, которые определили дальнейшее развитие архитектуры в Москве.



Жилые дома «МОСС-Тема», г. Москва

Модульная опорно-стержневая система, получившая название «МОСС – Тема», представляет собой рамно-связевой металлический каркас. Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой металлического каркаса, ядер жесткости и горизонтальных дисков перекрытий. Колонны каркаса изготавливаются из горячекатаных стальных труб и располагаются в шахматном порядке. Металлические балки каркаса выполняются из двух спаренных швеллеров 12 или 14 в зависимости от пролета балки. Балки каркаса располагаются в пересекающихся направлениях, образуя треугольные ячейки, которые воспринимают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки, возникающие в диске перекрытий.



Адреса построенных домов в г. Москва:

Проспект Маршала Жукова, 68, корпус 1
 Проспект Маршала Жукова, 68, корпус 2
 Улица Генерала Глаголева, 19, корпус 1
 Улица Маршала Тухачевского, 60
 Улица Маршала Захарова, 20

Заказчик-застройщик –
 «Холдинг-Стройсталь»

Жилые дома, г. Новокузнецк



Металлокаркас,
 монолитные перекрытия,
 сборные ж/б стены

Жилой комплекс «Алый Парус»
 1 очередь



Металлокаркас,
 монолитные перекрытия,
 кирпичные стены

Жилой комплекс
 «Три Богатыря»

Жилой комплекс «Московский», г. Екатеринбург

НП «Уралэнерго-стройкомплекс» считает ЖК результатом высших достижений строительных и архитектурных технологий, реализуемых в Уральском регионе.



Дом бизнес-класса построен в 2011 году. Он имеет попеременную этажность 19 и 25 этажей. Само здание отличает оригинальная архитектурная форма и небесно-голубой цвет фасада с использованием дорогостоящего бельгийского стекла, отражающего облик города. Благодаря этим характеристикам ЖК «Московский» можно назвать одной из жемчужин современной застройки уральской столицы.

Уникальность дома характеризуют и авторские планировки квартир с панорамным остеклением и шикарными

видовыми характеристиками. Ведь жилой комплекс расположен в центральной части Екатеринбурга, на самой его высокой точке.

Особенность объекта и в материалах, которые были применены при строительстве жилого комплекса. В частности, речь идет о металлокаркасе, который позволяет строить высокие дома с малым сечением несущей конструкции, одновременно придает жесткость и гибкость строению. Более того, дома, построенные из этого материала, являются более долговечны-

ми, что особенно актуально для Урала, признанного в последние годы сейсмоопасным регионом. Однако до сих пор в Екатеринбурге из-за дефицита и высокой стоимости металла большинство домов строили с применением кирпича и железобетона.

Достижением застройщика является и наличие в ЖК «Московском» двухуровневых квартир – пентхаусов. Их отличают большой метраж, панорамное остекление и уникальные видовые характеристики, а в одном из них бассейн под открытым небом.

Жилой комплекс «Фрегат-Нео», г. Красноярск

Жилой комплекс «Фрегат [NEO]» в Красноярске позиционируется как закрытый комплекс комфортного проживания. Он построен в соответствии с новой концепцией городского домостроения free&guard (свободный и защищенный). Суть концепции в надежной защите жилья от негативных факторов, а также высокотехнологичных инженерных решениях, обеспечивающих горожанам максимум свободы и комфорта. Впервые в Красноярске использовалась прогрессивная металлокаркасная технология возведения домов, которая значительно увеличивает сейсмостойчивость зданий.



Жилой дом для служащих Министерства обороны РФ, г. Гаджиево Мурманская область



Проект домостроительного комбината ООО «РусТех+».

Дом построен по федеральной программе министерства обороны. Конструктивная схема здания - металлические колонны, сборные железобетонные плиты и стены из легких металлоконструкций

Дальневосточный Федеральный Университет (ДВФУ)

Конструктивные решения на стальном каркасе в жилых и общественных зданиях впервые в России были применены при строительстве Дальневосточного Федерального Университета (ДВФУ) на полуострове Саперный острова Русский Владивостокского городского округа (Годы разработки – 2009-2010. Годы реализации – 2009-2012).

Ведущими научно-проектными институтами, такими как ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и ЦНИИЭП Жилища, были запроектированы здания комплекса с различной сложной в плане формой, переменной этажностью.

Сложные планировочные решения при пролетах от 3,3 до 40 метров, которые практически невозможно выполнить в монолитных железобетонных конструкциях, были выполнены унифицированными конструкциями и типовыми узлами.

Сейсмичность площадки строительства варьируется от 6 до 7 баллов, в соответствии с микросейсмрайонированием территории. Основания зданий относятся ко всем трем категориям грунтов (в соответствии с классификацией СП 14 «Строительство в сейсмических районах»), что обусловлено

сложными геологическими условиями территории строительства.

Одиннадцать общежитий комплекса рассчитаны на проживание 11 000 студентов и преподавателей. Сетка колонн зданий общежитий комплекса – 3,6x5,4 м и 3,6x7,8 м, высота этажа составляет 3 метра. Архитектурные и объемно-планировочные решения оптимизированы таким образом, что здания своим интерьером и экстерьером ничем не отличаются от зданий, возведенных с использованием традиционных конструктивных материалов.

Требуемые пределы огнестойкости металлических конструкций выдержаны как конструктивной огнезащитой из минераловатных плит, облицованных листами ГВЛ, так и тонкослойными огнезащитными покрытиями (красками).

На территории площадью 200 га возведено около 500 000 м² недвижимости.



Жилой комплекс «Гармония», Калужская область



Первый в российской градостроительной практике прецедент возведения многоквартирных жилых домов высотой в 4 и 6 этажей на каркасах из стальных холодногнутох оцинкованных профилей с заполнением ячеистым бетоном был осуществлен компанией «Андромета». В 2013-14 гг. в д. Кривское вблизи г. Обнинска построен комплекс из двух металлокаркасных домов системы СТИЛТАУН® с общим жилым фондом в 179 квартир.

Каркасы зданий СТИЛТАУН® представляют собой жесткую пространственную конструкцию, полностью выполненную из С-образных холодногнутох оцинкованных профилей. Теплоизоляция зданий может выполняться ячеистым бетоном по несъемной опалубке из водостойких плит либо сухим способом – негорючими теплоизолирующими материалами.

По конструктивным схемам 4-х и 6-ти этажных дома идентичны и представляют собой каркасные трехсекционные здания с плоской кровлей.

В каждой секции имеются лестничные узлы, реализованные в виде самостоятельной конструкции и включенные в работу зданий в качестве стволов жесткости.

6-этажный дом оборудован лифтом.

Каркасы состоят из линейных деталей, собранных в панели стен, перекрытий и кровельных ферм. Соединение деталей выполняется при помощи оцинкованных самонарезающих винтов. Теплоизоляция зданий выполнена ячеистым бетоном плотностью 200-300 кг/м³ по несъемной опалубке из СМЛ. В перекрытиях в качестве жесткого диска использован армированный пенобетон плотностью 900 - 1000 кг/м³.



Огнестойкость несущих конструкций	REI 90 (согласно заключению ИЦ «Огнестойкость» при ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко).
Долговечность несущих конструкций из оцинкованной стали	более 50 лет (согласно заключению Кафедры защиты металлов и технологии поверхности МИСиС).
Описание	<p>В 6-ти этажном доме – 108 квартир, из которых 72 однокомнатных и 36 двухкомнатных.</p> <p>Общая площадь квартир ~ 4 653 м².</p> <p>В 4-х этажном доме – 71 квартира, из них однокомнатных - 48 и двухкомнатных - 23. Общая площадь квартир ~ 3 090 м².</p> <p>Площади квартир – от ~ 31 до ~ 67м². Высота жилых этажей - 3,0 м. Площадь жилого комплекса в границах благоустройства ~ 13 500 к.</p>

Best Practice in Steel Construction

RESIDENTIAL BUILDING

Guidance for Architects, Designers & Constructors

Мировая практика стального строительства.

Жилые здания.

Производственно-практическое издание.

Подписано в печать 05.11.2015. Формат: 50x70/4. Усл. печ. л.14,5. Тираж 300 экз. Заказ 1022.
Бумага мелованная матовая. Печать офсетная. Гарнитура: DINPro, Arial.

Ассоциация развития стального строительства, Москва, ул. Беловежская, д. 4
ООО «Агентство Аджеда», Москва, ул. Большая Лубянка, д. 24/15, стр. 1
Отпечатано ООО «АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН», Москва, 2-й Кожевнический пер., д. 12, стр. 2

ISBN 978-5-9907551-0-9



9 785990 755109



ARCC

Ассоциация развития
стального строительства

+7 (495) 744-02-63
info@steel-development.ru
www.steel-development.ru