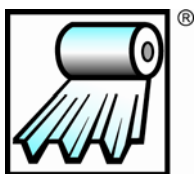

Общество с ограниченной ответственностью «Талдом-Профиль»



**СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ**

**СТО
50186441–5.01–
2007**

ИНФОРМАЦИОННО – ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Здания из легких стальных тонкостенных конструкций

Документация 560

Информационный центр стали. Германия

Издание официальное

г. Талдом
2007

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения настоящего стандарта организации регулируют ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения» и СТО 50186441-0.01-2006 «Порядок разработки, утверждения, обновления и отмены СТО. Правила построения, изложения, оформления и обозначения»

Сведения о стандарте

- 1 Настоящий стандарт идентичен отчету Информационного центра стали (Германия)
- 2 ПОДГОТОВЛЕН ООО «Талдом-Профиль» на основе собственного аутентичного перевода издания: Dokumentation 560 "Häuser in Stahl-Leichtbauweis"
- 3 ВНЕСЕН Отделом главного конструктора
- 4 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Генерального директора ООО «Талдом-Профиль» № 03 от 7 февраля 2007 г.
- 5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Компания ООО Талдом-Профиль ведет активную работу по продвижению в России новой строительной технологии, в основе которой используются легкие стальные тонкостенные конструкции – ЛСТК.

Современное развитие домостроения (в том числе малоэтажного) не может игнорировать возможность строительства зданий из ЛСТК в связи с их очевидными преимуществами.

Мировой опыт строительства в США, Канаде, Японии, Швеции дает отличные примеры эффективного применения ЛСТК в строительстве. Необходимо изучить их опыт и применить то лучшее, что накоплено за последние десятилетия в строительной теории, воплощенной на практике.

Настоящее издание Документация 560 (Германия) уникально тем, что в нем собраны новейшие данные по строительству зданий из ЛСТК, при этом кроме теории и общих принципов работы стальных тонкостенных конструкций изложены технические материалы по звукоизоляции, теплопроводности, пожаробезопасности.

С 2003 года компания «Талдом-Профиль» развивает технологию строительства из ЛСТК под торговой маркой «СТАЛДОМ». Проведена определенная работа по созданию рекомендаций, стандартов организации, методик по монтажу жилых и общественных зданий из ЛСТК.

Специалисты компании накопили достаточный опыт по проектированию, изготовлению и монтажу легких стальных тонкостенных конструкций.

Информация о технологии «СТАЛДОМ» широко представлена на сайте компании – www.staldom.ru.

Под редакцией

инж. С.В.Камынина

инж. Н.И.Каменщикова

инж. Ю.А.Лавренкина

ООО «Талдом-Профиль»

© ООО «Талдом-Профиль», 2007

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ООО «Талдом – Профиль»

Содержание

Область применения.....	2	Продольная звукопроводимость	29
Нормативные ссылки.....	2	Соединение строительных элементов	30
Термины и определения.....	3	Звукоизоляция при установке санузлов	34
Введение	4	Тепло- и гидроизоляция	37
Проектирование и конструирование.....	7	Теплоизоляция в зимний период.....	37
Несущие свойства опорных конструкций.....	7	Теплоизоляция в летний период	48
Принципы конструирования.....	9	Противопожарная защита	52
"Ярусная" система.....	9	Цели защиты	52
Система "стойки + горизонтальные элементы".....	9	Противопожарные свойства материалов, применяемых в строительстве с использованием легких стальных конструкций	52
Организация внутреннего пространства	14	Классификация и подтверждение классов огнестойкости строительных элементов в легких стальных конструкциях	53
Холодногнутые профили для легких стальных конструкций.....	15	Противопожарные свойства полых конструкций	61
Изготовление и свойства	15	Защита от коррозии	61
Таблицы несущей способности для стеновых стоек и балок перекрытий.....	17	Возможности проектирования в строительстве с использованием легких стальных конструкций.....	63
Изготовление, укрупнительная сборка и монтаж.....	20	Литература.....	64
Монтаж на строительном объекте	20	Примеры.....	66
Заводская укрупнительная сборка	20		
Требования строительной физики к жилым домам	23		
Звукоизоляция и строительная акустика	23		
Звукоизоляционные свойства зданий из легких стальных конструкций.....	23		
Звукоизоляция легких стальных конструкций от воздушного шума.....	26		
Перекрытия из легких стальных конструкций.....	26		

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ИНФОРМАЦИОННО – ТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Здания из легких стальных тонкостенных конструкций

Документация 560

Dokumentation 560

“Häuser in Stahl-Leichtbauweis»

Stahl-Informations-Zentrum

(IDT)

Дата введения – 2007 – 02 – 19

1. Область применения

- 1.1. Настоящий стандарт организации (далее – СТО) предлагает широкий спектр практических рекомендаций для проектировщиков, конструкторов и специалистов по обработке стали.
- 1.2. Информация, приведенная в настоящем документе поможет заинтересованным инженерам, архитекторам, инвесторам-застройщикам разобраться с новой технологией, понять преимущества и специфику применения новых материалов.
- 1.3. Презентация в Интернете на сайте www.stahl-info.de информирует об актуальных темах и мероприятиях и предлагает обзор публикаций Информационного центра по стали. Многочисленные новые публикации можно скачать в виде файлов в формате pdf. Через систему Интернет можно также заказать публикации в письменном виде или установить непосредственный контакт.

Положения настоящего стандарта предназначены для применения службами и подразделениями ООО «Талдом-Профиль», а также могут быть использованы организациями – потребителями продукции, поставляемой ООО «Талдом-Профиль».

2. Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы, разработанные ООО «Талдом-Профиль» в соответствии с требованиями Европейских стандартов и Национальных Стандартов Российской Федерации:

- СТО 50186441-4.01-2006 (EN 1993-1-1:2005) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций.
Часть 1-1: Общие правила и правила для зданий
- СТО 50186441-4.02-2007 (EN 1993-1-2:2005) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций.
Часть 1-2: Огнестойкость конструкций
- СТО 50186441-4.03-2007 (EN 1993-1-3:2006) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций.
Часть 1-3: Общие правила. Дополнительные правила для холодногнутых элементов и листов
- СТО 50186441-4.04-2007 (EN 1993-1-8:2005) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций.
Часть 1-8: Проектирование соединений
- СТО 50186441-4.05-2006 Рекомендации по расчету и проектированию легких стальных тонкостенных конструкций из гнутых профилей

- СТО 50186441-4.06-2007 Рекомендации по проектированию каркасов для малоэтажных зданий по технологии СТАЛДОМ®
- СТО 50186441-4.07-2007 Рекомендации по проектированию стен зданий по технологии СТАЛДОМ®
- СТО 50186441-4.08-2007 Рекомендации по проектированию конструкций перекрытий и стропильных конструкций зданий по технологии СТАЛДОМ®
- СТО 50186441-4.09-2007 Рекомендации по проектированию конструкций навесных вентилируемых фасадов из кассет «ТАЛДОМ 1000/2000»

3. Термины и определения

Памятки – представляют собой снабженные фотографиями и чертежами документы, в которых содержится концентрированная информация о разнообразных способах применения стали и методах ее обработки.

Характерные признаки – сообщают о свойствах того или иного продукта, технических условиях поставки улучшенной листовой стали и дают ссылки на механизмы регуляции.

Сталь и форма – в этих документах наглядно демонстрируются эстетические и функциональные возможности использования стальных конструкций в архитектуре. Издания снабжены фотографиями сооружений с чертежами и эскизами наиболее значимых деталей.

Документация – описывает характеристики стали с технической, экологической и экономической точек зрения и для различных сфер применения.

Введение

Легкость, высокая несущая способность и разнообразные возможности применения являются преимуществами каркасных зданий из легких стальных тонкостенных конструкций. Заказчики ценят так называемый «сухой способ строительства» при внутренней отделке своих офисных, складских и производственных помещений. Но несущие конструкции из легких стальных профилей рентабельны и в особняках и многоквартирных жилых домах с несколькими полными этажами, а в ряде стран они уже используются в значительном количестве (см. рис. 1). Новые разработки из тонкостенных стальных профилей в сочетании с эффективными изоляционными и облицовочными материалами обеспечивают высококачественные системные решения, которые находят все более широкое применение в современном жилищном

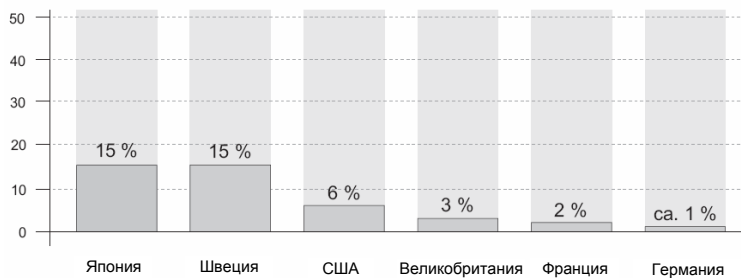


Рис. 1: Процентная доля использования стальных конструкций в жилищном строительстве.

строительстве с использованием стальных конструкций.

Возможности стали как строительного материала практически безграничны благодаря наличию большого количества различных профилей, сортов стали, технологий стыковки, способов соединения с железобетоном.

Пригодность стали для дальнейшей переработки также говорит в пользу её применения в строительстве жилых домов. Разнообразие технологий изготовления и возможностей формования позволяет решить любую строительную задачу.

Сталь является экологически безопасным и «природным» строительным материалом. Благодаря своим магнитным свойствам стальные детали легко выделяются из строительного мусора. Оработанная сталь (например, лом) может быть подвергнута практически безотходной переработке. При переработке стали ей можно придать свойства, делающие её высокосортной. Практически половина стали, производимой в настоящее время, изготовлена путем повторной переработки оработанных стальных изделий.

Сталь также соответствует критериям ресурсосбережения в строительстве. Из нее можно изготовить долговечные разборные строительные элементы, пригодные для повторного применения и, тем самым, обеспечивающие экономное использование ресурсов.

Легкие Стальные Тонкостенные Конструкции (далее по тексту - ЛСТК) – это конструкция каркасная, изготавливаемая из тонкостенных холодногнутых швеллерных, с-образных и z-образных профилей. Толщина листового металла профиля составляет от 0,6мм до 2,5мм.

Это относительно новая технология строительства, которую отличает высокий уровень функциональных и технических свойств. Благодаря этому она особенно хорошо подходит для строительства жилых домов (рис. 2, 3, 4).

Легкие стальные конструкции обладают целым рядом преимуществ:

- Очень малый вес, возможность монтировать конструкции без тяжелых грузоподъемных механизмов
- Замечательное отношение прочности к собственному весу
- Точность размеров
- Хорошие строительно-акустические свойства
- Отсутствие деформации в условиях высокой влажности
- Возможность быстрого монтажа на объекте
- Высокая степень пригодности всех применяемых в системе материалов к вторичной переработке и дальнейшему использованию
- При соответствующем материале облицовки конструкции не горючи (класс огнестойкости А) и не повышают пожарную нагрузку на несущую конструкцию здания
- Применяются высококачественные методы стыковки и сопряжения
- Возможна укрупнительная сборка

Стойки из профилей обшиваются неметаллическими плитами, образуя панели. Выбор используемого материала и толщина панелей зависит от требований строительной физики, предъявляемых к зданию. Для внутренних работ предпочтительнее гипсокартонные плиты или плиты с примесью волокнистых веществ, так как в сочетании с тонкостенными стальными профилями эти материалы проявляют хорошие строительно-акустические свойства. В случае пожара они замедляют передачу тепла на металлические стойки, они легко оклеиваются обоями и окрашиваются (рис. 5, 6, 7).

Из легких стальных конструкций можно строить здания высотой до 4 этажей. Более высокие жилые дома строятся, как правило, с использованием стальных каркасов.

К числу наиболее значительных преимуществ легких стальных конструкций относятся малый вес и возможность изготовления огнестойких конструкций. Благодаря этому область применения конструкций на базе ЛСТК очень широка от одноэтажных домов до ограждающих конструкций в высотном строительстве. Особая привлекательность применения этих решений в мансардном строительстве, где усиление фундаментов нижерасположенного здания иногда невозможно по экономическим соображениям (рис.8).



Рис. 2, 3, 4:
Здания из легких
стальных
конструкций
в процессе
строительства
и в готовом виде



Рис. 5, 6, 7:
Здания из легких стальных конструкций, каркас которых оставили открытым



Рис. 8:
Надстройка фахверкового дома 17 века.
По причине ограничений веса сооружения использование ЛСТК было единственно возможным решением.



В качестве перспективных рассматриваются так называемые «открытые» системы ЛСТК, то есть способы и виды строительства, основанные на интеллектуальных конструктивных принципах и гибких комбинациях объемов. Эти открытые системы называют системами третьего поколения. Они состоят из подсистем, которые разрабатываются в зависимости от ситуации и конкретного проекта и изготавливаются серийными партиями. Открытые строительные системы обеспечивают более высокий уровень гибкости и свободы проектирования. По аналогии с автомобильной промышленностью из небольшого количества деталей с высокой степенью сочетаемости создаются проекты в соответствии с индивидуальными запросами клиента по оформлению и планировке.

Качество таких систем определяет степень свободы проектировщиков, технические характеристики собираемых из них частей сооружений и рентабельность здания в целом.

Так как требования к физическим характеристикам, качеству зданий, а также гибкости и индивидуальности проекта постоянно возрастают, экономичное проектирование зданий по принципу комплексной системы становится все более важным. В таких проектах архитектурное решение гармонично сочетается с учетом возможностей изготовления и монтажа ЛСТК.

Проектирование и конструирование

Несущие свойства опорных конструкций

Несущая конструкция каркасной системы из легких стальных профилей изготавливается аналогично несущей части других каркасных систем. Вертикальные стойки устанавливаются на опоре в швеллерную направляющую и накрываются сверху такой же швеллерной направляющей (**рис.9**). Благодаря направляющим происходит распределение вертикальной нагрузки на стойки. Горизонтальные несущие элементы, в зависимости от вида конструкции, присоединяются через консоли или укладываются между вертикальными элементами.

С точки зрения статики, ЛСТК существенно отличаются от каркасных металлических (сварных) конструкций. Нагрузку воспринимает не каркас, независимый от ограждающей конструкции здания, а стойки стен. Несущая конструкция состоит из двухмерных строительных элементов, которые одновременно выполняют несущую и ограждающую функции (**рис.10**).

Обшивка крепится к стойкам из холодногнутого профиля. Таким образом создается сборный строительный элемент - так называемая «панель». Эта панель способна воспринимать нагрузки как в своей плоскости (действуя как "диск"), так и перпендикулярно к плоскости (действуя как "опорная плита") (**рис.11**).

Благодаря этому конструкции из холодногнутого тонкостенных профилей с обшивкой можно использовать как для горизонтальных, так и для вертикальных несущих строительных элементов.

Жесткость материалов, применяемых в качестве обшивки, столь высока, что при достаточном качестве крепления исключается излом холодногнутого профиля в плоскости стен или же потеря ими устойчивости при продольном изгибе и кручении.

Одновременно стеновые панели используются для восприятия вертикальных нагрузок и придания сооружению устойчивости к горизонтальным нагрузкам, возникающим под воздействием ветра и непредусмотренного перекоса стен, испытывающих напряжение сжатия. Решающую роль здесь играют вид, толщина и конструкция обшивки каркасной конструкции.

На **рис. 12** показан принцип восприятия нагрузки потолочными и стеновыми дисками. В продольном направлении каждый стеновой диск представляет собой вертикальную опору для соответствующего диска перекрытия, который осуществляет распределение нагрузки. Горизонтальная нагрузка, действующая в верхней части каждого стенового диска, воспринимается парой сил (растяжения + сжатие), а также поперечной силой, в основании панели.

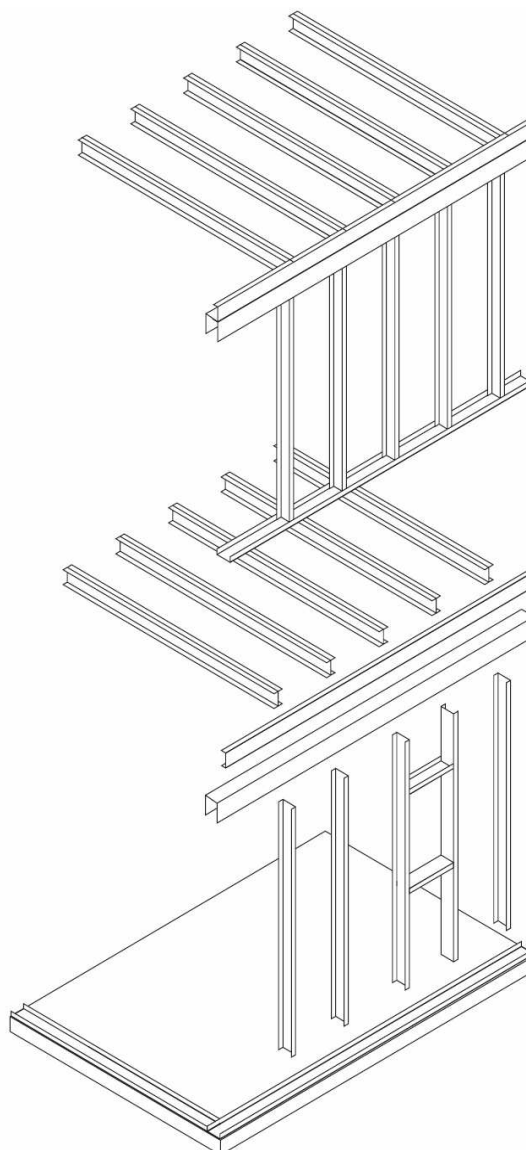


Рис. 9:
Принцип
сборки легких
стальных
конструкций



Рис. 10:
Конструкция
крыши жилого
дома из холодно-
гнутого
стальных
профилей

Рис. 11:
Нагрузка на панель как на щит и как на опорную плиту

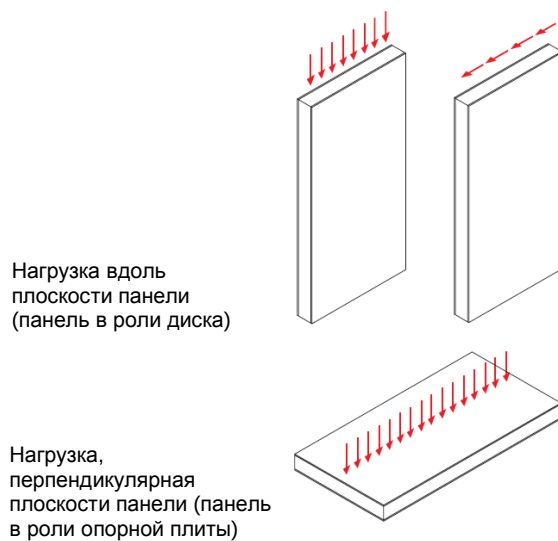


Рис. 12:
Придание зданию жесткости с помощью потолочных и стеновых дисков

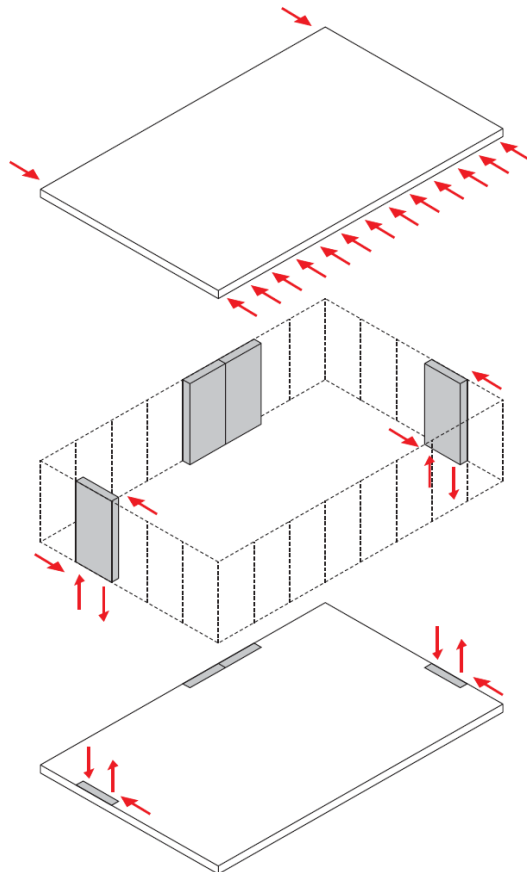
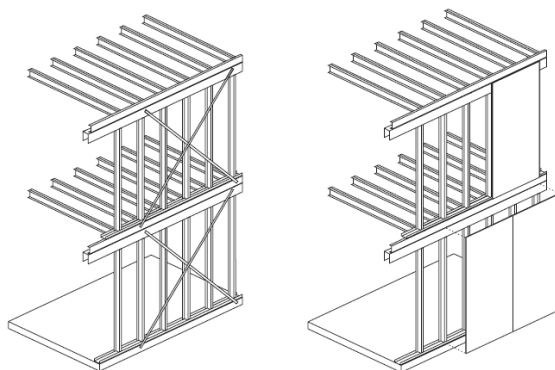


Рис. 13:
Усиление здания с помощью диагональных связей и наружных облицовочных панелей



Поэтому в конструктивном плане необходим точный расчет анкерного крепления профилей пола, что обеспечит как передачу усилия растяжения на плиту пола или нижележащий этаж, так и передачу поперечного усилия на следующий потолочный диск (рис. 12).

В настоящее время усиление здания за счет использования «дискового» действия панелей из холодногнутых профилей с двусторонней обшивкой не нормировано ни одним из стандартов. Поэтому стеновые панели жилых зданий усиливают с помощью обычных связей, находящихся в стене за обшивкой (рис. 13).

В качестве альтернативы возможно получение разрешения строительного надзора на применение конкретной облицовочной конструкции. В таких случаях несущая способность строительного элемента определяется опытным путем и для её оценки элемент нагружается с учетом установленного коэффициента запаса прочности.

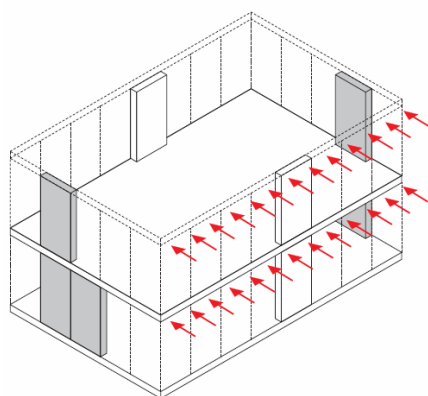
В США был проведен целый ряд экспериментов со стеновыми панелями из холодногнутых профилей и ДСП, обшивкой из фанеры и гипсокартона. Результаты этих исследований в 1998 году были внесены в американские стандарты в виде таблиц несущей способности для сейсмических и статических нагрузок.

В Институте стальных конструкций и механики материалов Дармштадского технического университета также проводились эксперименты с аналогичными целями. В качестве допустимой осевой нагрузки на панель с двусторонней обшивкой из гипсокартона толщиной 12,5 мм (опоры из холодногнутого профиля С 100 x 50 x 10 x 1,5 с вертикальной нагрузкой $N_{s,d} = 39 \text{ кН}$ на каждую стойку) при шаге креплений по периметру $e_R = 100 \text{ мм}$ можно принять величину 8,0 кН (учтенный коэффициент запаса прочности $\gamma = 5$).

По аналогии со стандартом DIN 1052, часть 3 «Здания из деревянных панельных конструкций», в зданиях, высота которых не превышает два полных этажа, эксцентриситетом равнодействующей ветровой нагрузки можно пренебречь. Но для этого в четырех проходящих по периметру стенах должны быть установлены усиливающие стеновые диски. Величины, указанные на рис. 16, распределяются на каждые две стены. Если, согласно таблице, требуется только один диск, в параллельно проходящих стенах нужно организовать все же два усиливающих диска, что позволяет обеспечить жесткость без уточнения статических нагрузок. За основу принято здание шириной 7,50 м с высотой этажа 2,80 м.



Рис.14: Конструкция стенового диска для элемента каркасной конструкции



Принципы конструирования

"Ярусная" система

В такой конструкции стеновые элементы крепятся поэтажно на балках перекрытий, так что передача вертикальной нагрузки осуществляется через балки (**рис.18**). Эта конструкция очень широко распространена. С точки зрения хода строительных работ она имеет преимущество перед системой "стойки + горизонтальные элементы", так как после завершения одного этажа на смонтированном перекрытии можно надстраивать следующий этаж.

Система "стойки + горизонтальные элементы"

При таком принципе конструирования балки перекрытия прикрепляются к стенке или к полке стоек (**рис.19**). Несущие элементы стен и стойки проходят вертикально вниз; таким образом можно собрать крупные стеновые блоки. В месте присоединения горизонтального строительного элемента конструкция может быть выполнена с экономией материалов. Рядом с этим стыком также можно без помех осуществить воздушную герметизацию. Но за счет этого возрастает техническая сложность крепления.

Наряду с чистыми формами ЛСТК, возможны смешанные формы. При больших пролетах можно использовать перекрытия из горячекатаных профилей, система стоек может также быть выполнена в виде каркасной конструкции. **(см.рис.21)**

Длина здания	Вид крыши	Количество стеновых дисков для плиты шириной 1,25 м	
		на первом этаже	на втором этаже
5,00 м	Плоская крыша	2	1
	30°	3	2
	45°	3	2
7,50 м	Плоская крыша	3	1
	30°	4	2
	45°	6	3
10,00 м	Плоская крыша	3	1
	30°	5	3
	45°	6	4
12,50 м	Плоская крыша	4	2
	30°	6	3
	45°	8	5
15,00 м	Плоская крыша	5	2
	30°	7	4
	45°	9	6

Рис. 16: Расчетная таблица для определения количества стено-
вых дисков, необходимых для стабильности здания

Рис. 18:
Принцип крепления в "ярусной" системе

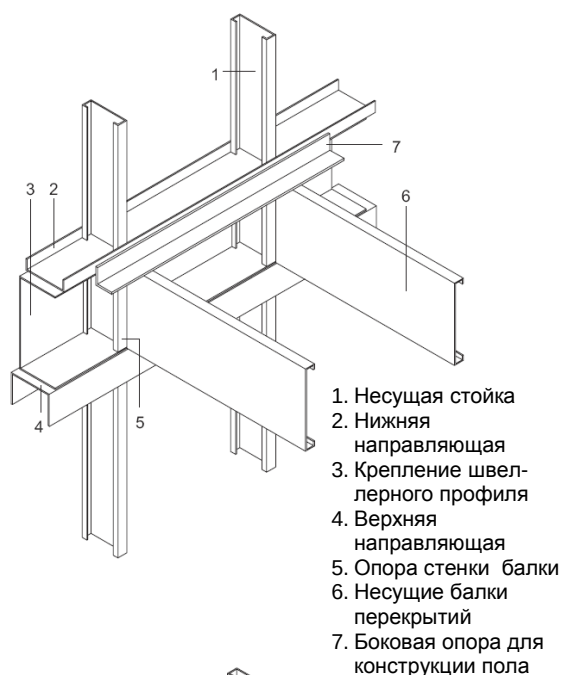


Рис. 19:
Принцип крепления в системе "стойки + горизонтальные элементы"

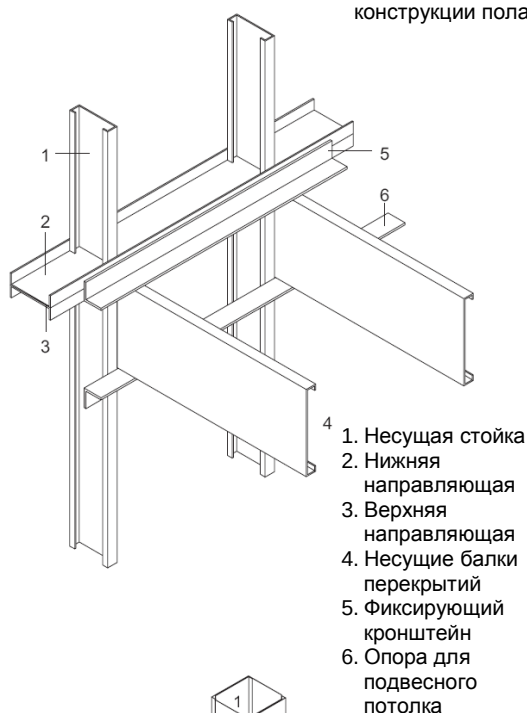
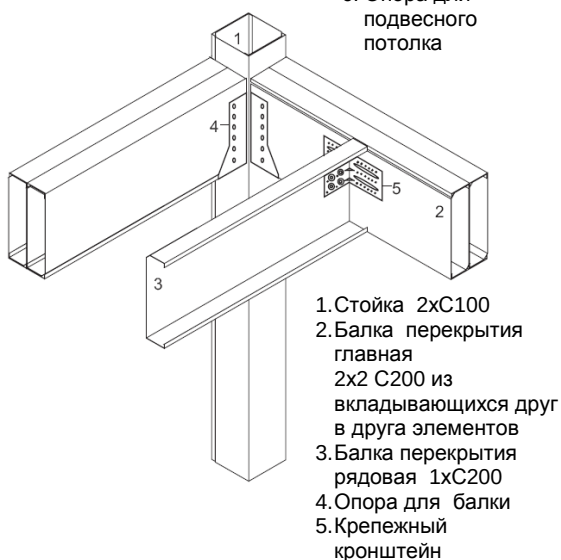


Рис. 20:
"Стойки + горизонтальные элементы": используются вставные или вкладываемые друг в друга С-образные профили



При этом несущие наружные стены изготавливаются в технологии легких стальных конструкций, а внутренние несущие элементы выполняются в виде каркасной конструкции, чтобы уменьшить количество ограждающих строительных элементов. Наряду с этим возможно использование комбинированной системы из легких стальных профилей для стен и массивных металлических перекрытий из профнастила по стальным балкам (рис.22). Применяется также особая система, состоящая из специально изготовленных профилей (рис.23).

Тонкостенные металлические профили крепятся друг к другу винтами или с помощью заклепок. Обшивка, как правило, крепится к металлическим стойкам винтами; в качестве альтернативы это соединение сегодня может быть изготовлено в виде пневматического крепления (подробнее – см. главу «Изготовление, подготовительные работы и монтаж»).

Шаг стоек (модуль) может быть различным, он зависит, преимущественно, от формата плиты ГКЛ (ГВЛ) и от ее прочностных параметров. Стандартная экономичная конструкция основана на модуле 60 (в Германии 62.5) см. Исходя из этого, определяются наиболее предпочтительные габаритные размеры плит обшивки. При использовании профилей с более толстыми стенками (от 1 мм до 2,5 мм) и соответственно более жестких материалов для обшивки модуль может достигать 120(125) см. При высоких статических нагрузках модуль может уменьшаться до 30(31,25)см (рис.25).

Модуль, даже внутри элемента строительной конструкции, например, наружной стены, может варьироваться в зависимости от проекта. Наиболее экономичным является решение, при котором проемы в стенах ориентированы на модуль профиля, что позволяет избежать замены типоразмера профиля. Для придания жесткости большим проемам стен и перекрытий можно использовать балки из вставленных друг в друга холодногнутых профилей или стальных горячекатаных профилей (рис.20).

Рис. 21:
Комбинированная система с использованием легких стальных конструкций.
Стальной каркас дополнен несущими конструкциями стен



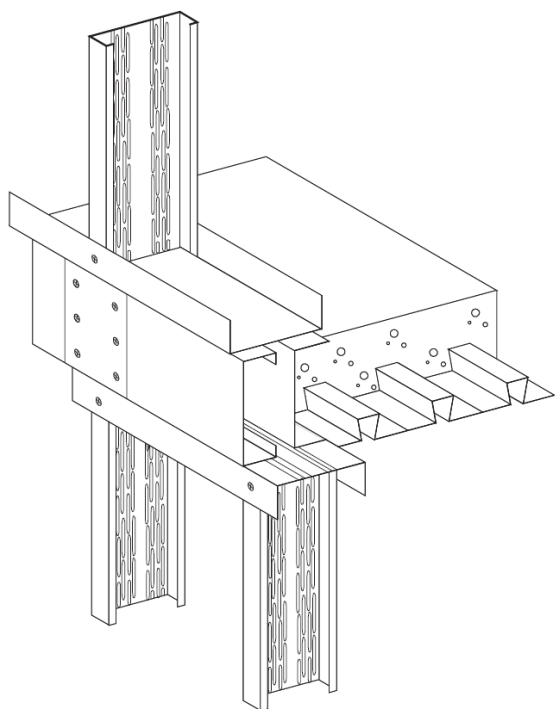


Рис. 22:
Комбинированная система из легких стальных конструкций и массивного перекрытия в виде сталежелезобетонных конструкций (несъемная опалубка по профнастилу)

Рис. 23 (внизу слева):
Особая конструкция из специальных профилей

Рис. 24 (внизу справа):
Конструкция из легких стальных профилей

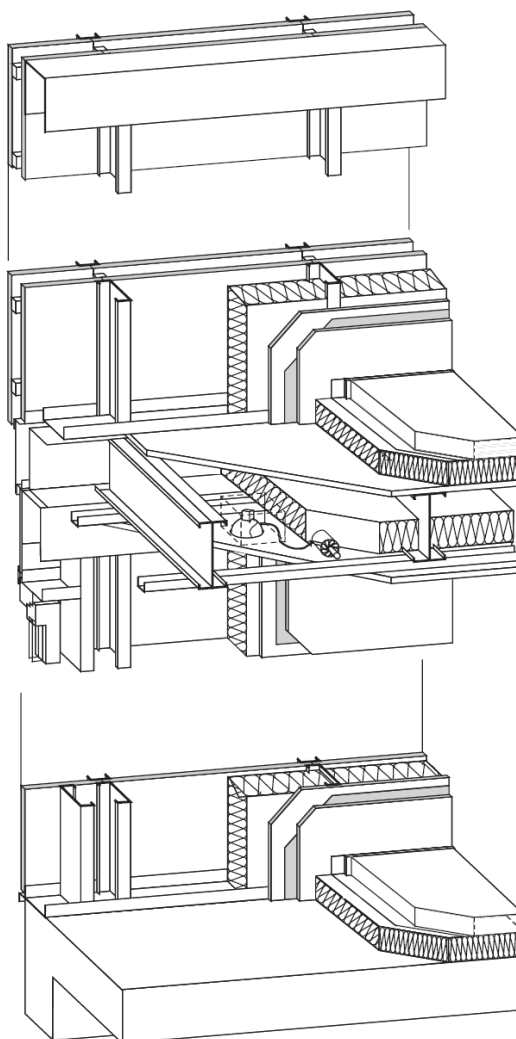
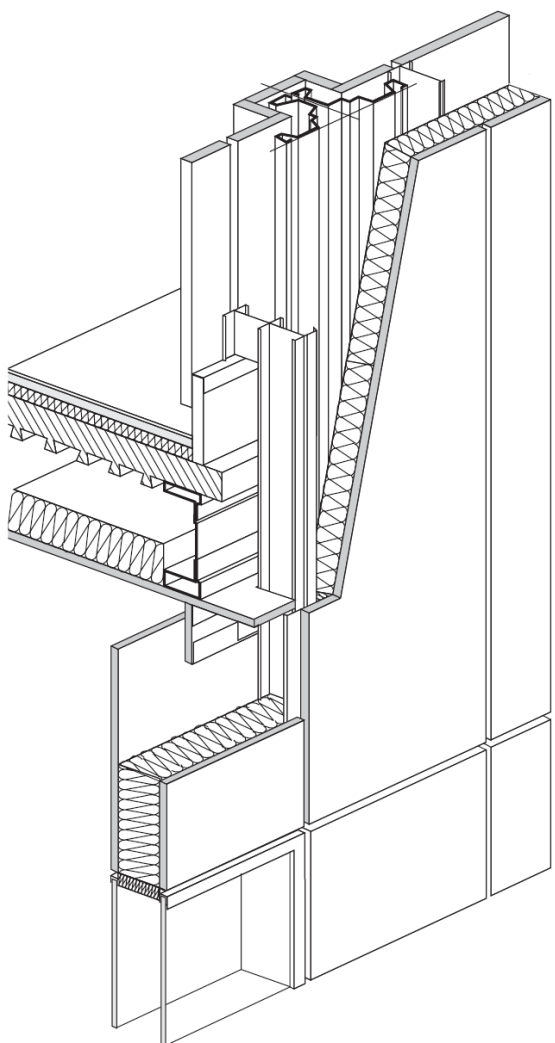
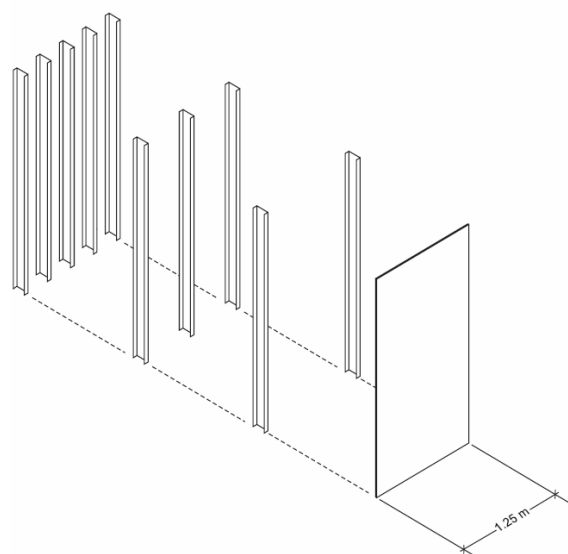


Рис. 25:
Модуль шага
стоек в зави-
симости от
размера плиты



1. Направляющий Т-образный профиль
2. Стоечный С-образный профиль
3. Профиль Т- или С-образный для устройства перемычек

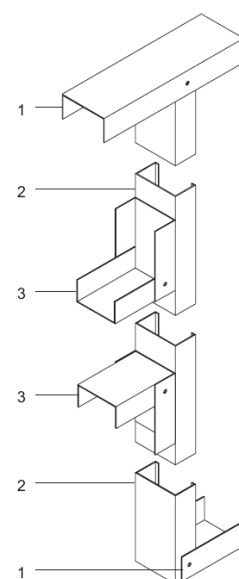


Рис. 26: Сопряжение профилей для создания проема перемычки в каркасной конструкции

Вид и толщина обшивки металлической системы стоек определяется на основании статических, противопожарных и акустических нагрузок, которые должно выдерживать здание (комментарии даны в главе о строительной физике). Пустоты между опорами в соответствии с принятым способом «сухого» строительства заполняются минераловатными изоляционными материалами. Вид изоляции и толщина изоляционного слоя определяется с учетом энергетических и акустических нагрузок на строительный элемент (рис.27).

При сравнении легких стальных конструкций с традиционными монолитными строительными системами при равных условиях, обнаруживается преимущество легких стальных конструкций во всех отношениях. При одинаковой толщине строительных элементов различных конструкций легкие стальные конструкции отличаются лучшими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Рис. 27:
Сравнение
физических
свойств
массивных и
легких кон-
струкций
(см. также рис.
54 и 77 в главе о
строительной
физике)

Конструкция наружной стены	Последовательность расположения слоев	Толщина	Коэффициент теплопередачи	Степень звукоизоляции R_{WR}
	Конструкция из металлических стоек Наружная штукатурка (армированная, минерализованная) Клейкая лента Гипсовая плита с добавлением волокнистых материалов Металлические стойки, изоляционный слой из минеральной ваты Гипсоволокнистая плита, звукоизоляция Гипсоволокнистая плита, дисперсная краска	23,0 см	0,25	51 дБ
	Каменная кладка с системой теплоизоляции Наружная штукатурка армированная, минерализованная) Минеральная вата Соединительный раствор Пустотелый кирпич Внутренний слой штукатурки	34,5 см	0,35	48 дБ



Рис. 28: В ходе электромонтажных работ в стальных профилях проделывают отверстия

Если же исходить при сравнении строительных конструкций из одинаковых физических свойств, то легкие стальные конструкции, как более тонкие, позволяют сэкономить полезную площадь. Увеличение жилой площади для одного дома площадью 120 м² составляет 5-10% (рис.30,31).

Пустотелая конструкция из легких стальных элементов обеспечивает легкий монтаж скрытой проводки. В профилях предусмотрены отверстия стандартных размеров для прокладки кабелей или труб. При прокладке трубопроводов необходимо обратить внимание на звукоизоляцию. Для этого необходимо изолировать трубы и металлические опоры, чтобы исключить передачу шума с труб на стойки и балки.

Как уже упоминалось во введении, благодаря легкости эти конструкции являются единственным возможным решением, если необходимо надстроить мансарду здания с небольшим увеличением нагрузок на фундаменты (реконструкция). Это преимущество используется также при возведении новых построек. В одно- и двухэтажных зданиях можно возводить стены без глубокого ленточного фундамента непосредственно на плите мелкозаглубленного фундамента. Жесткости плиты (при наличии соответствующего армирования) достаточно, чтобы выдерживать вертикальную нагрузку на пол. Таким образом, здание может быть полностью изолировано, так как изоляционный материал под полом обладает достаточным пределом прочности на сжатие, чтобы передавать нагрузки от стен и стоек (рис.29).

Устойчивость краевых зон плиты фундамента к низким температурам обеспечивается за счет гравийной засыпки глубиной 1 м, либо за счет устройства утепленной отмостки.

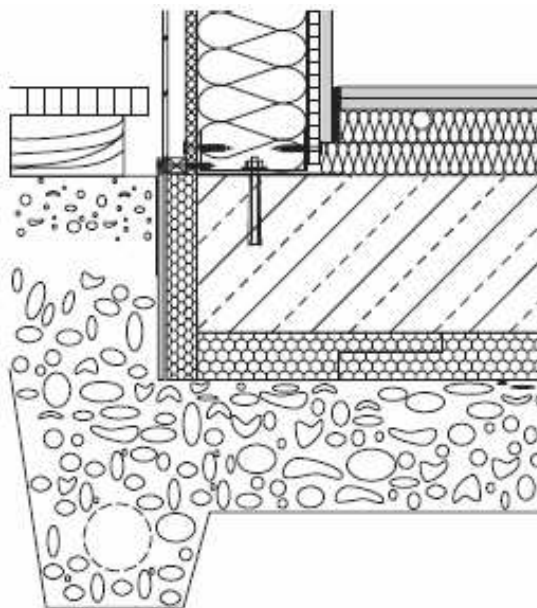


Рис. 29: Наружная стеновая, смонтированная на плиту фундамента мелкого заложения

Рис. 30, 31 (внизу): Здание, построенное из сборных легких стальных конструкций



Организация внутреннего пространства

Система легких стальных конструкций позволяет создавать экономичные перекрытия с расстоянием между опорами до 6 м. (см. главу «Холодногнутые профили для легких стальных конструкций», пункт о несущих балках перекрытия). Благодаря этому достигается неограниченная свобода планировки в жилищном строительстве по типовым проектам. При необходимости в больших пролетах профили можно вкладывать друг в друга или же использовать в качестве усиления горячекатаные профили. Дополнительные возможности даёт использование составных конструкций из стальных профилированных листов и железобетона, которые можно экономично использовать для пролетов до 7 м.

К числу достоинств легких стальных конструкций относится также гибкость, которая достигается благодаря простоте строительной системы. Панели дисков жесткости рекомендуется крепить к наружным стенам или вокруг лестничного блока площадки и санитарно-технических помещений. Таким образом, достигается желаемая свобода планировки основного пространства. Эта система имеет еще одно преимущество: возможность при соответствующем креплении анкерными болтами и са-

морезами использовать для усиления стен малоформатные панели шириной 1,2 м, даже если они не предназначены для восприятия нагрузок выше допустимых.

При правильно разработанном проекте последующее расширение помещений, перепланировки или функциональные изменения внутреннего пространства не представляют сложности. Например, если наружные стены спроектированы в виде несущих опорных конструкций, то внутреннее пространство можно свободно делить на зоны или даже оставить без перегородок. При этом возведенную коробку здания можно постоянно адаптировать к изменяющимся потребностям клиентов. Что касается монтажа проводки в планируемых внутренних перегородках, необходимо заранее планировать укладывать ее в каналах и в жгутах, чтобы избежать переукладывания при перепланировке.

Возможности облицовки элементов из ЛСТК и отделки их поверхностей почти безграничны. В зависимости от строительно-физических и статических нагрузок в конструкции можно использовать различные материалы для внутренней обшивки, как в обычном виде, так и с применением различных технологий отделки (окраска, оклейка обоями, декоративная штукатурка, облицовка). Для наружных поверхностей также можно использовать все возможные материалы и технологии (штукатурка, облицовка, обивка, кирпичная кладка и т.п.)

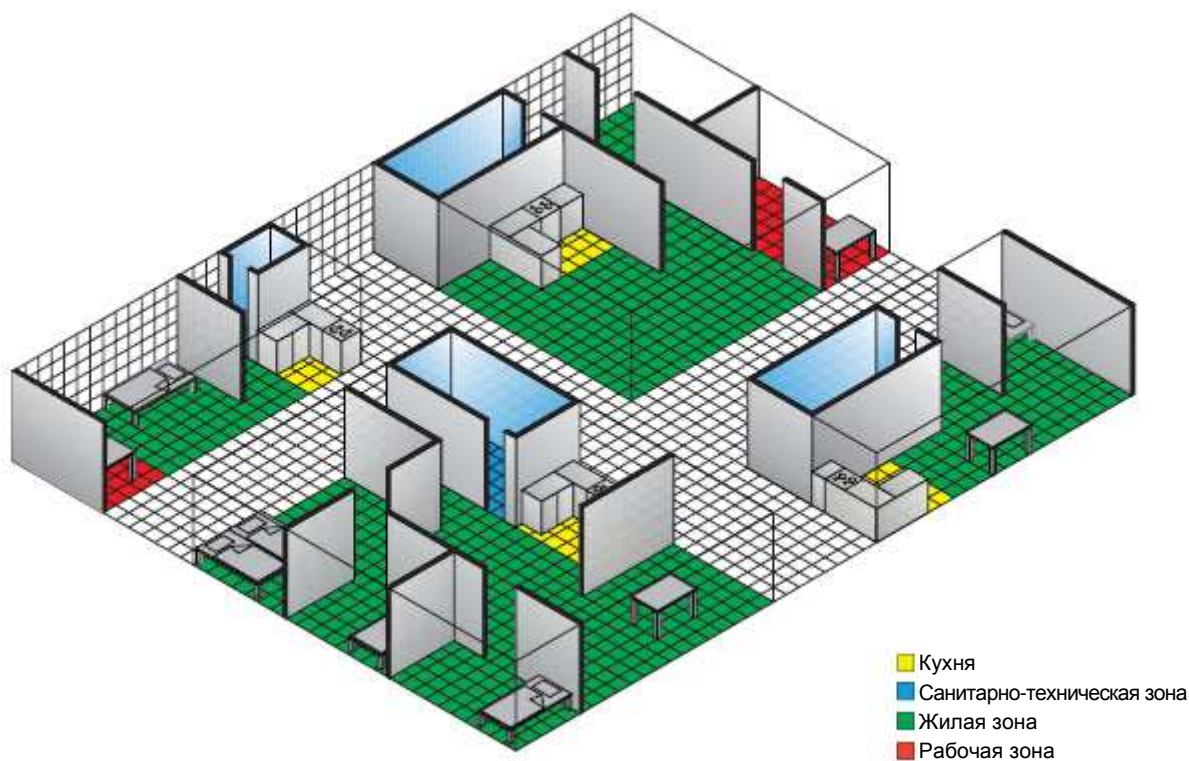


Рис. 32:
Примерный
вариант гибкой
планировки
внутренних пе-
регородок.

Холодногнутые профили для легких стальных конструкций

Изготовление и свойства

Холодногнутые профили представляют собой стальные изделия, изготовленные из листовой стали с покрытием или без покрытия, полученного методом холодной или горячей прокатки. Разная форма поперечного сечения получается в результате обработки листовой стали методами вытяжки, гибки или вальцовки в холодном состоянии.

Обзор соответствия сортов конструкционной стали технологии холодной обработки давлением содержится в таблице 3.1. ЕВРОКОДА 3-1-3. Предел текучести этих сталей составляет от $f_y = 220$ до 500 Н/мм^2 , в данном случае используется преимущественно горячеоцинкованная листовая сталь с $f_{yk} = 320$ или 350 Н/мм^2 .

С помощью описанных ниже технологий можно изготовить профили с самыми разнообразными формами поперечного сечения, которые находят применение в создании легких стальных конструкций. На рынке предлагаются различные сечения и геометрия легких профилей стандартных размеров.

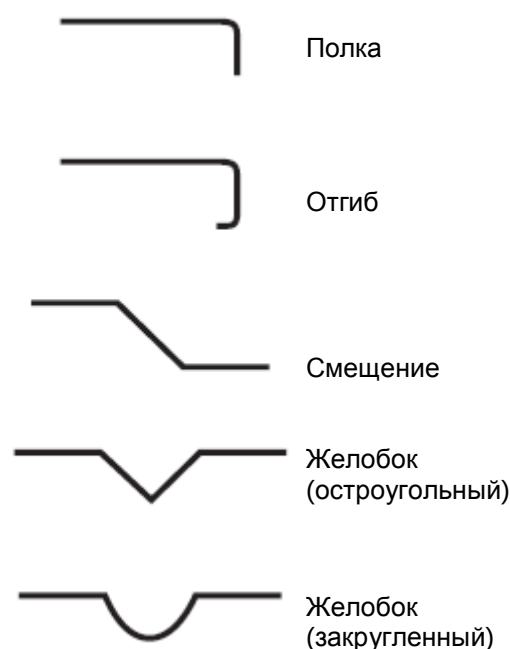
Исходя из этого, возможно изготовление всевозможных специальных профилей по согласованию с фирмами-производителями, но все же изготовление единичных экземпляров является нерентабельным для производства.

Остальные характеристики холодногнутых профилей содержатся в Стандартах Организации фирм-производителей или Ассоциаций производителей профилей.

Толщина листового металла изображенных на рис. 33 профилей составляет $t = 0,7 - 2,5 \text{ мм}$, но тем не менее они соответствуют требованиям жилищного строительства по своей способности выдерживать статические нагрузки.



Рис. 34:
Усиливающие
формы для стенки
и полки профиля



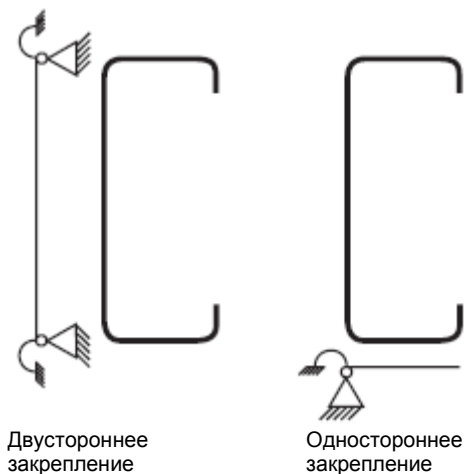
Ненесущие профили, например, легкие межкомнатные стены, или звукопоглощающие профили, изготавливаются из листового металла толщиной до $0,6 \text{ мм}$.

Расчет холодногнутых профилей (толщина от $t = 0,7$ до $3,0 \text{ мм}$) производится согласно нормам и правилам, изложенным в ЕВРОКОДЕ EN 1993-1-3.

«Вспучивание» профилей в отдельных местах, возникающее по причине тонких стенок, существенно влияет на их несущую способность. Так как после вспучивания остается постоянная область, которая позволяет далее увеличивать нагрузку, были разработаны вышеуказанные нормы для экономичного определения размеров холодногнутых профилей. Смещение напряжения на вспученных стенках к более прочным продольным краям учитывается при расчете параметров т.н. *редуцированного сечения*. Благодаря использованию комбинации различных форм элементов жесткости в профиле (рис. 34) можно значительно повысить допустимое напряжение вспучивания на тех или иных участках профилей (рис.35).

Рис. 33:
Формы поперечного сечения холодногнутых профилей, используемых в жилищном строительстве

Рис. 35
Одно- и двух-
стороннее за-
крепление тон-
костенного
стального про-
филя.



При этом необходимо учитывать следующие основные положения:

- При одностороннем закреплении полка должна обязательно иметь отгиб, что позволяет использовать профиль более экономично.
- Отбортовка профиля с односторонним закреплением значительно эффективнее желобка.
- Так как использование более двух желобков не приводит к дальнейшему увеличению напряжения вспучивания, при расчете учитывают не более двух желобков на каждой поверхности закрепления.
- Отверстия для электромонтажных и сантехнических проводок должны располагаться только в стенках профилей, ни в коем случае не попадать на изгибы полок. Влияние этих отверстий на несущую способность профиля не регулируется действующими в Европе нормами. В данном случае целесообразно ориентироваться на американские стандарты.

Влияние отверстий, расположенных посередине в изогнутых балках, можно не принимать во внимание, если отношение диаметра отверстия к высоте поперечного ребра меньше 0,38. При двустороннем закреплении профилей с круглым отверстием в центре при постоянном

напряжении сжатия эффективная ширина (редуцированное сечение профиля) можно определять по следующей формуле:

$$\rho = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \frac{0,22}{\lambda} - \frac{0,8 \cdot d_h}{h} \right)$$

d_h = диаметр отверстия

h = высота балки

$b_{off} = \rho \cdot b$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_d}{\sigma_{kj}}}$$

причем

где $\sigma_d \leq f_{yd}$

и σ_{kj} - критическое напряжение потери устойчивости

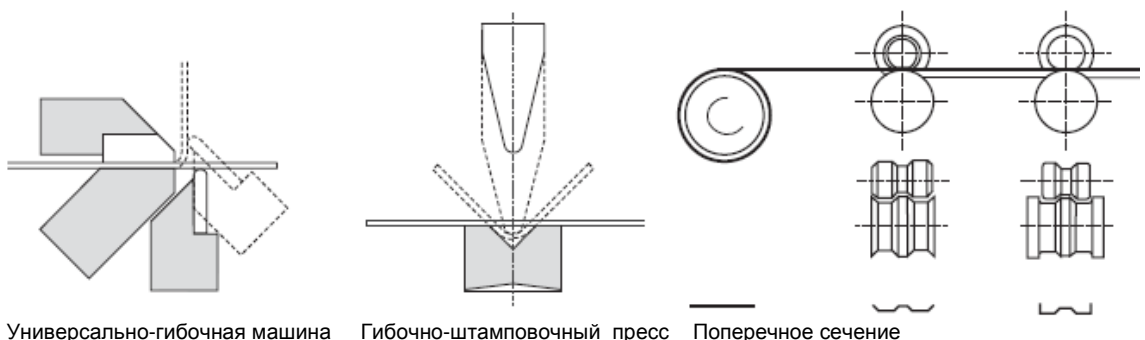
Изготовление холодногнутых профилей осуществляется с использованием трех технологий:

- вытяжка
- изгиб
- прокат

При вытяжке, точнее прокате с изгибом, стальная лента вытягивается из рулона и пропускается через роликовый конвейер. Количество отдельных, последовательно расположенных валов для формовки зависит от сечения профиля и выбранной геометрии формы. Можно изготавливать профили длиной до 12 м. Вытяжка отличается относительно низкими расходами на инструмент и очень хорошо подходит для изготовления сложных форм поперечного сечения из тонкого металла.

Изгиб производится с помощью универсальной гибочной машины или гибочно-штамповочного пресса. На гибочной машине лист металла прочно зажимается между верхней и нижней траверсами.

Рис. 37:
Работа станка при вальцовочной гибке



Универсально-гибочная машина

Гибочно-штамповочный пресс

Поперечное сечение

Рис. 36
Кромкогибочные
станки

С помощью расположенной между ними поворотной траверсы лист металла изгибается под нужным углом. С помощью сменной шины на траверсе можно регулировать радиус изгиба. (Рис. 36) На гибочно-штамповочном прессе лист металла с помощью гибочного штампа приобретает v-образную форму.

Но самой важной технологией промышленного изготовления профилей является профилирование на роликовой листогибочной машине. Стальная лента разматывается из рулона и пропускается через последовательно расположенные ролики, подвергаясь непрерывному деформированию (рис. 37). Изменяя диаметр роликов и конфигурацию гибки, можно – за счет пластической деформации поперечного сечения – положительно влиять на остаточные напряжения.

Таблицы несущей способности для стеновых стоек и балок перекрытий

Расчет величин, указанных в таблицах (рис. 40 и 41), основывается на следующих принципах и допущениях.

Профили, изготовленные методом холодного профилирования, соответствуют директиве 016 для аэродинамических и прочностных испытаний [11]. Используемая сталь имеет предел текучести $f_{yk} = 320 \text{ Н/мм}^2$, что соответствует Fe E 320 G согласно директиве EN 10147. Несущая способность, указанная в таблице (рис. 40), действительна только для стеновых панелей с двусторонней обшивкой. Материалы обшивки должны иметь разрешение органов строительного надзора для использования в качестве элементов жесткости.

Стойки стен

Статичная система стоек стен представляет собой изменяемую рамную систему. С помощью обшивки можно исключить деформации системы, возникающий в результате работы по слабой оси профилей. Рассматриваются высоты стен 260 см, 300 см и 350 см. При расчете стоек в наружных стенах необходимо учитывать нагрузку с эксцентриситетом. При допуске линейного распределения напряжения на балке перекрытия эксцентриситет этой нагрузка составляет $e_z = 0$, $e_z = h/6$, а средняя величина $e_z = h/12$. Высота стенки и толщина листа C-образного профиля могут варьироваться. Для стыка обшивки к профилю ширина его полки должна составлять не менее 50 мм. Отсюда следует минимальная высота отгиба 10 мм.

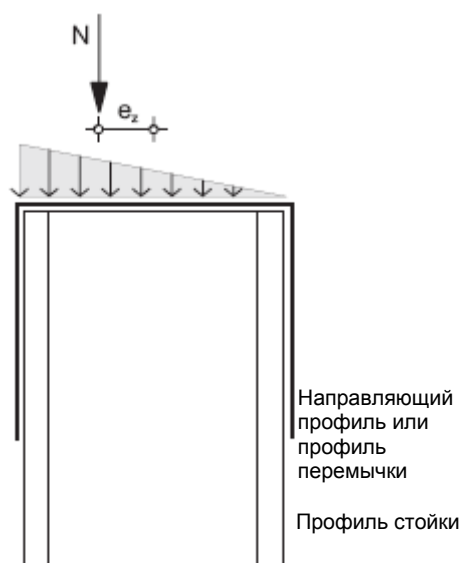


Рис. 38:
Эксцентрическая нагрузка на профиль стойки

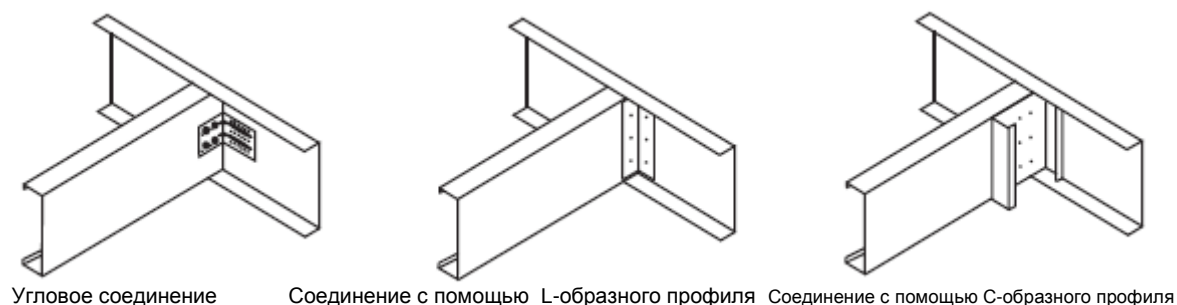
Балки перекрытия

При расчете настила перекрытий необходимо исходить из расчета собственного веса $\gamma = 1,55 \text{ кН/м}^2$ + полезная нагрузка. В качестве нагрузки используются величины $2,0 \text{ кН/м}^2$ и $3,5 \text{ кН/м}^2$. Предельная ширина пролета для балок перекрытия определяется по следующим формулам, указанным в таблице (рис. 41) как формы отказа 1-3, описание см. ниже:

1. Предельный изгибающий момент балки $M_{y,Rd} = f_{yk} \times W_{ef} / \gamma_M$. Потерю устойчивости однопролетной балки в результате изгиба можно исключить, так как благодаря обшивке обеспечивается достаточное сопротивление сдвигу.
2. Предельная поперечная сила $V_{z,Rd}$
3. Предельный прогиб, допустимый в эксплуатации $\delta \leq L/500$ при нагрузках согласно таблице 4.1, ENV 1993-1-1. При размере пролета около 5 м с помощью этого упрощенного критерия, согласно ENV 1993-1-1, абзац 4.3.2, достаточно ограничиваются также колебания и вибрация. При более длинных пролетах колебательные движения необходимо рассчитывать для каждого конкретного случая.

Дополнительно указывается предельное усилие балки R_{ul} , R_d при ширине балки 50 мм. Так как холодногнутые профили очень чувствительны к потере устойчивости стенки балки на опоре, этот критерий имеет решающее значение практически для всех балок. Поэтому указанные предельные размеры пролетов действительны только при достаточном усилении балок на опорах (рис. 39).

Рис. 39:
Варианты
усиления сты-
ковки балок
на опоре

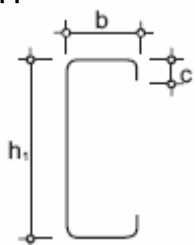


Угловое соединение

Соединение с помощью L-образного профиля

Соединение с помощью С-образного профиля

С-образные профили для стен



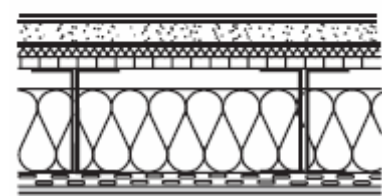
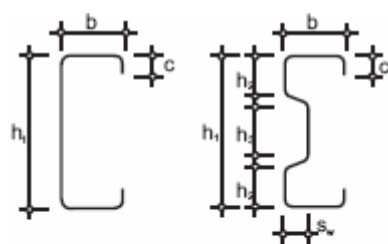
Условные обозначения профиля:

Высота стенки h_1
Ширина полки b
Высота фланца c
Номинальная толщина
металла t_n
Толщина металла t

A_{eff}^D = активное напряжение на поперечное сечение [mm^2]
 A_{eff}^B = активный изгиб поперечного сечения [mm^2]
 $W_{eff,y}$ = момент сопротивления [cm^3]
 e_{Dz} = расстояние по отношению к действующей точке тяжести [mm]
 l = длина профиля (= длине изгиба) [cm]
 e_z = эксцентриситет нагрузки
 $N_{R,d}$ = предельное усилие [kN]

Профиль $h_1 \times b \times c \times t_n$	t [mm]	A_{eff}^D [mm^2]	A_{eff}^B [mm^2]	$W_{eff,y}$ [cm^3]	e_{Dz} [mm]	l [cm]	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = 0$	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = h/12$	$N_{R,d}$ [kN] $e_z = h/6$
C 100x50x10x1,0	0,92	106,7	163,1	4,75	7,28	260	27,2	21,9	19,9
						300	24,6	20,2	18,5
						350	21,5	17,8	16,5
C 100x50x10x1,5	1,42	217,4	287,4	8,74	2,71	260	54,4	43,8	39,6
						300	48,7	39,7	36,2
						350	41,8	34,5	31,9
C 100x50x10x2,0	1,96	338,7	397,0	12,13	2,18	260	76,4	61,5	55,6
						300	68,3	55,6	50,7
						350	58,4	48,2	44,5
C 150x50x10x1,0	0,92	106,7	163,4	7,35	14,67	260	31,0	24,1	21,2
						300	29,7	23,4	20,7
						350	27,9	22,3	20,0
C 150x50x10x1,5	1,42	220,2	338,0	14,36	5,43	260	64,1	56,2	48,8
						300	64,1	54,4	47,8
						350	64,1	51,7	46,3
C 150x50x10x2,0	1,96	350,0	493,2	20,80	2,96	260	101,8	86,0	74,4
						300	101,8	83,3	73,2
						350	99,1	78,6	70,2

Рис. 40: Таблица несущей способности стоек стен

С-образные, Сигма - образные и I-образные профили для перекрытий**Настил перекрытия 1,55 кН/м²****Условные обозначения
профиля:**

Высота стенки h_1
 Ширина полки b
 Высота фланца c
 Номинальная толщина
 металла t_n
 Толщина металла t

Керамическая плитка, 10 мм
 Цементная стяжка, 40 мм
 Изоляция от ударного
 шума 20 мм
 Обшивка, ДСП 26 мм
 Звукоизоляционный слой 120 мм
 Подвесной потолок ГВЛ 2 x 12,5 мм

$W_{eff,y}$ = момент сопротивления [см³]
 I_{eff} = момент инерции [см⁴]
 $M_{y,Rd}$ = максимальный момент [кНм]
 $R_{ut,Rd}$ = опорное усилие [кН]
 $V_{z,Rd}$ = поперечное усилие [кН]
 p = нагрузка
 b = расстояние между балками
 l_{gr} = допустимая длина пролета

^{1,2,3} Форма отказа

* Не требуется усиление опор

Профиль $h_1 \times b \times c \times t_n$ $h_2 \times h_3$	W_{eff} [см ³]	I_{eff} [см ⁴]	$M_{y,Rd}$ [кНм]	$R_{u1,Rd}$ [кН]	$V_{z,Rd}$ [кН]	$p = 2,0$ $b = 40$ см	$p = 2,0$ $b = 60$ см	$p = 3,5$ $b = 40$ см	$p = 3,5$ $b = 60$ см
						l_{gr} [см]	l_{gr} [см]	l_{gr} [см]	l_{gr} [см]
C 150x50x10x1,0	7,35	71	2,14	1,60	5,58	288 ¹	235 ¹	240 ¹	196 ¹
C 150x50x10x1,5	14,36	120	4,18	3,50	20,5	364 ³	318 ³	302 ³	264 ³
C 150x50x10x2,0	20,80	165	6,05	6,06	40,1	405 ³	354 ³	336 ³	293 ³
C 200x50x10x1,0	10,07	134	2,93	1,60	4,18	336 ¹	270 ²	281 ¹	188 ²
C 200x50x10x1,5	19,41	228	5,65	3,50	15,4	451 ³	381 ¹	374 ³	318 ¹
C 200x50x10x2,0	30,37	326	8,84	6,06	40,1	508 ³	444 ³	422 ³	369 ³
C 250x50x10x1,5	24,95	378	7,26	3,50	12,3	526 ¹	432 ¹	440 ¹	361 ¹
C 250x50x10x2,0	37,96	549	11,04	6,06	32,4	605 ³	529 ³	502 ³	439 ³
Σ 200x65x10x1,5 36 x 100	29,03	314	8,45	2,17	23,3	502 ³	439 ³	416 ³	364 ³
Σ 200x65x10x2,0 36 x 100	42,08	434	12,24	5,33	48,3	560 ³	488 ³	464 ³	405 ³
Σ 250x70x10x1,5 50 x 120	39,75	541	11,56	2,17	19,0	602 ³	526 ³	499 ³	436 ³
Σ 250x70x10x2,0 50 x 120	58,44	757	17,00	5,33	47,1	673 ³	588 ³	559 ³	488 ³
I 150x50x10x1,5	28,72	240	8,36	7,00	4',C	459 ^{3*}	400 ^{3*}	380 ^{3*}	332 ^{3*}
I 200x50x10x1,5	38,82	456	11,30	7,00	30,8	568 ^{3*}	497 ^{3*}	472 ³	412 ³
I 250x50x10x1,5	49,90	756	14,52	7,00	24,6	673 ^{3*}	588 ^{3*}	588 ^{3*}	488 ^{3*}

Рис. 41: Таблица предельных размеров пролетов перекрытий

Изготовление, укрупнительная сборка и монтаж

Для сооружений из ЛСТК действуют иные, по сравнению с массивными плоскими строительными деталями, принципы проектирования. Монтаж рамной конструкции из легких стальных профилей может быть выполнен как на строительной площадке, так и предварительно на заводе. Эти способы возведения отличаются в отношении планирования, исполнения и логистики, хотя преимущества и недостатки каждого из них взаимно уравниваются.

Монтаж на строительном объекте

При возведении конструкции из отдельных профилей непосредственно на месте существуют различные возможности транспортировки материалов к строительной площадке. Не разрезанное сырье (заготовки в рулонах), готовые профили нужной длины или даже полностью готовые строительные элементы (например, стропильная ферма или конструкция стеновых панелей) могут служить исходным строительным элементом.

Рис. 42 (внизу):
Монтаж каркасной конструкции из отдельных стоек

Рис. 43 (ниже):
Монтаж готового элемента крыши



Профили устанавливаются на перекрытиях подвала или на фундаментной плите. При таком способе изготовления не требуются тяжелые подъемные устройства. Так как технологии крепления отличаются простотой, такой способ постройки здания подходит для индивидуальной работы.

Сборка может продолжаться от 4 до 6 недель в зависимости от погодных условий. В это время возможно намокание конструкции из-за атмосферных осадков. В связи с этим необходимо предусмотреть наличие складского помещения для хранения материалов (более подробно об это см. в главе «Защита от коррозии»).

Заводская укрупнительная сборка

Эффективное использование стали в жилищном строительстве требует высокой степени предварительной сборки. Благодаря модульному принципу конструкции строительных элементов легкие стальные конструкции становятся изделиями промышленного изготовления.

Легкие стальные конструкции допускают высокую степень промышленной сборки. Различные металлические листы и стальные строительные детали могут быть соединены сваркой, винтовыми соединениями, стыковкой, захватом, скобами, гвоздями. В этом отношении на заводе могут быть созданы лучшие условия, чем на строительной площадке. В большинстве случаев тонкостенные профили соединяются винтами. Обшивка, как правило, также крепится винтами к металлическим стойкам.

В процессе предварительной сборки рамная конструкция полностью собирается и обшивается. При этом существует возможность односторонней и двусторонней обшивки. Если выполняется односторонняя обшивка, которая используется главным образом для наружных поверхностей, сначала с высокой гарантией качества изготавливаются все несущие элементы конструкции, а затем на строительной площадке в короткие сроки закрываются внутренней обшивкой, которая не подвержена атмосферным воздействиям.

Укрупнительная сборка элементов с двусторонней обшивкой производится до степени готовности внутренних слоев и внешних поверхностей строительных элементов. За процессом сборки на заводе необходимо осуществлять надзор внешних наблюдателей, так как сборка элементов с внутренним наполнением (пленка, изоляционный слой и т.д.) при поставке на строительную площадку больше не подвергается проверке.

Исходя из этого, в технологии ЛСТК могут быть выполнены целые помещения, полностью готовые к сборке на строительной площадке.

Технология крепления и стыковки оказывает значительное влияние на экономичность производства и монтажа зданий. С экономической точки зрения необходимо отдавать предпочтение простым технологиям крепления, стыковки и монтажа перед конструкциями с минимальным расходом материалов. Если расходы на материалы составляют 30% по сравнению с 70% расходов на заработную плату, то использование большего количества материалов компенсируется за счет незначительных расходов на сборку и простой технологии монтажа.

В Европе сегодня под контролем органов строительного надзора разрабатывают и испытывают технологию крепления обшивки пневматическими средствами (дюбели, скобы). Такая технология стыковки очень экономична и позволяет рационально осуществлять ход строительства. В настоящее время она уже используется в промышленном производстве строительных деталей.

Как и при строительстве из дерева, в этой технологии дюбели и скобы вбиваются в сталь с высокой кинетической энергией. Крепление производится через профилирование, с помощью распорок или, предпочтительнее, с помощью точечной пайки или точечной склейки.

При точечной пайке или склейке внешнее покрытие соединительного средства плавится в течение короткого времени под воздействием теплоты трения. Они соединяют динамической связью соединительное средство со стальным профилем в точке пересечения.

Крепление пневматическими средствами, более простое и быстрое по сравнению с винтовым соединением, имеет и отрицательную сторону: недостатки при вбивании соединительных средств в стальные профили можно на строительной площадке обработать только снаружи.

Преимущества промышленной сборки заключаются, главным образом, в гарантированном качестве изготовленных строительных деталей. В производственных цехах обработка может производиться непрерывно, в независимых от атмосферных воздействий условиях. Кроме того, осуществляется постоянный контроль производственного процесса. При изготовлении крупных элементов можно использовать специальные инструменты, которых нет на строительной площадке, вплоть до полностью автоматизированных производственных линий.

Габаритные размеры готовых изделий зависят от производственных и транспортных мощностей завода-изготовителя, от размеров, необходимых для поставки и обработки на строительной площадке, и от системы строительства. Стандартный размер – около 3 м x 8 м. Максимальные габариты составляют около 6 м x 12 м.

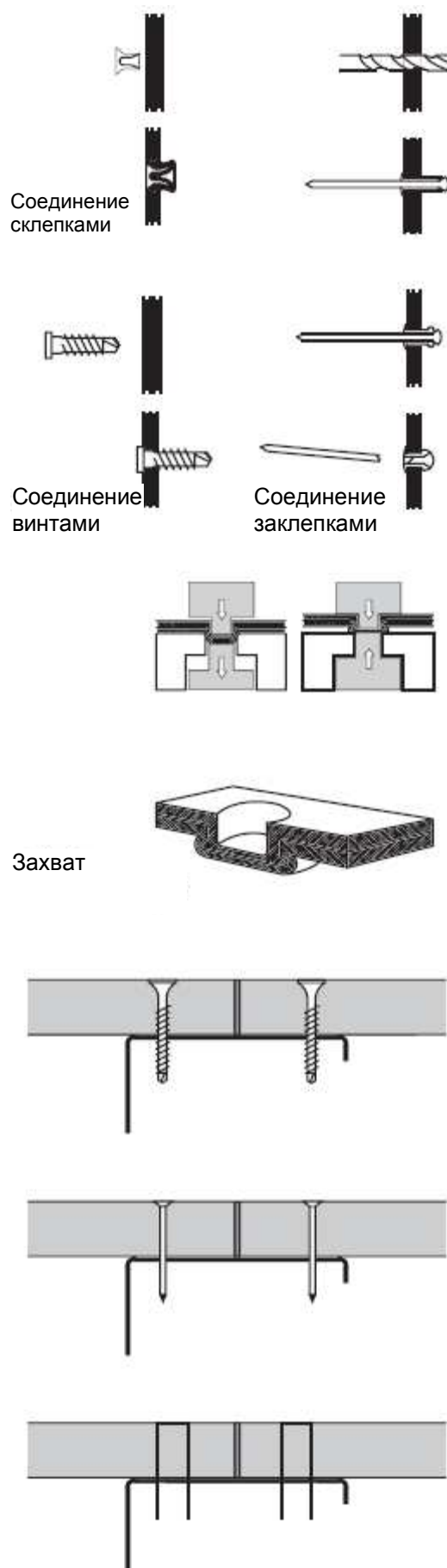


Рис. 44:
Варианты
соединения
легких
профилей

Рис. 45:
Варианты
крепления
плит ГКЛ к ме-
таллическим
профилям.



Рис. 46:
Изготовление
стенных
панелей с при-
менением ро-
бототехники

Используя технологию предварительного монтажа, можно значительно сократить время строительства, так как можно одновременно осуществлять подготовку строительного участка со всеми коммуникациями, внешними устройствами и изготавливать дом. По сравнению с технологией сборки на строительной площадке, расходы на планирование выше, а также меняются проектные задачи.

Рис. 47:
Монтаж гото-
вых стеновых
элементов на
строительной
площадке

Необходимо спланировать не только расположение отдельных компонентов конструкции, но и крепления готовых деталей в процессе монтажа с точки зрения требований строительной физики и нагрузок на каждую отдельную деталь и группы строительных элементов (например, герметичность стыковки деталей, передача звука на боковые поверхности).



Рис. 48 - Пневматическое соединение дюбелей в стальные профили

В зависимости от масштабов предварительного заводского монтажа планирование необходимо завершить к моменту начала производства. Этот период составляет 4-8 недель до начала строительства. Окончательные решения по отдельным деталям необходимо принимать заблаговременно. Более позднее внесение изменений трудно осуществимо и влечет дополнительные расходы.

В зависимости от степени предварительной сборки, выполняемой на заводе, на строительной площадке готовые строительные детали (например, стены) должны быть закрыты. При необходимости дополнительно обрабатывают поверхности в некоторых местах. Таким образом, можно регулировать долю индивидуальной работы при строительстве дома даже при наличии готовых строительных элементов.

Быстрое изготовление и доставка строительных элементов позволяет возвести коробку здания в сжатые сроки. В течение трех-четырех дней индивидуальный дом может быть построен и готов к выполнению внутренних отделочных работ, которые производятся независимо от погодных условий. При таком способе строительства не только сокращаются расходы, но и не требуются складские помещения для хранения материалов. Строительный мусор сводится к минимуму.

При выполнении монтажных работ на строительной площадке первоочередное значение имеет контроль качества стыковки строительных деталей, так как оно оказывает решающее влияние на физические характеристики здания. Эти детали и узлы необходимо точно спланировать заранее.

Требования строительной физики к жилым домам

Проектирование функциональных строительных деталей и элементов здания представляет собой комплексный процесс. При этом **физическим характеристикам** часто уделяют должное внимание только на завершающей стадии проектных работ. Их учет приобретает, таким образом, характер дополнительного, вынужденного мероприятия. Подобное отношение может привести к тому, что здание не будет обладать нужными качествами, или для получения этих свойств придется прибегать к дополнительным мерам, в результате чего возрастает опасность конструктивной ошибки и увеличения стоимости.

Необходимо принимать во внимание, что конструкция или отдельный элемент, как правило, должны соответствовать сразу нескольким требованиям строительной физики. Здания из легких стальных конструкций предоставляют очень хорошие возможности для реализации требований относительно звукоизоляции, огнестойкости и теплоизоляции. Но в то же время очень важно еще на ранних этапах работы продумать учет детального планирования физических свойств конструкции в процесс проектирования, чтобы создать комплексные технические решения.

Особая роль отводится детальной разработке соединений – не только в ходе создания проекта, но и – как было сказано в главе «Изготовление, укрупнительная сборка и монтаж» – в равной мере при конструировании. Комбинации строительных элементов должны в виде целостной конструкции обладать необходимыми характеристиками (например, огнестойкость звукоизоляция). Рамная конструкция должна быть спланирована таким образом, чтобы не нарушить физические свойства (например, конструкция без тепло- и звукоизоляции).

В следующих разделах речь пойдет об отдельных компонентах комплексного проектирования с учетом требований строительной физики. Будут описаны свойства различных конструкций для использования их при строительстве. Для ознакомления с различными техническими требованиями и правилами можно обратиться к списку литературы.

Звукоизоляция и строительная акустика

Во всем мире возрастает интерес к экономичным или совсем дешевым возможностям улучшить звукоизоляцию жилых зданий и, прежде всего, многоэтажных домов. При строительстве зданий из ЛСТК можно очень эффективно достичь высокой степени звукоизоляции.

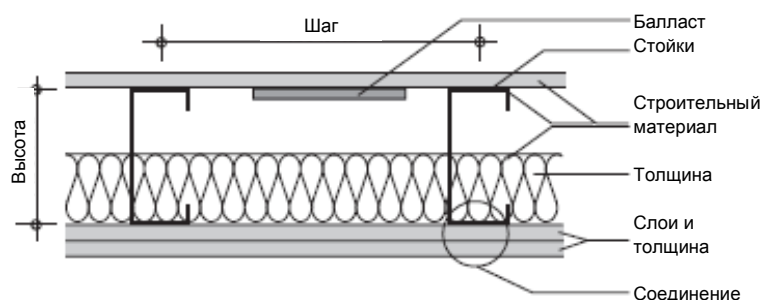


Рис.49:
Варианты параметров двухслойной строительной панели из легких стальных конструкций

Звукоизоляционные свойства зданий из легких стальных конструкций

Двухслойные строительные элементы

Для изоляции зданий из легких стальных конструкций от воздушного и ударного шума используют акустические принципы сухого строительства с использованием облегченных конструкций. Звукоизоляция не зависит от массы конструкции, она создается благодаря сочетанию последовательного наложения слоев и акустических соединений.

Если сравнить звукоизоляцию легких строительных конструкций с точки зрения собственного веса, толщины детали и экономичности, например, с гипсовыми (гипсокартонными и гипсоволокнистыми) листами, обнаружится преимущество первых (рис. 54). При этом акустические характеристики зависят от системы в целом: от материала панели, от металлических стоек (вид стоек и расстояние между ними), от заполнения пустот и технологий крепления и стыковки (рис. 49).

Из этих отдельных компонентов складывается целостная система, которая с точки зрения акустических свойств называется «легкой двухслойной» деталью.

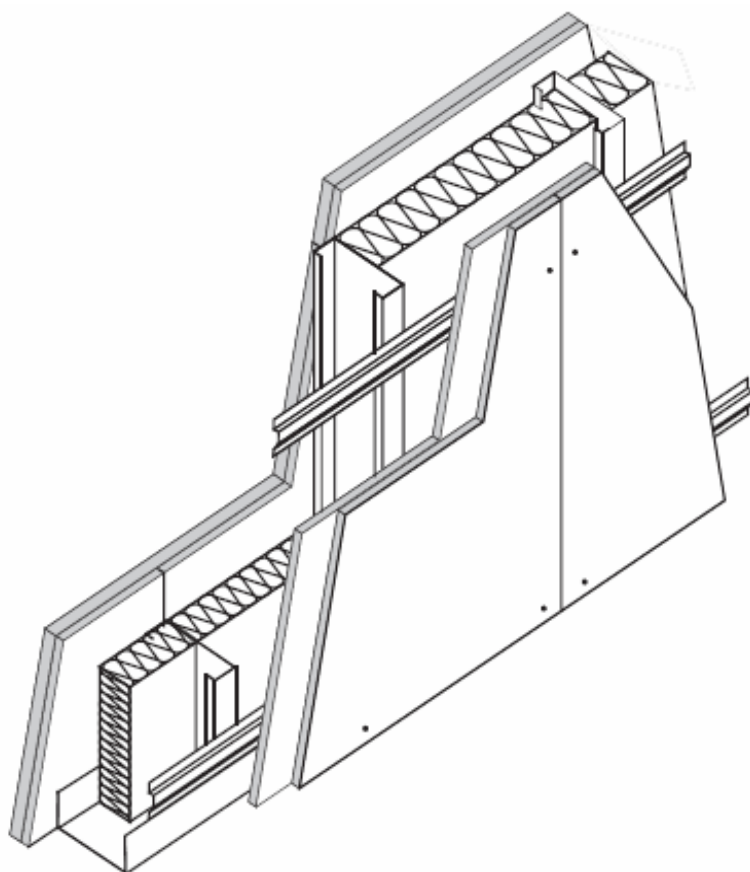
Самое большое влияние на звукоизоляцию оказывают следующие факторы:

- Жесткость соединения двух обшивок; она, кроме прочего, зависит от вида конструкции и расположения металлических стоек и крепления панели к конструкции основания (фундаменты, перекрытия и пр.).

Фактор	Лучше	Хуже
Вид стойки		
Расстояние между стойками		
Расстояние между слоями		
Одинарные стойки - двойные стойки		
Дополнительные обшивки		
Заполнение пустот		

Рис. 50 (вверху):
Факторы, влияющие на звукоизоляцию двухслойных строительных элементов

Рис. 51 (внизу):
Возведение стены с металлическими опорами

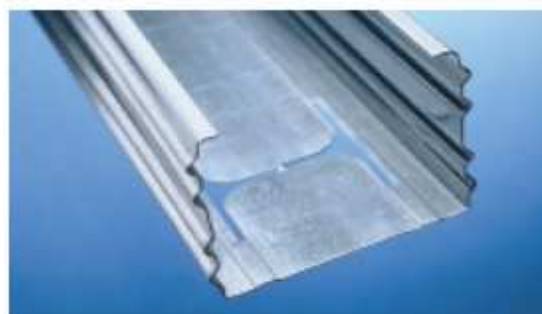
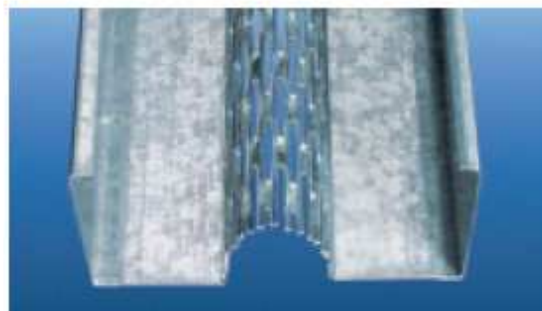


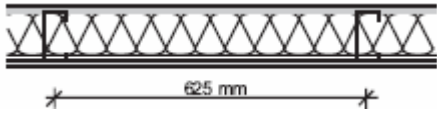
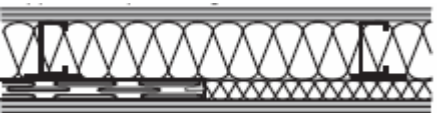
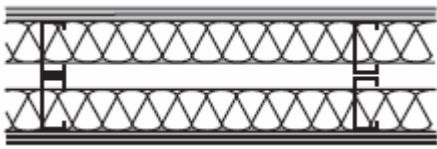
- Расстояние между обшивками (выбор профиля)
- Жесткость отдельных слоев обшивки; она зависит от толщины материала и структуры листов
- Линейно зависящая масса отдельных слоев обшивки; она зависит от материала панели и одинарного или многослойного типа обшивки
- Вид, свойства (например, объемный вес и теплопроводность) и степень наполнения изоляционным материалом пазух панели.

Рис. 52 (внизу):
Акустический профиль, где стенка имеет ребро с перфорацией

Рис. 53а (в середине):
Акустический профиль с ребром стенки

Рис. 53б (внизу):
Акустический профиль с ребристой полкой



Конструкция	Толщина панели	Удельный вес	Степень звукоизоляции	Противопожарная категория
Стандартная стена со стойками, одинарная обшивка из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит 	75 - 125 мм	35 – 34 кг/м ²	40 – 54 Дб	F 30-A
Стандартная стена со стойками, двойная обшивка из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит 	100 – 150 мм	45 - 65 кг/м ²	47 – 60 Дб	F 60-A F 90-A
Стандартная стена со стойками с „Resilient Channels“, двойная обшивка из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит 	около 155 мм	около 52 кг/м ²	около 61 Дб	F 60-A F 90-A
Стена с двойными стойками, двойная обшивка из гипсокартонных или гипсоволокнистых плит 	175 – 275 мм	65 – 80 кг/м ²	59 – 65 Дб	F 90-A F 120-A
Массивные стены из кирпича и известняка, 11,5 см, оштукатурены 	145 мм	160 -240 кг/м ²	42 – 47 Дб	F 90-A F 120-A
Массивные стены из кирпича и известняка, 24 см, оштукатурены 	270 мм	260 – 500 кг/м ²	48 – 55 Дб	F 180-A BW

*Противопожарные свойства зависят от применения в качестве несущей или ненесущей стены

Рис. 54:
Сравнительная таблица акустических свойств стен из ЛСТК и массивных конструкций

Звукоизоляция ЛСТК от воздушного шума

Положительное воздействие на звукоизоляцию двухслойных строительных элементов оказывают следующие факторы:

Изгибно-гибкие оболочки с высоким удельным весом

Для хорошей звукоизоляции обшивка должна быть нежесткой, гибкой в отношении звукоизоляции. К нежестким видам обшивки относятся обычные строительные панели толщиной до 20 мм, например гипсокартонные, гипсоволокнистые или древесно-стружечные плиты.

Удельный вес обшивки также положительно влияет на звукоизоляцию строительного элемента. Чем выше удельный вес нежесткой обшивки, тем лучше звукоизоляция панели.

Меры для улучшения звукоизоляции :

- Увеличение массы обшивки
- Двойная обшивка
- Отягощение обшивки

Изоляция соединения между обшивками

Соединительный элемент между двумя обшивками (например, стойка) образует «мост» для передачи шума. Для улучшения звукоизоляционного качества панели стыки необходимо определенным образом изолировать (смягчить, амортизировать с помощью пружины или подобрать нужное поперечное сечение профиля, например Resilient Channels, рис. 51) или в идеальном случае полностью разделить два слоя (стена с двойными стойками).

Кроме того, существуют профили, полки которых имеют утолщенную или ребристую поверхность, чтобы уменьшить площадь соприкосновения с обшивками и, тем самым, снизить передачу шума.

Меры для улучшения звукоизоляции :

- Увеличение расстояния между стойками
- Увеличение расстояния между слоями обшивки (высота профиля стойки)
- Закрепление обшивки поверх изоляционных лент, пружинных шин или пружинящих элементов
- Применение звукоизоляционных профилей (ребристые или выпуклые профили - см рис. 52-53.)
- Разделение двух слоев обшивки (стена с двойными стойками)

Изоляция полости панели

Для повышения звукоизоляции пустоты заполняются звукопоглощающим материалом, как правило, волокнистыми материалами. При прохождении через волокна энергия звука преобразуется в тепловую энергию. Жесткий пенопласт как материал для изоляции межэтажных перекрытий и стен не подходит для звукоизоляции.

Меры для улучшения звукоизоляции:

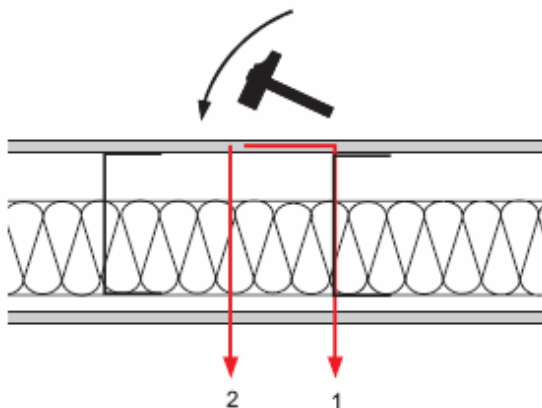
- Заполнение волокнистым звукоизоляционным материалом должно составлять не более 80% поперечного сечения панелей

Перекрытия из легких стальных конструкций

Для изоляции перекрытий от воздушного шума необходимо принимать те же меры, что и для конструкции стен. Наряду с требованиями изоляции от воздушного шума, для перекрытий очень важным критерием является степень изоляции от ударного шума. Поэтому в конструкции легких потолочных перекрытий основное внимание необходимо сконцентрировать на достижении достаточной изоляции от ударного шума. Следует исходить из того, что достаточная изоляция от ударного шума автоматически обеспечивает хорошую изоляцию от воздушного шума.

Для достижения высокой степени изоляции от ударного шума легкой стальной конструкции необходимо создать препятствие для прямой передачи физического шума через потолочное перекрытие, по возможности разграничивая поступление шума на верхнюю сторону перекрытия и распространение шума на нижнюю сторону. Это достигается путем последовательного разделения отдельных слоев. Для этого используются в первую очередь бесшовные полы, которые, как правило, отделяются от несущей конструкции слоями, поглощающими ударный шум (плавающие полы).

Рис. 55:
Схема передачи ударного шума в конструкции из ЛСТК
1 Передача через стойку
2 Передача через пустотелое пространство между слоями перекрытия



Положительное влияние на звукоизоляцию полов оказывают следующие факторы:

- Отсутствие жесткости и высокий удельный вес пола
- Небольшая жесткость звукоизоляционного слоя при большой толщине
- Предотвращение образования моста для передачи шума на стены и потолок
- Аккуратное выполнение креплений к стенам помещения (изоляционные ленты)
- Дополнительное утяжеление в виде сыпучих веществ, матов и каменных плит
- Мягко пружинящий настил пола, например, ковровое покрытие (не учитывается при определении минимально необходимой звукоизоляции)

Сухие системы бесшовных полов улучшают звукоизоляцию и по сравнению с мокрой стяжкой и имеют преимущества в виде меньшего веса и возможности быстрого монтажа. Кроме того, благодаря отсутствию мокрых процессов и необходимости высыхания, сокращается срок строительства.

Метод расчета массивных перекрытий с поправочными коэффициентами для полов, применим для легких стальных конструкций лишь в ограниченной степени. Поправочные коэффициенты, рассчитанные для массивных перекрытий и относящиеся к различным настилам, чаще всего - к бесшовным полам, нельзя переносить на легкие стальные конструкции. Слабые места массивных конструкций - в плане изоляции от ударного шума - относятся к высокочастотному диапазону, а легких стальных конструкций - напротив, к низкочастотному. Так как изолирующее воздействие бесшовных перекрытий при низких частотах меньше, чем при высоких, возникает парадоксальная ситуация, когда значение поправочного коэффициента, рассчитанного для конструкции пола, укладываемого на массивное перекрытие, больше, чем при наличии легких перекрытий.

В зависимости от вида конструкции легких систем перекрытий, могут возникать принципиальные отличия в поправочных коэффициентах по шуму шагов для сухих оснований полов. Поэтому поправка на шум шагов, рассчитанная для конкретной конструкции легкого перекрытия, подходит только для этого перекрытия и не может использоваться для расчетов массивной конструкции или для другой легкой конструкции. Чтобы избежать неправильной интерпретации акустических результатов, перенос установленных размеров можно осуществлять только при совпадении основных конструктивных факторов.



Рис. 56 (вверху): Использование шумоизолирующих профилей снизу балок в качестве звукоизоляционного компонента подвесного потолка

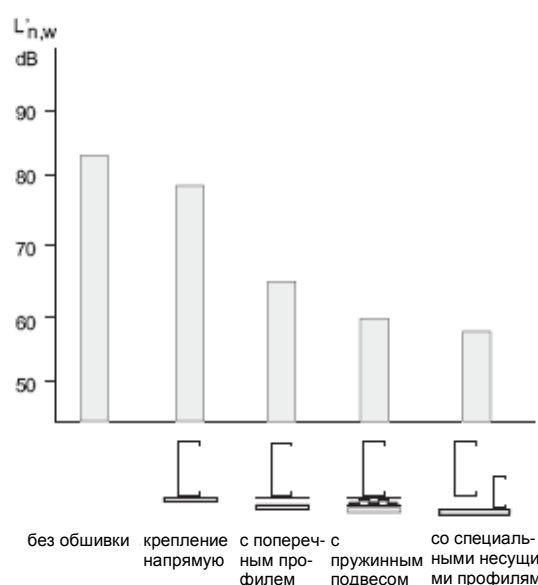


Рис. 57 (в середине): Уменьшение нормального уровня шума $L'_{n,w}$ благодаря ослаблению соединения между нижней обшивкой и несущим профилем (расчет величин на основе перекрытия из деревянных балок)

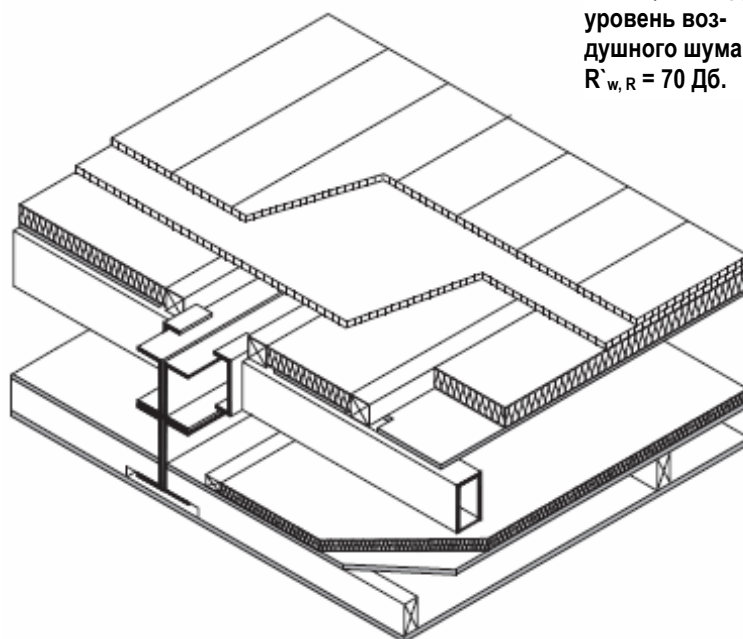
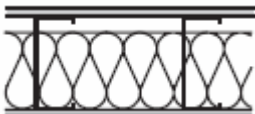
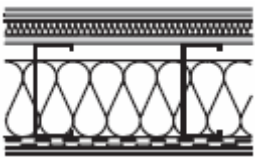
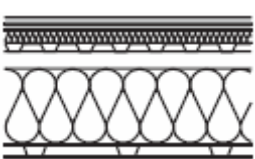
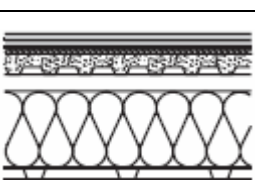
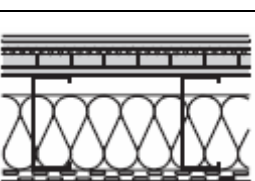
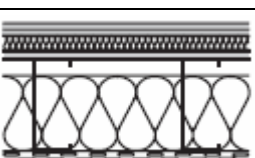
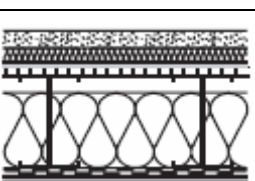
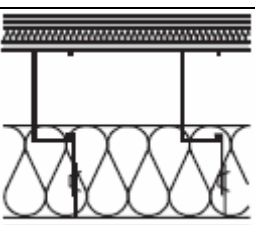


Рис. 58 (внизу): Настил перекрытия из трех изолированных друг от друга слоев; уровень ударного шума $L'_{n,w,eq,R} = 41$ Дб, уровень воздушного шума $R'_{w,R} = 70$ Дб.

Структура строительного элемента	Уровень звукоизоляции	Коэффициент ударного шума
 ЦСП 22 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм	36 Дб*	73 Дб*
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х10 мм Изоляция от ударного шума 20 мм ЦСП 22 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм	52 Дб*	58 Дб*
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х10 мм Изоляция от ударного шума 20 мм Профнастил 25 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Пружинящая направляющая 25 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм	52 Дб*	58 Дб*
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х10 мм Изоляция от ударного шума 15 мм Бетон 50 мм Профнастил 25 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Пружинящая направляющая 25 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм	56 Дб*	52 Дб*
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х10 мм Изоляция от ударного шума 10 мм Утяжеление из матов с песком 34 мм ЦСП 22 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Пружинящая направляющая 25 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм	58 Дб*	50 Дб*
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х12,5 мм Изоляция от ударного шума 10 мм ЦСП 22 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Пружинящая направляющая 25 мм Гипсокартонная плита 2х12,5 мм	54 Дб*	53 Дб*
 Цементная стяжка 50 мм Изоляция от ударного шума 30 мм Гипсокартонная плита 12,5 мм Профнастил 19 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Пружинящая направляющая 25 мм Гипсокартонная плита 2х12,5 мм	69 Дб* согласно протоколу испытаний	45 Дб* согласно протоколу испытаний
 Сухой пол из гипсоволокнистой плиты 2х12,5 мм Изоляция от ударного шума 10 мм ЦСП 22 мм Балка перекрытия 200 мм Изоляционный материал, минеральная вата 160 мм Подвеска Основной и несущий потолочный -профиль 2х25 мм Гипсокартонная плита 2х12,5 мм	53 Дб*	52 Дб*

*Величины звукоизоляции и структура перекрытий в легких стальных конструкциях

Рис. 59:
Величины звукоизоляции и структура перекрытий из легких стальных конструкций

К таким факторам относятся следующие:

- Вид профиля
- Поперечное сечение профиля
- Расстояние между профилями
- Вид и толщина обшивки перекрытия
- Вид, толщина, укладка и крепление подвесного потолка/обшивки потолка, если он имеется
- Вид наполнителя и степень наполнения пустот перекрытия
- Утяжеление

В нижней части балок перекрытий несущую конструкцию продолжает подвесной потолок. Он может крепиться непосредственно на балки перекрытия или стыковаться различными другими способами. Улучшению звукоизоляции подвесных потолков содействуют следующие факторы:

- Гибкость и высокий удельный вес обшивки
- Акустически гибкое крепление подвесного потолка на несущей конструкции с помощью изоляционных лент, пружинных шин, двойной укладки шляпных профилей или пружинящей подвески.

Для соблюдения минимальных требований к звукоизоляции от ударного шума перекрытий жилых домов при использовании сухих систем покрытия легких конструкций перекрытий необходимо соблюдать следующие величины:

- Толщина сухой панели ≥ 20 мм
- Высококачественный изоляционный материал (минеральная вата) ≥ 20 мм
- Толщина несущей подшивки потолка ≥ 19 мм
- Изоляционное наполнение пустотелых участков, степень наполнения $\leq 80\%$
- Пружинные шины, скобы для крепления пружин, крепежные подвески
- Двухслойная подшивка потолка $\leq 2 \times 15$ мм
- Звукоизоляционные требования не могут быть выполнены без пружинящего крепления нижней подшивки потолка и при наличии только одного слоя подшивки. Подшивка потолка должна быть максимально тяжелой и гибкой, например, из гипсоволокнистой плиты толщиной 10 – 12,5 мм или гипсокартонной плиты толщиной 12,5 – 15 мм. Используя подобную конструкцию, можно достичь уровня поглощения шума около 60 Дб и расчетного коэффициента ударного шума около 51-54 Дб. Таким образом, точно выполняются требования звукоизоляции от ударного шума.

Благодаря разделению сухого подвесного потолка и потолочных балок, например, с помощью звукопоглощающих профилей или крепежных зажимов, можно достичь уровня звукоизоляции от ударного шума $L'_{n,w} = 51 - 54$ Дб. Еще одной возможностью улучшения звуко-

изоляции является дополнительное утяжеление подшивки потолка.

При отказе от пружинящего профиля (пружинящее крепление подшивки потолка) минимальные звукоизоляционные требования к перекрытиям жилых помещений могут быть выполнены только при использовании плавающих бесшовных покрытий.

Сочетание бесшовных покрытий с пружинящей направляющей или утяжелением (без пружинящего профиля) позволяет достичь нижнего предела уровня ударного шума ($L'_{n,w,R} = 44 - 50$ Дб), что соответствует требованиям нормативных документов.

Самый низкий уровень ударного шума ($L'_{n,w,R} \leq 42$ Дб) достигается при использовании комбинации бесшовного покрытия, утяжеления и пружинящего подвеса потолочных профилей.

Продольная звукопроводимость

Требуемый коэффициент звукоизоляции между помещениями определяется не только внутренними перегородками, он включает в себя передачу шума обходными путями.

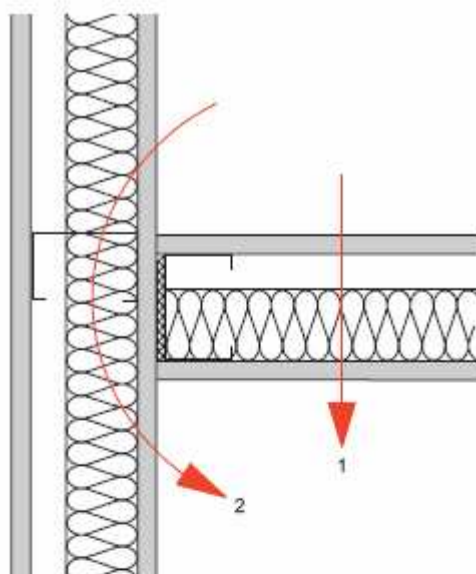
Одним из видов передачи шума обходным путем является продольная звукопроводимость через боковые строительные элементы. Звуковые волны проходят через эти элементы и приводят к передаче шума в соседнее помещение.

Но в легких стальных конструкциях даже при передаче шума через боковые элементы действуют иные принципы, чем в массивных конструкциях. Благодаря жесткому соединению разделительных и боковых строительных деталей в массивных конструкциях образуется так называемая «изоляция на месте стыка», которая улучшает уровень звукоизоляции перегородки. В легких стальных конструкциях разделительные и боковые строительные элементы соединены подвижным соединением. Поэтому они могут колебаться независимо друг от друга и не подвержены взаимному влиянию.

Но это не означает, что в этом случае продольная звукопроводимость меньше, чем при использовании жестких соединений. Напротив, в легких стенах с двойной обшивкой продольная звукопроводимость через боковые элементы имеет большое значение и не может не приниматься во внимание. Уровень звукопроводимости для легких стен с двойной обшивкой находится, согласно стандарту DIN 4109, часть 1, в диапазоне от 53 до 75 Дб. В этих конструкциях в основном существует два пути передачи звука через боковые элементы, независимо от того, идет ли речь о полах, стенах или потолках. Во-первых, это плоскость обшивки, во-вторых, - полое пространство.

Рис. 60:
Пути проводимости звука в легких конструкциях

Передача звука через перегородку и боковой строительный элемент



Пути проводимости звука в массивных конструкциях

Взаимное влияние перегородки и бокового элемента конструкции при передаче звука четырьмя различными путями

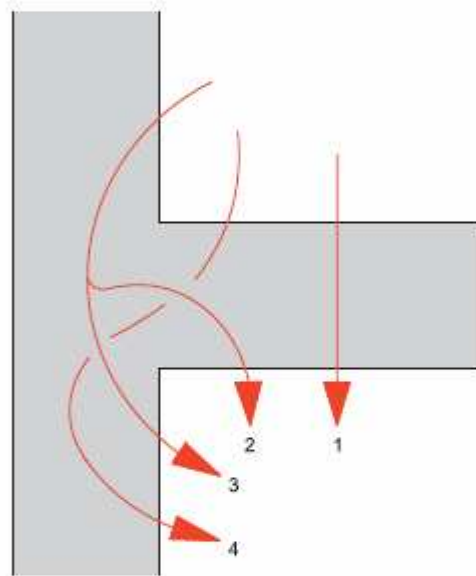
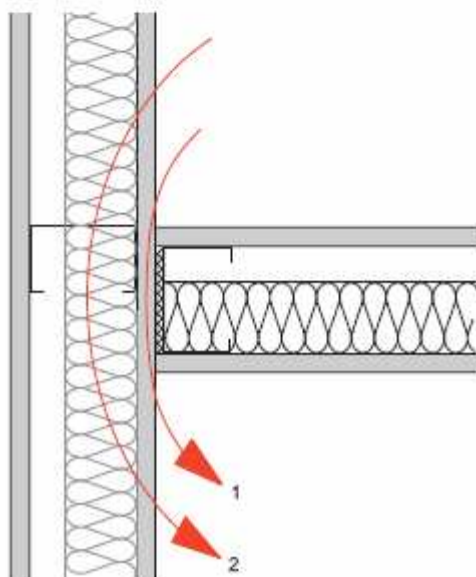


Рис. 61:
Пути передачи звука в боковом строительном элементе

1. Передача звука через обшивку (например, подшивку потолка, обшивку стен)
2. Передача звука через полое пространство



Все меры для уменьшения продольной звукопроводимости ориентированы на эти два пути.

Чтобы уменьшить передачу звуковых волн в полое пространстве, оно заполняется волокнистым изоляционным материалом или отгораживается в зоне присоединения перегородки.

На передачу звука через обшивку стен можно повлиять, изменив конструкцию обшивки. Эффективным является увеличение массы, так, например, продольная звукопроводимость через двойную обшивку меньше, чем через однослойную.

Самым решающим фактором является разрыв обшивки стены в области ее соединения с перегородкой, чтобы между двумя соседними помещениями не было звукопроводящего элемента. Величина звукоизоляции подобных конструкций настолько высока, что проводимость звука через стены практически отсутствует. Это решение является наиболее оптимальным с точки зрения звукоизоляции.

Соединение строительных элементов

Особое значение для изгибно-гибких строительных элементов с двусторонней обшивкой имеет крепление к боковым элементам конструкции (полы, стены, потолки). При строительстве из легких конструкций необходимо уделять особое внимание исполнению креплений, чтобы поддерживать звукоизоляцию через боковые элементы на возможно низком уровне. Кроме того, строительные элементы с открытыми пазами примыкают друг к другу. Поэтому важным является плотное с точки зрения звукоизоляции крепление (Рис. 62 и 63). Зазоры являются воздушными каналами, через которые воздушный шум проходит из одного помещения в другое, не преобразуясь в физическую энергию. Это ощутимо уменьшает звукоизоляцию.

Для поддержания хороших звукоизоляционных свойств здания из легких стальных конструкций имеют значение следующие рекомендации для конструкции креплений (**рис. 63**):

- Акустические разрывы боковых деталей (обшивки)
- Акустические разрывы примыкающих друг к другу строительных элементов
- Присоединение элементов при помощи изоляционных лент, изоляционных материалов
- Использование специальных профилей с уплотнениями (**рис. 64**)
- Плотная стыковка пазов с помощью шпаклевки

Коэффициенты для продольной звукоизоляции в зависимости от обшивки боковой стены и соединения с перегородкой указаны в стандарте DIN 4109, часть 1, таблица 32 [18], а также в специальных публикациях [1] и документации заводов-изготовителей. Для акустического свидетельства перегородок жилых помещений недостаточно данных стандарта DIN 4109, приложение 1 (слишком низкий уровень звукоизоляции). Здесь нужно использовать коэффициенты, подтвержденные протоколами испытаний, как они, например, предлагаются для гипсоволокнистых плит. С помощью комбинации коэффициентов звукоизоляции боковых элементов конструкции (стен, потолков, полов) и внутренних перегородок можно определить нужный коэффициент звукоизоляции. Для выполнения расчетов итогового коэффициента звукоизоляции необходимо ссылаться на стандарт DIN 4109, приложение 1 [18], предписания BAKT SS3 [4], атлас сухого способа строительства или расчетные таблицы, разработанные производителями.

Для конкретного проектирования акустических элементов (**рис. 68**) может служить контрольным списком. Здесь представлены наиболее распространенные пути передачи звуков.

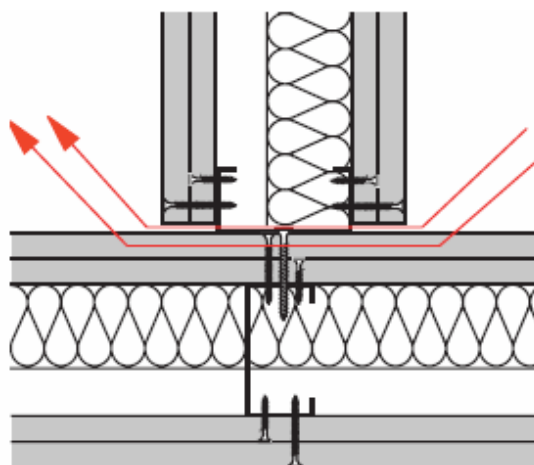


Рис. 62:
Акустические зазоры и звуковой мост в области стыковки строительных элементов

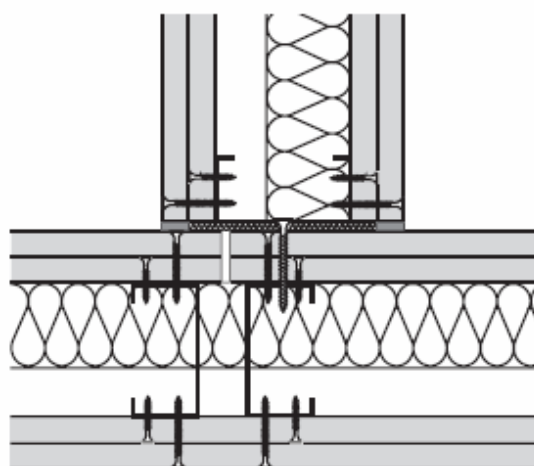


Рис. 63:
Правильное с точки зрения акустики соединение строительных элементов с плотным креплением к стене и разрывом обшивки.

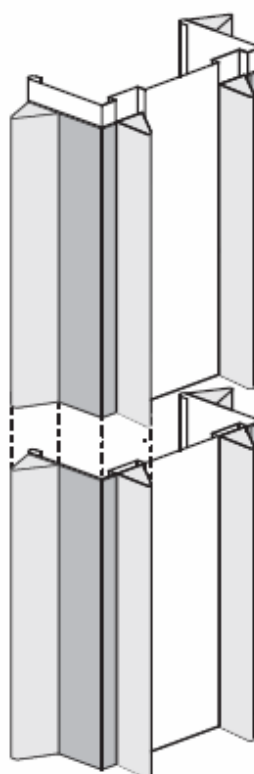
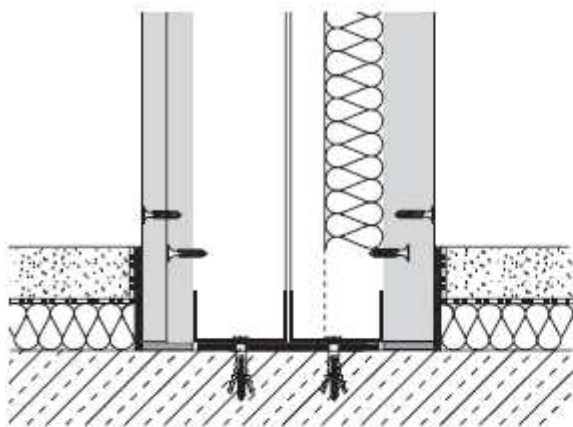
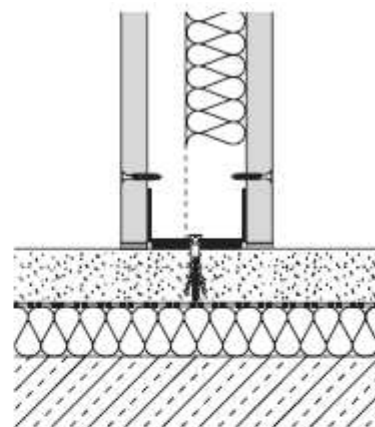


Рис. 64:
Металлический профиль с присоединенным уплотнением

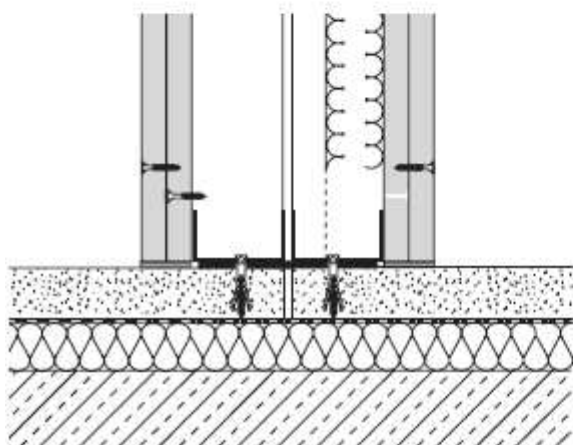
Рис. 65:
Соединяемые
элементы:
Перегородка
на массивной
стяжке, обшив-
ка перегородки
гипсокартон-
ном, цементная
стяжка
(плавающая),
 $R'_{w,R}$ = расчи-
тывается толь-
ко с учетом пе-
регородки
и пола.



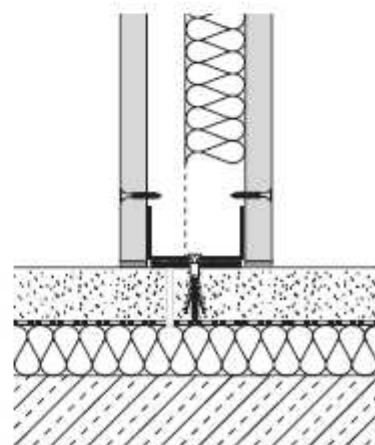
Перегородка $R'_{w,R} = 60$ Дб
Массивная стяжка $R'_{w,R} = 70$ Дб
 $R'_{w,R} = 59$ Дб



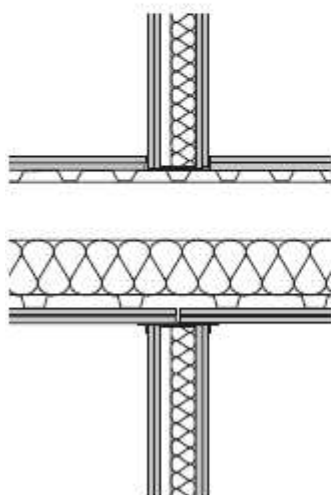
Перегородка $R'_{w,R} = 41$ Дб
Массивная стяжка $R'_{w,R} = 38$ Дб
 $R'_{w,R} = 36$ Дб



Перегородка $R'_{w,R} = 60$ Дб
Массивная стяжка $R'_{w,R} = 55$ Дб
 $R'_{w,R} = 53$ Дб

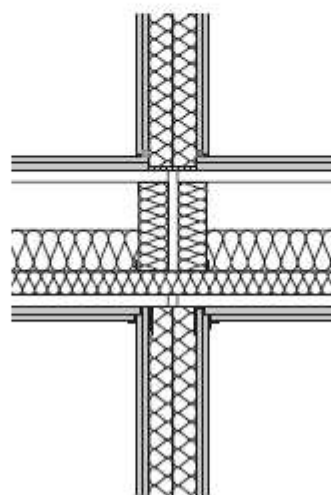


Перегородка $R'_{w,R} = 41$ Дб
Массивная стяжка $R'_{w,R} = 55$ Дб
 $R'_{w,R} = 40$ Дб



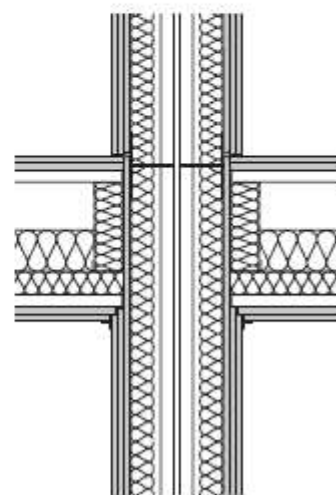
$R'_w = 44$ Дб

$L'_{n,w,R} = 54-57$ Дб



$R'_w = 52$ Дб

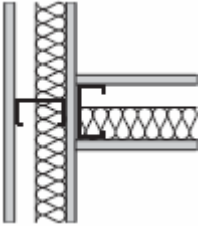
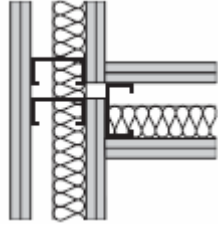
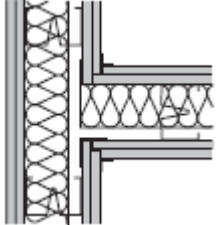
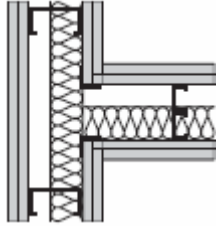
$L'_{n,w,R} = 52-53$ Дб



$R'_w = 60$ Дб

$L'_{n,w,R} = 43-47$ Дб

Рис. 66:
Варианты
крепления
перегородки
к междуэтаж-
ному перекры-
тию

Тип стыка наружной (боковой) стены с перегородкой	Коэффициент звукоизоляции $R_{w,R}$ для боковых стен	Коэффициент звукоизоляции $R'_{w,R}$ для перегородок	Итоговый коэффициент звукоизоляции $R'_{w,R}$
	53 Дб по стандарту DIN 4109, гипсокартон	42 Дб гипсокартон ²⁾	41 Дб
	57 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	52 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	49 Дб
	57 Дб по стандарту DIN 4109, гипсокартон	52 Дб гипсокартон ²⁾	49 Дб
	62 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	57 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	54 Дб
	75 Дб по образцу DIN 4109, гипсокартон	54 Дб гипсокартон ²⁾	54 Дб
	75 Дб по образцу сертификата испытаний, гипсоволокнистая плита	60 Дб гипсоволокнистая плита	59 Дб
	75 Дб по стандарту DIN 4109, гипсокартон	60 Дб гипсокартон ²⁾	59 Дб
	75 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	64 Дб сертификат испытаний, гипсоволокнистая плита	63 Дб
 Изображение уменьшено на 50%	около 76 Дб по образцу DIN 4109, гипсокартон	около 64 Дб гипсокартон	63 Дб
	около 76 Дб по образцу сертификата испытаний, гипсоволокнистая плита	около 68 Дб гипсоволокнистая плита	63 Дб
Альтернативная конструкция к п. 4  Изображение уменьшено на 50%	300 кг 17,5 см пенобетон -1,8	960 кг -42 см железобетон	63 Дб
	400 кг 24 см пенобетон -1,8	810 кг - 35 см железобетон	63 Дб
	600 кг 30 см пенобетон -1,8	600 кг - 26 см железобетон	63 Дб

¹⁾Передача звука через перегородку и две одинаковые боковые стены (Дб) согласно рисунку

²⁾Средний коэффициент для изображенной конструкции, полученный в результате серии измерений, проведенной в производстве гипсокартонных плит для гипсокартонных стен с металлическими стойками.

Рис. 67:

Меры для уменьшения продольной звукопроводимости на примере Т-образной стыковки стен.

Пути передачи звука	
Передача звука через перегородку	– через свободные отверстия и неплотные соединения поверхностей (например, расположенные напротив розетки, установку санитарно-технических приборов); – через зазоры в конструкции стен (например, скрытые плинтусы)
Передача в зоне перекрытий	– через проводящие балки перекрытия; – через «легкие» потолки, например, деревянные потолки; – вдоль проводящей подшивки потолка или подвесного потолка; – сквозь пустое пространство перекрытия (между балками)
Передача вдоль боковой стены (стены коридора, наружной стены)	– через элемент стены; – через стыковой паз; – через дверь и далее в коридор; – вдоль теплоизоляции стены
Передача вдоль проводящих строительных элементов	– проводка санитарно-технического оборудования; – трубопроводы отопительной системы; – каналы электропроводки

Рис. 68:
Пути передачи звука

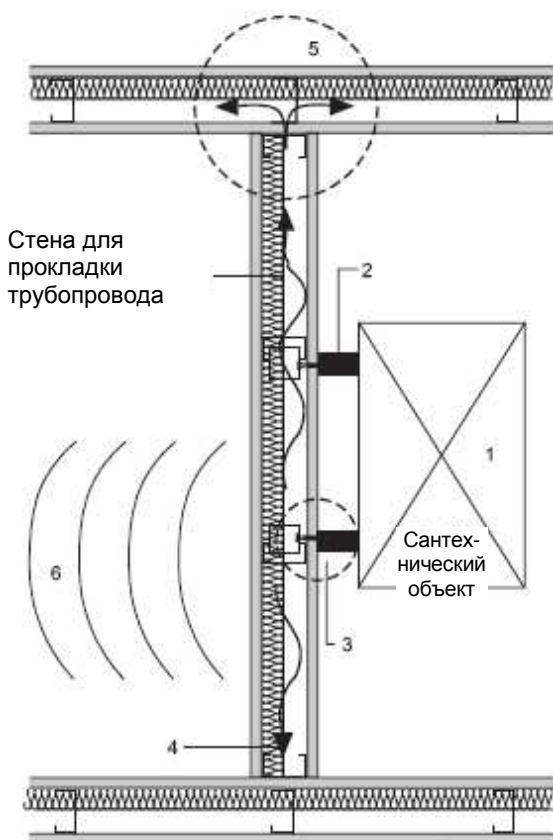


Рис. 69:
Меры для уменьшения передачи механического шума при монтаже сантехнического оборудования

1. Уменьшение импульса благодаря использованию малошумного сантехнического оборудования
2. Уменьшение импульса легкой строительной конструкции посредством специального крепления сантехнических объектов
3. Уменьшение возбуждаемости облегченной строительной конструкции посредством конструктивных мер
4. Уменьшение дальнейшей передачи механического шума в стенах с проводкой
5. Уменьшение дальнейшей передачи механического шума от стены с проводкой к боковым стенам
6. Уменьшение излучения воздушного шума через стену с проводкой

Звукоизоляция при установке санузлов

Передача механического шума от шума трубопровода

Шум в сантехнических приборах возникает в результате использования водопровода (устройств для налива и слива воды).

Шум от течения воды как механический шум передается на несущую конструкцию и при определенных условиях приводит к излучению звука в жилые помещения. Следовательно, проблемы шума сантехнических приборов обусловлены, как правило, недостаточным поглощением механического шума.

Весь комплекс шумов сантехники можно разделить на три зоны, которые необходимо оптимизировать относительно их поведения при передаче звука:

- Область возбуждения (возникновения импульса)
- Область передачи
- Область излучения звука

Для уменьшения передачи механического шума эти области необходимо максимально изолировать («оторвать») друг от друга. Для области возникновения импульса это означает использование малошумных сантехнических приборов и арматуры, а также их гибкое крепление.

Для уменьшения передачи механического шума целесообразно разделить зоны возникновения импульса и излучения звука. Это означает, что излучатели шума (сантехническое оборудование, трубопроводы) необходимо крепить к строительным элементам, которые не влияют на передачу шума в соседние помещения. Такого разделения можно достичь за счет крепления к наружным стенам или к стенам с двойными стойками.

Ограничение излучения звука может быть достигнуто за счет установки дополнительной обшивки (листов ГКЛ) в соседнем помещении.

Чтобы уменьшить само излучение шума, необходимо использовать тяжелую, изгибно-гибкую обшивку опорных конструкций стен.

Указания по планированию и конструированию для соблюдения акустических требований, приведенные в стандарте DIN 4109 [18], применимы в первую очередь к монолитным конструкциям и не могут использоваться для облегченных конструкций. При соблюдении описанных ниже правил для уменьшения передачи механического шума передача шума в облегченных конструкциях будет ниже, чем в традиционных массивных конструкциях.

В качестве основных правил для правильного с акустической точки зрения проектирования сантехнической проводки в легких стальных конструкциях могут служить следующие:

- Звукоизолированное крепление трубопровода на несущей конструкции с использованием скоб (хомутов) для подвески труб с эластичным резиновым покрытием (рис. 72). При использовании укрепляющих связок трубы в области крепления должны быть изолированы с помощью специальных материалов от связки и конструкции стены.
- Необходимо избегать жесткого крепления сантехнического оборудования к стенам/перекрытиям:
 - звукопоглощающее крепление сантехнического оборудования и смывных бачков, а также опорных рам к стоечной конструкции за счет использования эластичных соединительных элементов;
 - малозумная установка ванн и душевых кабин (например, с использованием опоры из жесткого пенопласта) или установка их на плавающий пол;
 - ванны и душевые кабины должны быть отделены от стен изоляционными лентами, следует использовать специальные звукопоглощающие профили для ванн;
 - изоляция от механического шума в области крепления арматуры (например, к керамической плитке) посредством использования эластичных соединительных элементов или пластмассовых соединительных коробок (розеток) для арматуры;
 - звукоизолированная прокладка трубопровода через стены и перекрытия за счет оболочки труб в зонах проходов;
- Использование специальных звукоизолированных труб на особо «чувствительных» участках. Необходимо обращать внимание на внешний диаметр таких труб (например, для

сливной трубы он должен составлять около 120 мм вместо 100 мм).

- Предотвращение контакта (образование звуковых мостов) между трубопроводом для питьевой воды и для слива воды (трубы и фитинг).
- Заполнение оставшихся пустот в стенах, где проходит трубопровод, звукопоглощающим изоляционным материалом (рис. 74).
- Покрытие всех труб оболочкой из мягкого пружинистого материала (изоляционные шланги, войлок и т.д., не допускается использование полиуретановой пены).
- Использование арматуры класса шумности 1 и уменьшение напора воды.
- Малошумные конструкции смывных бачков.
- Следует по возможности избегать полного предварительного монтажа стен до прокладки трубопроводов, системы трубопроводов в стенах или их элементов, чтобы не допустить конструктивной ошибки при выполнении монтажных работ на месте.

Выполнение рекомендации об установке ванн и душевых кабин на плавающие полы может оказаться проблематичным для бокового уплотнения из-за давления на изоляционный слой и возникающим в результате этого оседанием края ванны, если эти края составляют более 1 мм. Поэтому здесь необходимо использовать изоляционные материалы с высокой плотностью.

Рис. 70
(внизу слева):
Монтаж дополнительной стены для сантехнического узла (на половину и на всю высоту помещения)

Рис. 71
(внизу справа):
Стена с двойными стойками для прокладки трубопровода. Стойки соединены между собой пластинами

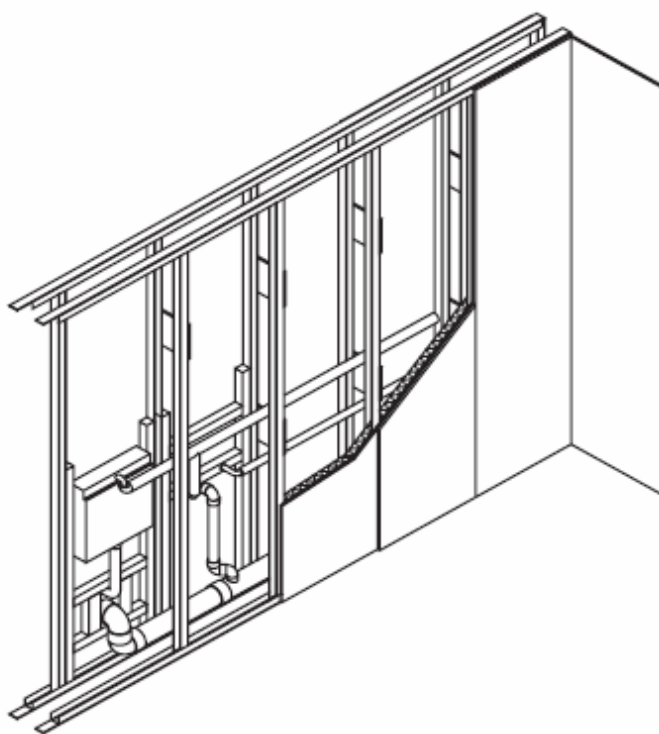
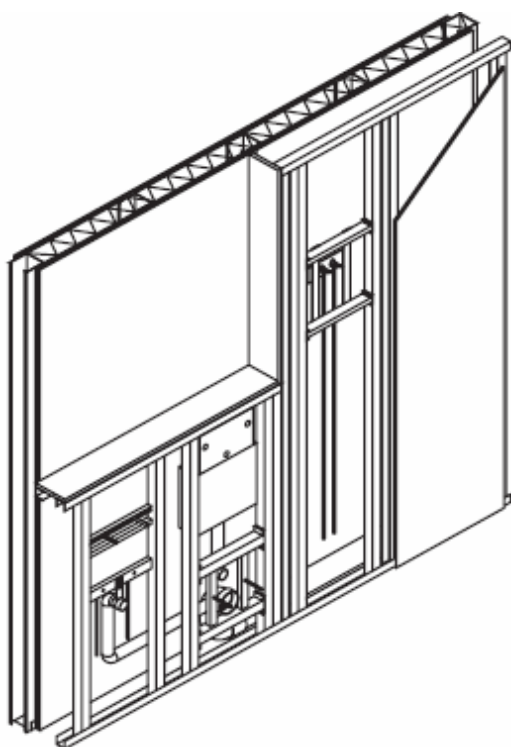


Рис. 72:
Звукоизоляци-
онное крепле-
ние трубопро-
вода при сухом
способе строи-
тельства



Рис. 73:
Акустическое
разделение
с помощью
пружинящего
изоляционного
слоя для гори-
зонтального и
вертикального
трубопровода
в обычных сте-
нах и стенах
с двойными
опорами

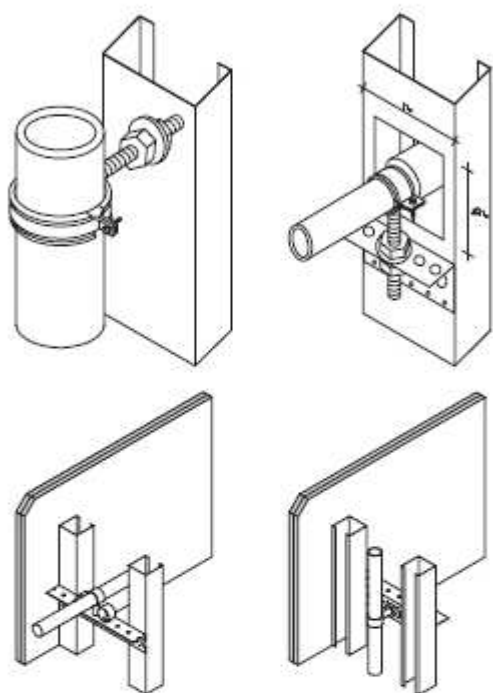


Рис. 74:
Звукоизолиро-
ванная труба
в стандартной
стене с оди-
нарными стой-
ками

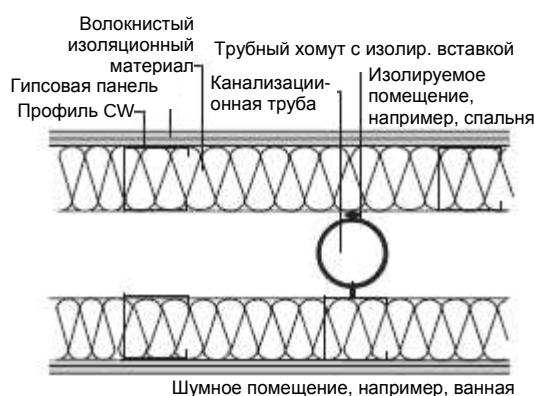
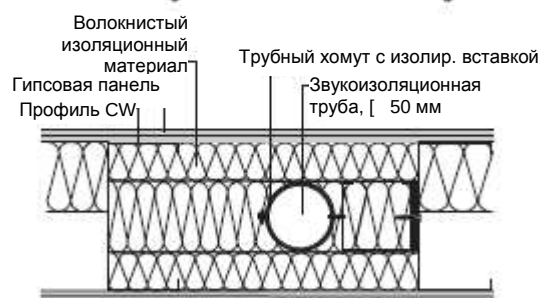


Рис. 75:
Звукоизоляци-
онная труба в
стене с двумя
рядами опор

С помощью термообработки определенных эластично-пластичных уплотнительных материалов (например, силикона или акрилата) можно избежать возможного ухудшения звукоизоляции в помещении, где используются такие уплотнения.

Следует отдавать предпочтение установке дополнительных внутренних стен для санитарно-технических приборов по сравнению с прокладкой скрытых трубопроводов во внутренних стенах. Хотя полые пространства в стенах из легких стальных конструкций и могут служить шахтами для прокладки трубопроводов. В зависимости от конструкции металлические стойки снабжены отверстиями и проходами, через которые можно прокладывать трубы. При этом, хорошую звукоизоляцию можно обеспечить и при скрытых трубопроводах, если соблюдать следующие правила:

- Трубопроводы в шахтах должны крепиться не на тех опорах, на которых укреплена обшивка со стороны помещения, а на обратной стороне шахты или на специальных устройствах (отдельных стойках, полах, потолках)
- Крепление трубопровода на стены с двойными стойками должно производиться только на опоры со стороны шумного помещения или на специальные устройства (на отдельных стойках, полах, потолках; **рис. 75**)
- Взаимное расположение опорных стоек. Не должно возникать соединение (звуковой мост) между обшивкой помещения, где требуется звукоизоляция, трубопроводом. Между трубами и обшивкой нужно проложить волокнистый изоляционный материал.
- Ширина шахты и стены должна быть рассчита-на таким образом, чтобы обеспечить воз-можность укладки труб большого диаметра.
- Слой изоляционного материала (≥ 40 мм) ме-жду трубопроводом и жилым помещением.
- Надежная двойная обшивка.
- Полная изоляция шахты, не допускать сильно-го сжатия изоляционного материала (**рис. 74**).
- Для стен с двойными стойками необходимо проложить волокнистый изоляционный мате-риал также со стороны шумного помеще-ния (**рис. 75**).
- Для внутренних перегородок жилых помеще-ний необходимо использовать систему допол-нительных стен. Если с двух сторон от меж-комнатной перегородки расположены шумные помещения (ванные комнаты), то межкомнат-ную перегородку при соответствующем конст-руктивном решении можно использовать в ка-честве монтажной стены или шахты (**рис. 75**).

Тепло- и гидроизоляция

Теплоизоляция в зимний период

В наружных стеновых панелях из ЛСТК встроен первичный изоляционный слой, то есть он расположен в створе стоек (в пазухах).

Поэтому выбор размеров (габаритов) поперечного сечения профиля наружной стены зависит от статических нагрузок и требуемых энергосберегающих свойств здания. Полное пространство между легкими стальными профилями должно быть полностью заполнено изоляционным материалом, чтобы избежать утечки тепла и образования конвективных потоков. Изоляционный слой в полости стоек (первичный слой) в большинстве случаев дополняется еще одним изоляционным слоем. Этот слой располагается с наружной или внутренней стороны панели, чтобы ликвидировать «мостик холода» стальных стоек.

При использовании легких стальных конструкций практически всегда достигается требуемая норма теплотехнического стандарта для жилых домов. Применяя систему дополнительной наружной теплоизоляции, можно строить дома без активной отопительной системы.

Благодаря меньшей толщине стен (при одинаковых теплоизоляционных свойствах) легкие стальные конструкции обеспечивают выигрыш в площади 5-10% по сравнению с традиционными монолитными строительными конструкциями. При использовании сертифицированных окон значительно увеличивается жилая площадь здания (рис. 77).

Предотвращение воздействия «МОСТИКОВ ХОЛОДА»

Хорошие энергосберегающие свойства зданий из легких стальных конструкций зависят не только от хорошо изолированных элементов панелей, но и от их качественного крепления.

Чтобы снизить опасность дополнительной утечки тепла и снижения температур внутренних (со стороны помещения) поверхностей строительных элементов до образования талой воды во время отопительного периода, необходимо обратить внимание на образование «мостиков холода». Они возникают в углах и в области соединений (геометрические тепловые мосты), в местах стыковки элементов конструкции и примыкания стоек к наружной поверхности (тепловые мосты, основанные на свойствах материалов), а также в результате неплотного прилегания наружной обшивки (конвективные тепловые мосты). Влияние тепловых мостов находится в непосредственной связи с коэффициентом теплопередачи отдельных строительных деталей. Утечка тепла через тепловые мосты снижает коэффициент теплопроводности всего строительного элемента.

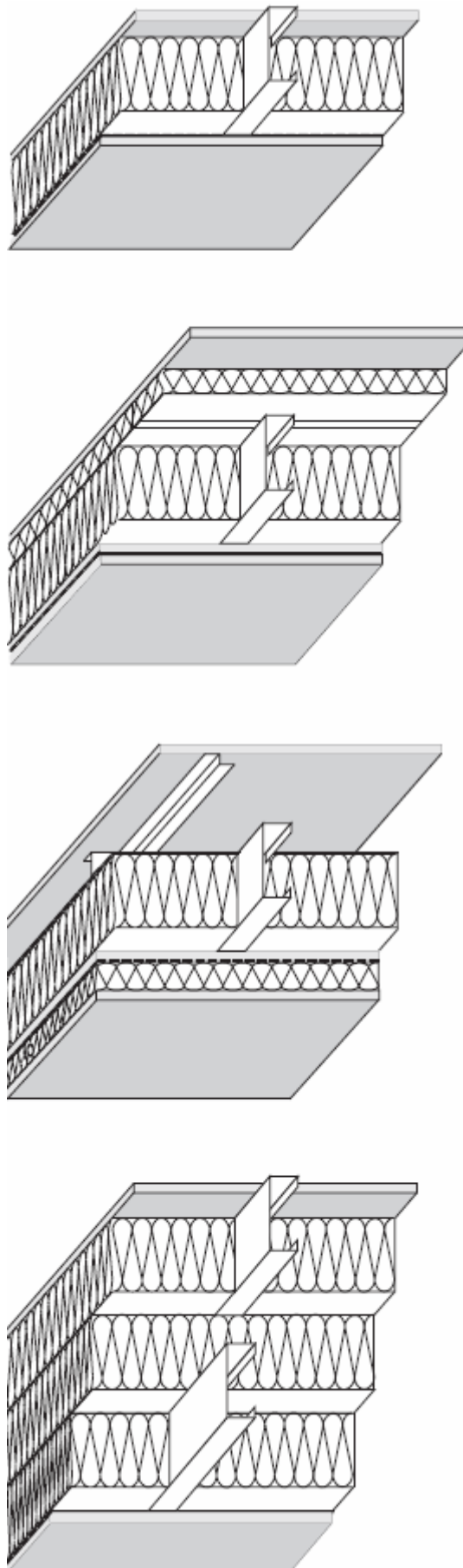


Рис. 76:
Структура
наружных стен
из ЛСТК

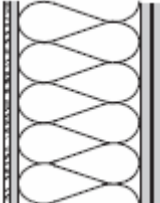
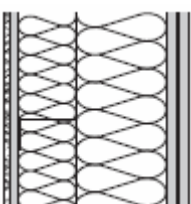
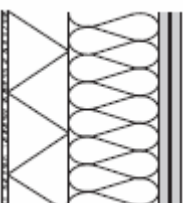
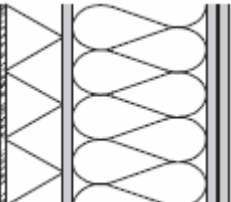
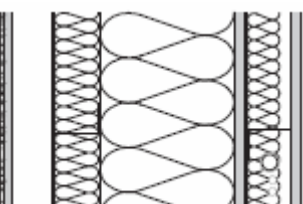
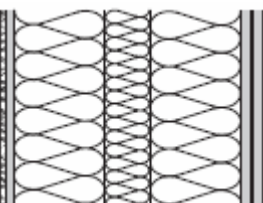
Структура строительного элемента Металлический профиль стойки $t = 1,5$ мм, без отверстий шаг стоек = 0,625 м Изоляционный слой минеральной ваты WLG 040		Толщина [мм]	Коэффициент теплопроводности $[W/m^2K]$	Класс огнестойкости
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,48	F 30-A
	Основание под штукатурку	15		
	Металлическая стойка/изоляция минеральной ватой	150		
	Пароизоляция	-		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита, двойная	2 x 12,5		
		200		
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,25	F 30-A
	Основание под штукатурку	15		
	Металлический профиль/изоляция минеральной ватой	80		
	Металлическая стойка/изоляция минеральной ватой	100		
	Пароизоляция	-		
		230		
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,29	F 30-A
	Древесностружечная плита	80		
	Металлическая стойка/изоляция минеральной ватой	100		
	Пароизоляция	-		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита, двойная	2 x 12,5		
		215		
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	15	0,22	F 30-A
	Комплексная система теплоизоляции минеральным волокном	80		
	Основание под штукатурку	15		
	Металлическая стойка/изоляция минеральной ватой	150		
	Пароизоляция	-		
		285		
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,19	F 30-A
	Основание под штукатурку	15		
	Двойной металлический профиль/изоляция	2 x 60		
	Слой защиты от ветра	-		
	Металлическая стойка/изоляция минеральной ватой	150		
		377,5		
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,18	F 30-A
	Основание под штукатурку	15		
	Металлическая опора/ минеральная вата	100		
	Минеральная вата	50		
	Металлическая стойка	100		
		300		

Рис. 77 (часть 1):
Коэффициенты теплопроводности различных конструкций наружных стен

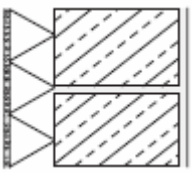
Структура строительного элемента		Толщина [мм]	Коэффициент теплопроводности [W/m ² K]	Класс огнестойкости
	Наружная штукатурка (армированная, минерализованная)	10	0,39	F 120-A
	Минеральная вата	80		
	Строительный раствор	5		
	Полый кирпич	175		
	Внутренняя штукатурка	15		
		285		
	Наружная штукатурка минерализованная	20	0,37	F 120-A
	Пенобетон GWP 2/0,5	365		
	Наружная штукатурка	15		
		400		

Рис. 77 (часть 2):

Коэффициенты теплопроводности различных конструкций наружных стен

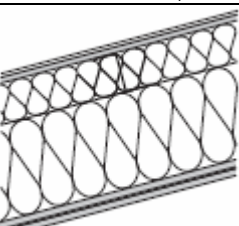
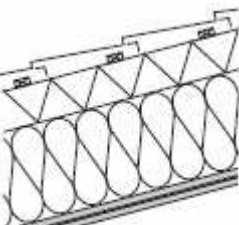
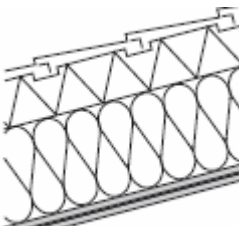
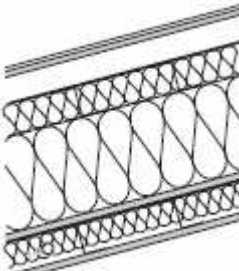
Структура строительного элемента		Толщина [мм]	Коэффициент теплопроводности [W/m ² K]	Класс огнестойкости
Металлический профиль балки t = 2,0 мм, без отверстий шаг = 0,40 м				
Изоляционный слой минеральной ваты WLG 040				
	Кровельный настил, металлический	1,5	0,21	F 30-A
	Опалубка	22		
	Металлический профиль/изоляция	80		
	Несущий профиль/изоляция	200		
	Пароизоляция	-		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита двойная	2 x 12,5		
		328,5		
	Кровельный настил, черепица	40	0,27	F 30-AB
	Обрешетка	30		
	Древесноволокнистая плита с пропиткой	80		
	Несущий профиль/изоляция	200		
	Пароизоляция	-		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита двойная	2 x 12,5		
		375		
	Кровельный настил, черепица	40	0,21	F 30-AB
	Изоляция	80		
	Несущий профиль/изоляция	200		
	Пароизоляция	-		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита двойная	2 x 12,5		
		345		
	Кровельный настил, металлический	1	0,19	F 30-A
	Опалубка	22		
	Металлический профиль (вентиляция сверху)	60		
		-		
	Металлический профиль/изоляция	60		
	Несущий профиль/изоляция	200		
	Гипсокартонная обшивка	12,5		
	Пароизоляция	-		
	Металлический профиль/изоляция (40 мм)	60		
	Внутренняя обшивка, гипсоволокнистая плита	12,5		
		380,5		

Рис. 78:

Коэффициенты теплопроводности различных кровельных конструкций

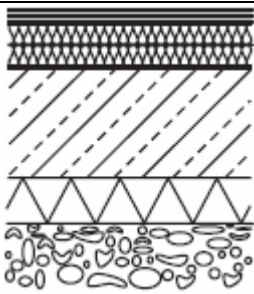
Структура строительного элемента	Толщина [мм]	Коэффициент теплопроводности [W/m²K]	Класс огнестойкости
	Гипсоволокнистая плита, два слоя Пароизоляция Звуко- и теплоизоляционный слой Расслаивающий настил Панель пола Изоляция (экструдированный жесткий пенополистирол) Слой капиллярной изоляции	2 x 10 - 80 - 200 80 - 380	0,21 F 30-A
	Гипсоволокнистая плита, два слоя Изоляция от ударного шума Пароизоляция Древесноволокнистая плита с добавлением цемента Изоляция/несущее перекрытие шаг = 0,40 м Изоляция/металлический профиль, шаг = 0,40 м Оцинкованный металлический лист Воздушное пространство Основание	2 x 10 40 - 20 200 60 1 341	0,19 F 60-A

Рис. 79:

Коэффициенты теплопроводности панелей полов и потолков

Благодаря высокой теплопроводности стали при использовании легких стальных конструкций для панелей наружных стен нельзя допускать образования мостиков холода. Типичными мостами являются профили во внешних стенах, балки крыш и металлические крепления. В основном необходимо избегать использования сплошных стальных деталей.

В области профилей температура точки росы на поверхностях строительных элементов со стороны помещения может достигать нижней границы. При этом самые низкие температуры отмечаются на механических креплениях, например, на винтовых соединениях наружных плит с наружными поверхностями стоек стен.

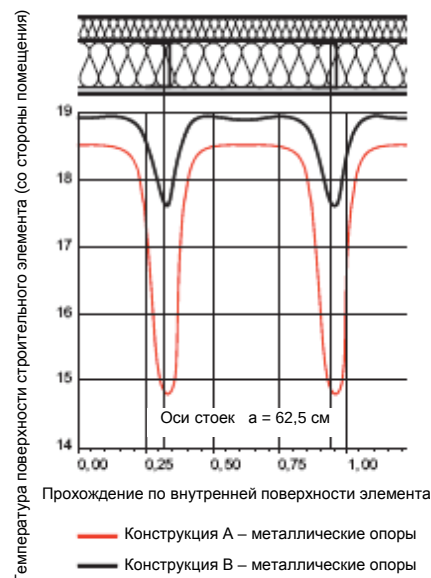
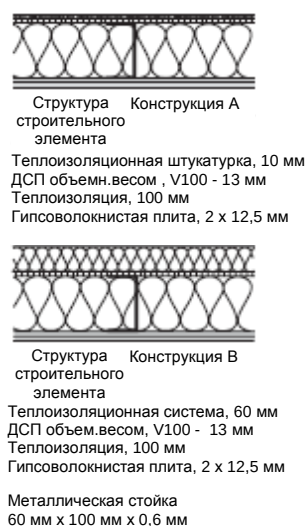
С помощью тепловизионного наблюдения за наружной стеной (рис. 81), обнаруживается, что температура на внешней поверхности стальных стоек выше, чем на остальных поверхностях строительного элемента. В данном случае разница составляет 1°C.

На рис. 82 показано технически грамотная изоляция теплового моста в стальной конструкции и геометрического теплового моста в угловом стыке панелей.

Расчет среднего коэффициента теплопроводности по стандарту DIN 4108, часть 5 [17] невозможен из-за слишком разных сопротивлений в направлении теплового потока металлических стоек, то есть стальных профилей, и изоляционного слоя полого пространства. Этот метод можно применять только в том случае, если максимальное отличие противоречия в пропускном направлении перегородки и опоры составляет коэффициент 5. Этого можно достичь за счет использования многослойных конструкций и дополнительного внешнего изоляционного слоя.

Влияние теплового моста металлических профилей на реальный коэффициент теплопроводности показано на рис. 85. Расчетные данные определяются на основании метода конечных элементов. При устройстве дополнительной теплоизоляции всей стеновой панели влияние теплового моста можно свести к минимуму.

Рис. 80:
Тепловые мосты; влияние металлических стоек на температуру поверхности внутренней стороны



Общим основанием для проектирования стен является тот факт, что при использовании дополнительной наружной изоляции, например, в виде комплексной теплоизоляционной системы толщиной ≥ 60 мм и теплопроводности изоляционного материала $0,04 \text{ W/mK}$ влияние «мостика холода» конструкции стоек стен может быть уменьшено настолько, что выпадение конденсата на обращенной внутрь поверхности строительного элемента исключается.

В наружных стенах с высокой степенью изоляции используется многослойная изоляция и так называемые «термопрофили». При этом на стенке профиля в зоне с минимальными статическими усилиями выполняется перфорация для уменьшения теплопроводности. Расположенные в разбежку отверстия перфорации препятствуют непосредственной передаче тепла через стенку профиля. В зависимости от расположения перфорации и высоты стенки профиля путь передачи тепла может в три раза превышать высоту стенки профиля (рис. 84). Это приводит к заметному уменьшению потока тепла и является примером того, как с помощью небольшого количества материала и сырья можно повысить функциональную эффективность строительных элементов.

Герметичность и устойчивость к ветровым нагрузкам

Герметичность и устойчивость к ветровым нагрузкам являются важным свойством строительных элементов и обшивки здания, которое во многих отношениях определяет микроклимат в помещении, свободу от повреждений, качество воздуха внутри помещения и энергетический баланс здания.

Под герметичностью понимают предотвращение любого конвективного потока в направлении давления, например, проникновения воздуха в строительный элемент (снаружи внутрь и наоборот). Слой герметизации располагается, как правило, на внутренней стороне наружных строительных элементов.

Об устойчивости к ветровым нагрузкам говорят, когда проникновение внешнего потока воздуха предупреждается на таком далеком расстоянии, что он не проникает в изоляционный слой или полое пространство и не может тем самым оказывать негативное воздействие на изоляционные свойства строительного элемента. Слои, блокирующие ветровую нагрузку, располагаются на внешней стороне строительных элементов, расположенных по периметру здания. (Рис. 88)

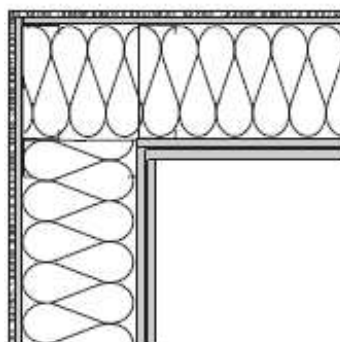
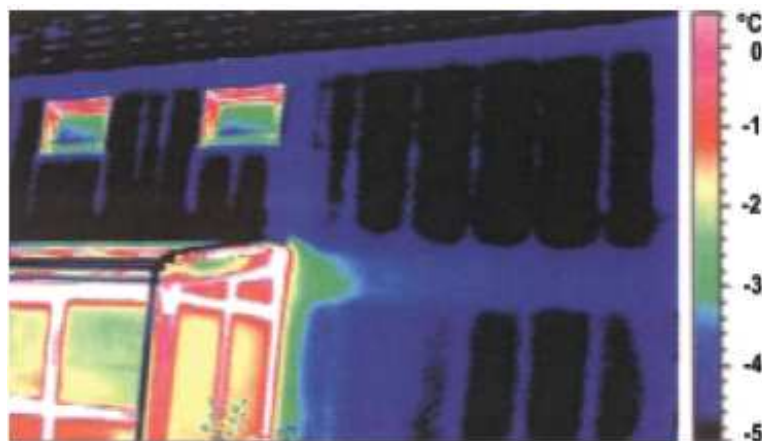
Прохождение воздуха через зазоры в обшивке здания снаружи внутрь может привести к неприятным сквознякам. Холодный воздух собирается в области пола и вызывает дискомфорт из-за разницы температуры в помещении.

Герметичность наружной обшивки здания является предпосылкой для хорошего качества внутреннего пространства. Благодаря ему предотвращается проникновение неприятных запахов из соседних квартир, воздуха из подвала, который может быть заражен грибковыми бактериями и т.п.

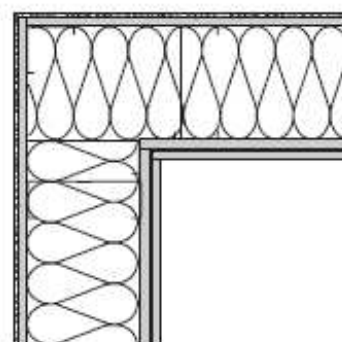
Рис. 81 (вверху):
Тепловизионная съемка здания из легких стальных конструкций

Рис. 82 (в середине):
Изоляция материального и геометрического теплового моста в легкой стальной конструкции

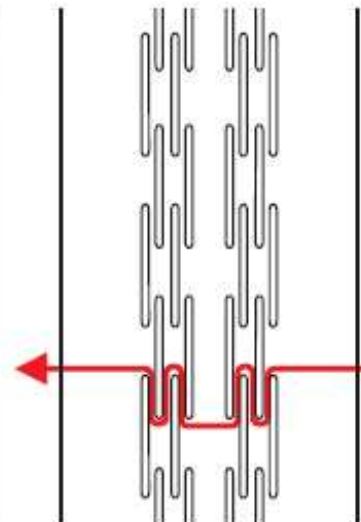
Рис. 83, 84 (внизу):
Ребро «термопрофиля» и поток тепла через его поперечное сечение

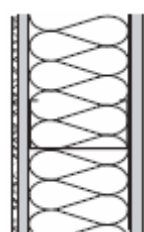


Увеличенная передача тепла через дополнительную металлическую стойку



Улучшенная конструкция за счет расслоения конструкции металлических стоек

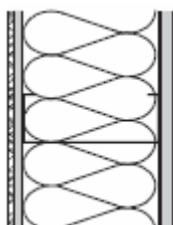




$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$$

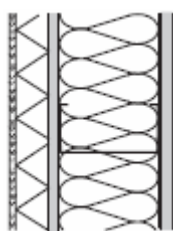
Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 150 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

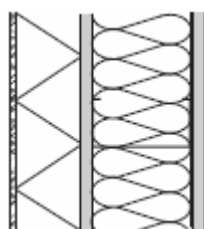
Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 200 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

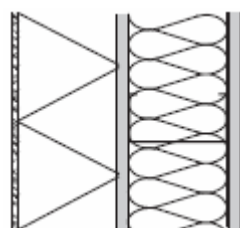
Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 150 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 60 мм
Экструдированный жесткий пенополистирол WLG 040 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

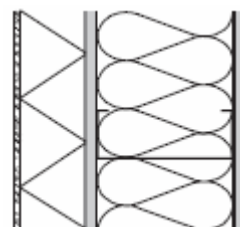
Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 150 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 100 мм
Экструдированный жесткий пенополистирол WLG 040 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

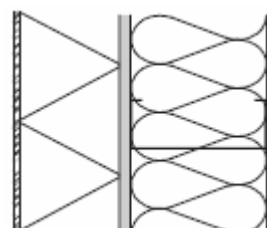
Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 150 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 150 мм
Экструдированный жесткий пенополистирол WLG 040 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 200 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 100 мм
Экструдированный жесткий пенополистирол WLG 040 15 мм
Штукатурка



$$U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Гипсокартонная плита 20 мм
Минеральная вата 200 мм
WLG 040/стальной профиль 19 мм
Наружная плита 150 мм
Экструдированный жесткий пенополистирол WLG 040 15 мм
Штукатурка

Рис. 85 (слева):

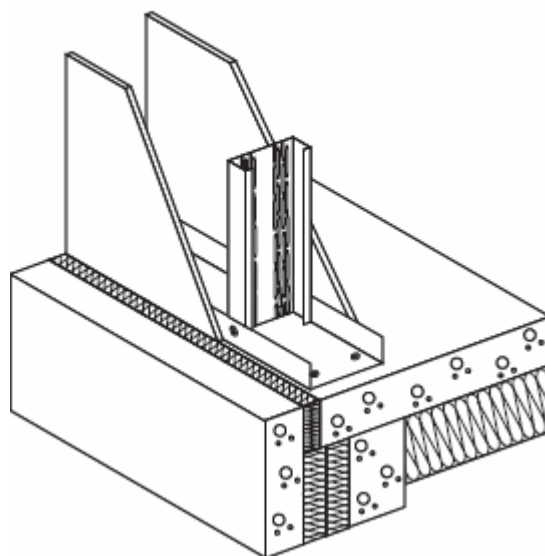
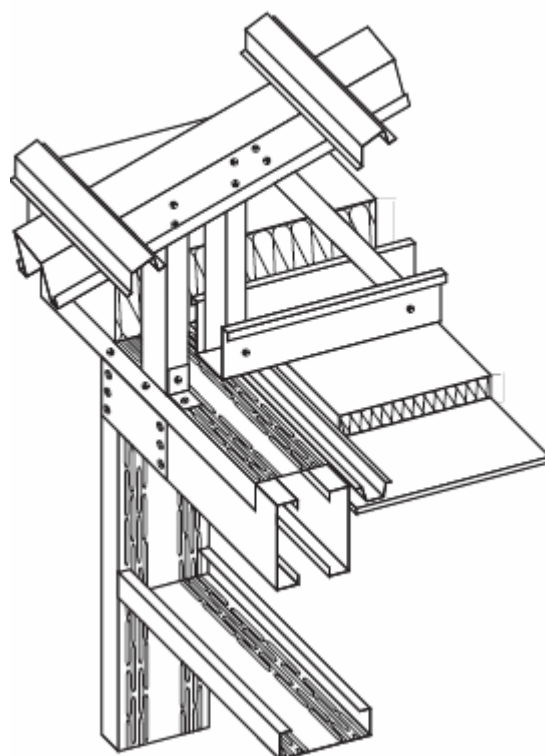
Сравнение коэффициентов теплопроводности различных изолирующих систем и конструкций с точки зрения влияния «мостика холода» металлического профиля (шаг стоек = 62,5 см)

Рис. 86 (внизу):

Крепление стропильной фермы к стеновой панели из термопрофилей (вариант)

Рис. 87 (ниже):

Крепление панели из термопрофилей к цоколю



Предотвращение потерь энергии (потери тепла)

Пустотелые конструкции панелей из легких стальных профилей имеют полости в строительных элементах. Заполняющие полое пространство пористые панельные материалы, маты, плиты или сыпучие наполнители, как правило, не образуют герметичный слой. Через зазоры (конвективные тепловые мосты) происходит неконтролируемый обмен воздушных потоков изнутри и снаружи. Недостаточная плотность обшивки с внутренней стороны или места соединения элементов могут стать причиной недостаточной плотности всего элемента. Теплый воздух из помещения проникает в строительный элемент и приводит к значительным потерям энергии. Чтобы избежать этого, необходимо снабдить конструкцию герметичным слоем с внутренней стороны. Поток воздуха может также проникать в обратном направлении: снаружи в полое пространство. Если установленный на внешней стороне наружного строительного элемента ветрозащитный слой недостаточно герметичный, холодный воздух проникает в строительный элемент и распределяется далее по соседним элементам. При этом волокнистые изоляционные материалы продуваются, и теплоизоляция значительно уменьшается.

Чем лучше теплоизоляция наружной обшивки стен, тем больше процентное соотношение потери тепловой энергии в результате недостаточной герметичности к общему энергетическому балансу. Чтобы поддерживать потери тепловой энергии на минимальном уровне, необходимо предусмотреть герметичное исполнение пазов и мест соединения деталей (рис. 89–93).

Высокая степень герметичности так же важна, как и достаточная теплоизоляция. Дома с низким расходом энергии и без активных отопительных систем выполняют свою задачу экономного расхода энергии только при достаточно герметичной конструкции.

Это является предпосылкой для установки вентиляционного оборудования, которое обеспечивает хороший воздухообмен, что является необходимым санитарно-гигиеническим требованием для домов с высокой степенью герметичности. При использовании пустотелых легких стальных конструкций возможно сочетание проводки вентиляции в стенах и в потолках.

Предотвращение повреждения здания в результате воздействия влаги

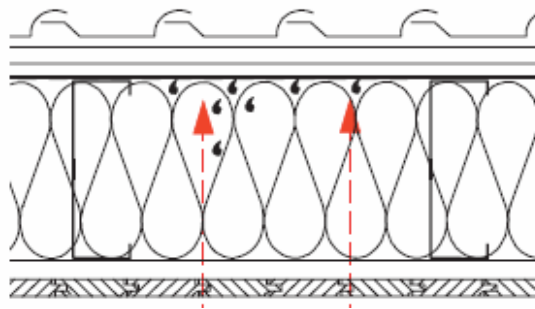
Вследствие недостаточной герметичности слоев внутренней обшивки теплый воздух помещения, насыщенный испарениями, может проникать в наружные стены (особенно зимой – конвекция). Возникающая в результате этого влажность строительных элементов приводит к ухудшению теплопроводных качеств изоляционного материала (утеплителя) и возникновению таких повреждений, как коррозия, грибковый налет, замерзание или внешние повреждения всех поверхностей.

Необходимо избегать появления конденсата внутри строительных элементов, так как конструкция визуалью не контролируется, и возможные повреждения могут остаться незамеченными.

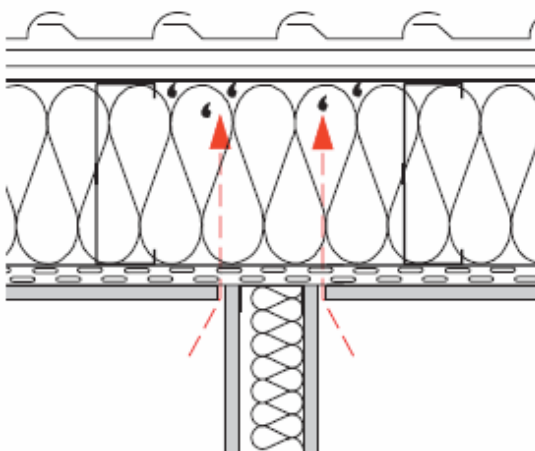
Интенсивность увлажнения строительного элемента при конвекции намного выше, чем при диффузии, так как влажные массы, проникающие вместе с воздушным потоком, намного объемнее.



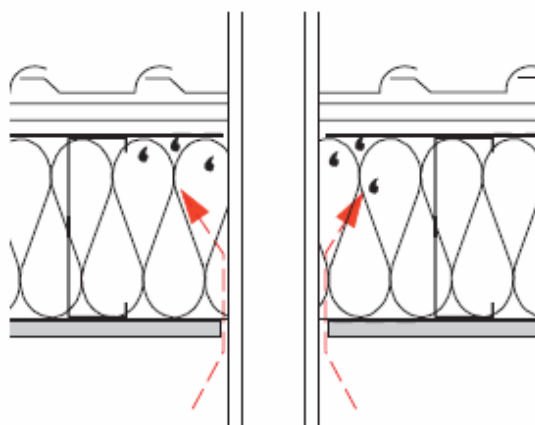
Рис. 88:
Отличие герметичности от устойчивости к ветровым нагрузкам



а) Воздухопроницаемая внутренняя обшивка



б) Негерметичное крепление к перегородке



в) Негерметичное крепление к крыше

Рис. 89:

Конвективные тепловые мосты, возникающие в результате недостаточной герметичности наружных строительных элементов, с последующим образованием конденсата

Проектирование и монтаж герметичных легких стальных конструкций

Чтобы добиться герметичности наружных строительных элементов при незначительных расходах, необходимо уже на начальных этапах проектирования уделить внимание созданию концепции герметичной конструкции. Конструкцию строительных элементов и системы стоек необходимо оценить с точки зрения герметичности. Следует избегать сквозных элементов, так как их грамотное с точки зрения строительной техники исполнение является очень трудоемким и дорогостоящим. В рамках детального проектирования необходимо продумать и оформить в виде чертежей конструкцию всех узлов и креплений. Устранение последствий некачественного проектирования будет связано потом с большими затратами. Герметичность можно обеспечить, во-первых, на уровне обшивки, за счет хорошей шпаклевки всех пазов, или с помощью пленки, которая укладывается с внутренней стороны наружной стеновой панели и в большинстве случаев служит также для уменьшения проникновения испарений.

Стыки плит ГКЛ или ГВЛ расположены, как правило, на полках стоек стен. Благодаря этому их легко уплотнить с помощью шпаклевки. Наряду с этим, стыки плит могут также проклеиваться (рис. 90). Крепление плит соседних элементов (например, стена-перегородка) возможно только с помощью гибкой клейкой ленты (рис. 91).

Поэтому такой вид стыков подходит только для скрытых соединений, например, для двойной обшивки.

Чтобы надолго исключить образование трещин, рекомендуется использовать гипсовые плиты. По сравнению с древесными плитами они отличаются более низкими величинами усадки и набухания (усадка составляет макс. 2% изменения длины по отношению к изменению влажности). В связи с этим особое значение приобретает использование точного по размеру каркаса для создания герметичной и устойчивой к ветровой нагрузке конструкции.

Если в качестве герметичного материала используется пленка, то при работе с ней необходимо учитывать различные аспекты.

1. Чтобы избежать поперечных стыков, ширина пленки должна быть больше соответствующей высоты строительного элемента, в области крыши пленка укладывается сквозным способом под стропилами от конька до спуска.

2. Стык пленок должен перекрываться не менее чем на 100 мм и хорошо склеиваться (рис. 92). При этом для пленки используются специальные клейкие ленты, двусторонние клейкие ленты или клеи.

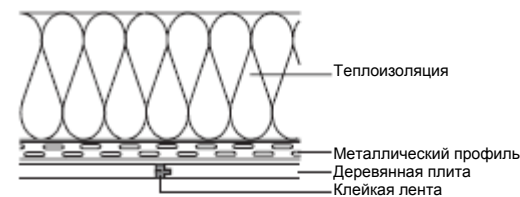
3. Продольные стыки с перехлестом выполняются на опорах (стойки, стропила), чтобы их можно было дополнительно плотно прижать с помощью обшивки (рис. 92 б, в).

При наличии стабильной формы теплоизоляции и более прочных пленок можно также сконструировать подвижные соединения или поперечные стыки, если использовать специальные клейкие ленты и можно хорошо прижать склеенные детали.

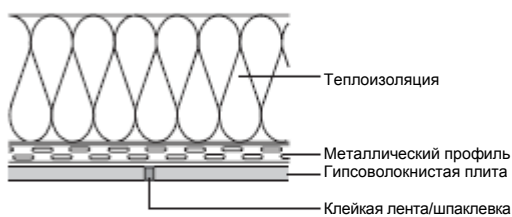
Стыкующиеся детали можно проклеивать, если они достаточно перекрывают друг друга, или обжать их профилями или обрешеткой по всей длине (рис. 93). Во избежание неровностей в области сжатия необходимо проложить эластичную клейкую ленту или уплотнение между пленкой и строительной деталью.

Наряду с узлом крепления примыкающих деталей, необходимо уделить большое внимание узлу проходки через панель электропроводки, водо- и тепловыводов. В полых конструкциях можно обеспечить герметичность участков проходок через специальные соединители (например, через розетки), в зависимости от ее конструкции и создать качественное соединение с полым пространством стены.

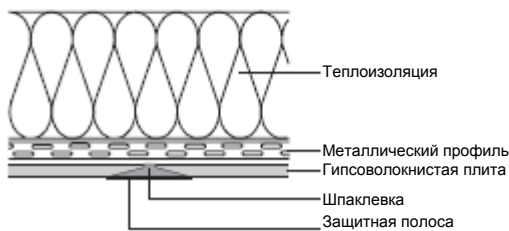
Рис. 90:
Устройство герметизирующего слоя с помощью панельных материалов



Уплотнение стыка клейкой лентой



Уплотнение стыка клейкой лентой или шпаклевкой



Уплотнение стыка шпаклевкой или защитной полосой

Хорошая герметичность при сухом способе строительства из легких конструкций достигается за счет следующих мер:

- Разработка узлов с учетом требований герметичности и устойчивости к ветровым нагрузкам, например, за счет предотвращения продувания в стыках обшивки наружных стен. Например, балконы и наружные балки рекомендуется проектировать приставными, не допуская проходов конструкций через ограждающие элементы.

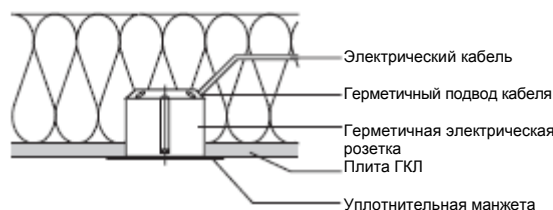
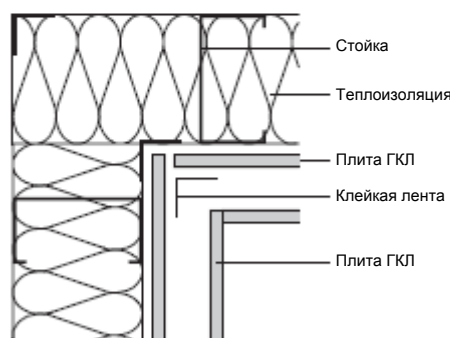
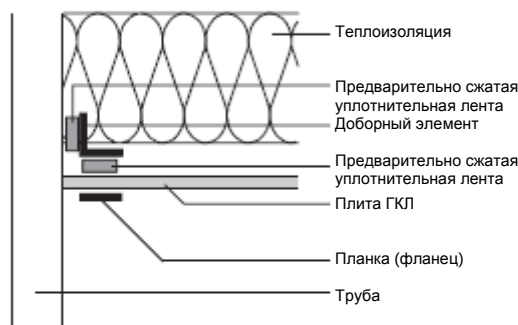
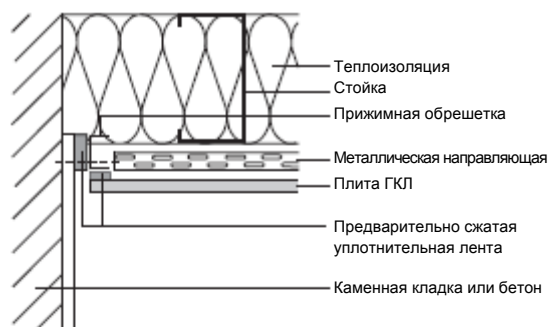


Рис. 91:
Соединение панелей с дополнительными деталями для создания герметизирующего слоя / монтаж герметичной розетки

- Проектирование герметичного слоя с использованием пленки при аккуратном исполнении и достаточном перехлесте поверхностей пленки на месте стыка, не менее 100 мм (рис. 92)
- Применение максимально больших кусков пленки, чтобы сократить длину стыков
- Аккуратная обработка сквозных проходов, например, труб через герметизированные слои строительного элемента (пленку). При этом можно, например, использовать манжеты (рис. 91 и 93)
- Использование встроенных элементов, разработанных с учетом требований герметичности специально для пустотелых конструкций, например, мансардные окна в крыше с возможностью крепления пленки или герметичные электрические розетки в стенах (рис. 91)
- Конструктивное разделение герметизирующего слоя и дополнительного слоя утеплителя со стороны помещения. Электрическая проводка и коммуникации в этом случае не нарушают герметизирующий слой. (рис. 94)

Если через герметизирующий слой проходит слишком много конструктивных элементов (например, выступающие балки перекрытий (балконы, крытые галереи), ригели стропильной фермы или выступающие стропила), то технически правильное исполнение уплотнения и герметизации практически невозможно.

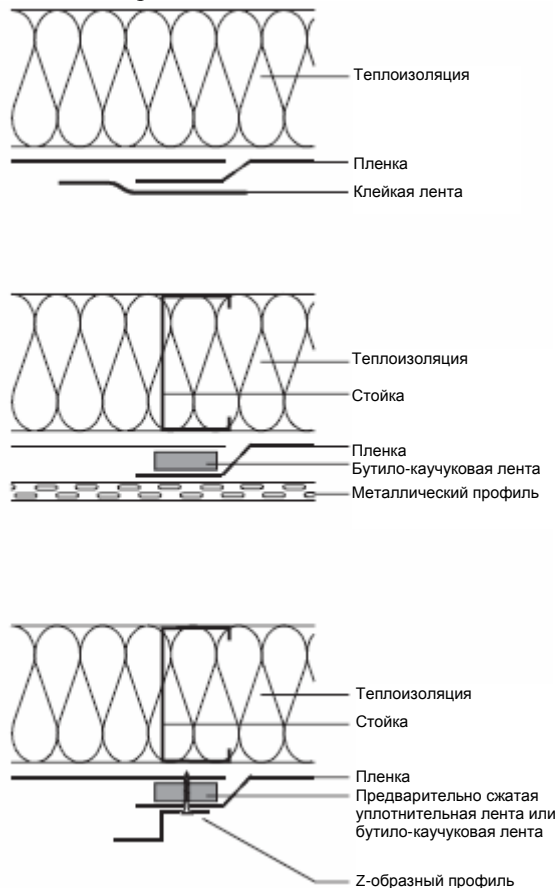
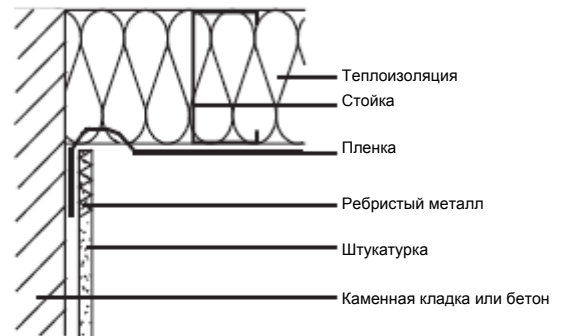
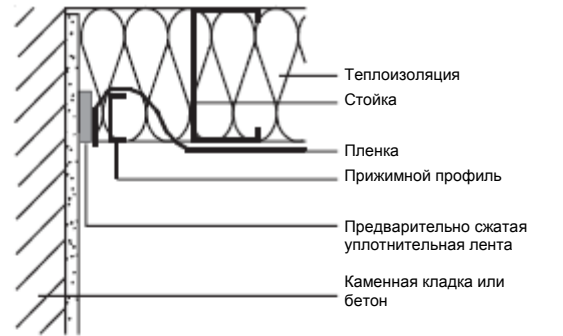


Рис. 92:
Образование герметичных стыков пленки

Поэтому необходимо избегать использования этих «традиционных» конструктивных решений при строительстве из легких стальных конструкций, их следует изменять на герметичные варианты, что также более благоприятно с точки зрения уменьшения влияния «мостиков холода» (см. главу «Тепло- и гидроизоляция»).



Крепление пленки к фронтому из камня или бетона

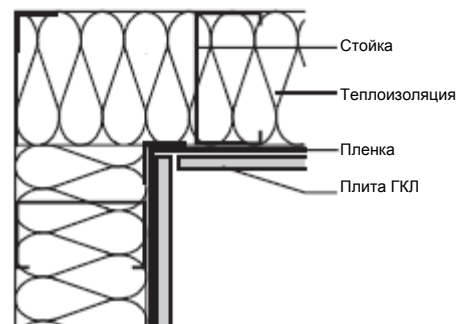
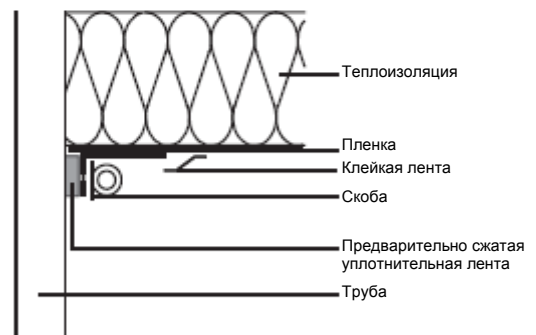


Рис. 93:
Герметичное крепление пленки к сопрягаемым деталям

Если наружные стеновые панели предварительно собраны на заводе, а затем монтируются на строительной площадке, в построенных таким способом зданиях или элементах зданий обычно имеется гораздо большее количество стыков, чем в традиционных зданиях из монолитных конструкций. Места стыков соединяемых деталей должны быть спроектированы и выполнены с учетом требований герметичности и устойчивости к ветровым нагрузкам.

При проектировании здания из ЛСТК с учетом особых требований к местам крепления и технологии стыков можно выполнить герметичную конструкцию при незначительных расходах.

Гидроизоляция, обусловленная климатическими условиями

В отличие от монолитных строительных элементов, при строительстве из легких стальных конструкций необходимо учитывать диффузионный поток через наружные элементы, вызванный наличием нескольких слоев различных материалов. Влагостойкость отдельных слоев строительного элемента нужно уменьшать с внутренней стороны к наружной, чтобы исключить образование конденсата.

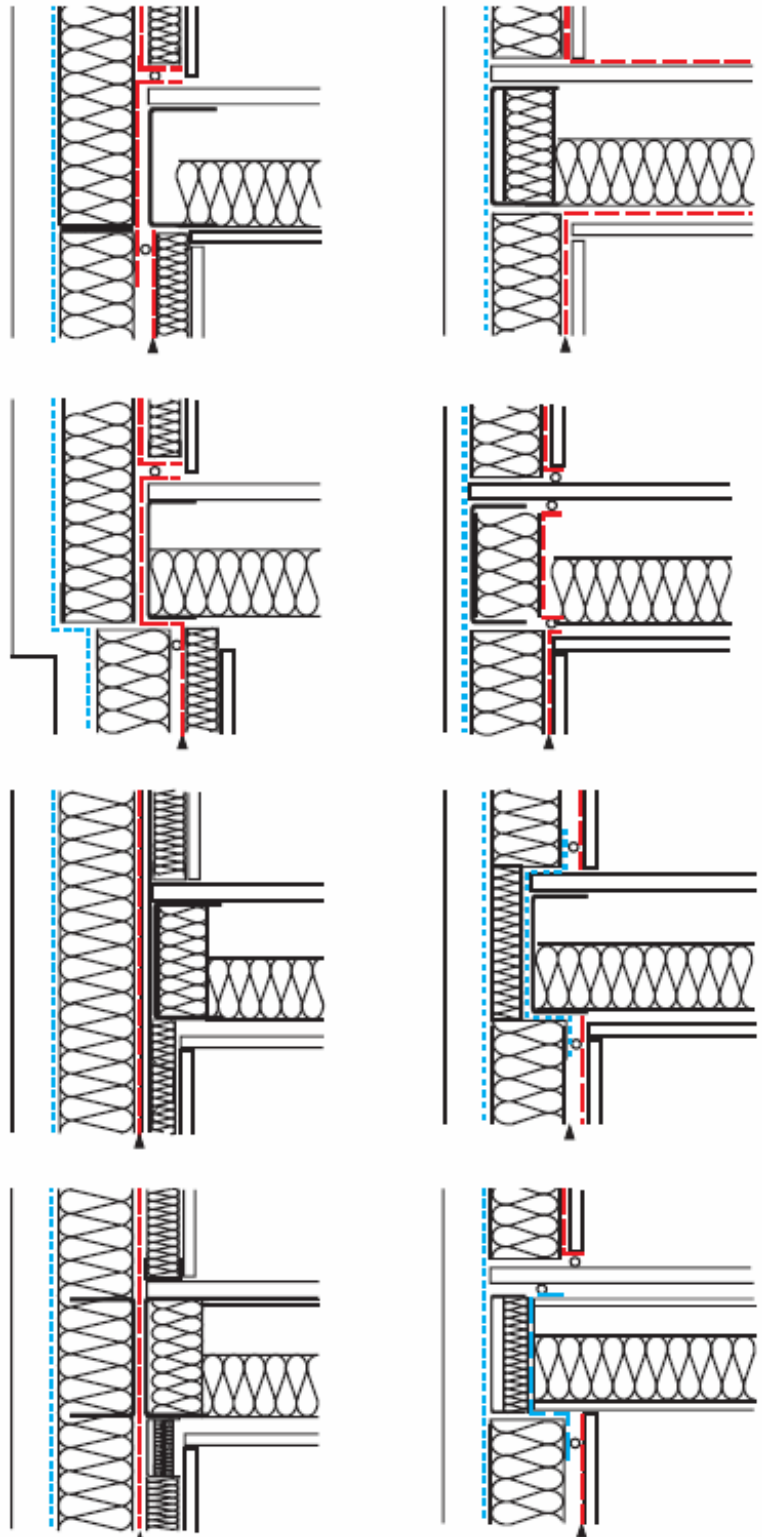
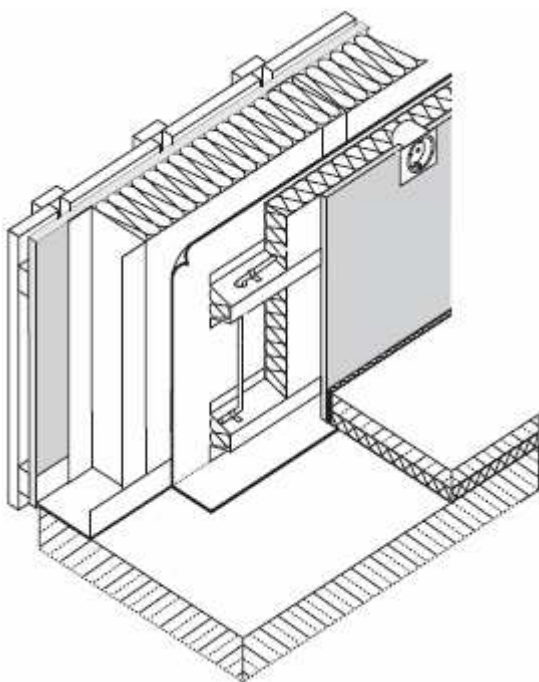


Рис. 94 (слева): Сечение стеновой панели с 2-мя слоями утепления с ненарушенным слоем герметизации при устройстве электрических разводов в стене.

Рис. 95 (вверху): Варианты крепления межэтажных перекрытий к наружной стене в виде "ярусов" и в исполнении "стоки + горизонтальные элементы". Изображение герметичного слоя внутри, в ветрозащитного слоя снаружи
Красная пленка - паронепроницаемая, синяя – отличается диффузионная мембрана



Образование конденсата на поверхностях строительных деталей

Образование конденсата, вызванное краткосрочным резким повышением относительной влажности можно уменьшить. Рекомендуется использовать для внутренней обшивки влагостойкие, абсорбирующие материалы, к которым, например, относятся материалы из гипса или древесины. Чтобы сохранить абсорбирующую способность, поверхности должны быть обшиты только открытыми для диффузии материалами. Краткосрочность оседания конденсата на этих поверхностях не вызывает сомнения, так как благодаря своей структуре они поглощают влагу и постепенно медленно выпускают ее в окружающий воздух.

Появление конденсата с внутренней стороны строительного элемента – диффузия водяного пара

В стандарте DIN 4108, часть 3 [17] не приводятся нормы для легких стальных конструкций. Для них требуются расчетные свидетельства функциональной безопасности или испытательный сертификат завода-изготовителя. Расчет осуществляется по «методу стекла» согласно стандарту DIN 4108, часть 5 [17].

Если по расчетному свидетельству установлено осаждение конденсата на строительном элементе, необходимо принять следующие меры для изменения конструкции:

- Вентиляция слоев, подверженных осаждению конденсата
- Оборудование пароизоляции на «теплой» стороне строительного элемента (внутри)

В общем полые конструкции (каркасные наружные стеновые панели) можно рассматривать как надежные с точки зрения оседания конденсата, если соблюдаются следующие правила:

- Достаточная теплоизоляция
- Достаточное сопротивление диффузии слоя, расположенного со стороны помещения (например, пароизоляция), при одновременной вентиляции внешнего слоя наружной обшивки (вентилируемый зазор с внешней стороны наружной стены).

Теплоизоляция в летний период

При проектировании зданий, независимо от их конструкции, необходимо учитывать летнюю теплоизоляцию, чтобы избежать возникновения неприятного микроклимата в помещении в летний период. Причиной дополнительного притока тепла является солнечный свет и вызванное им повышение температуры на улице.

Стабильность микроклимата в домах часто неправильно ассоциируется с большими массами наполнителя. Но это неверно, по крайней мере, по отношению к хорошо изолированным зданиям.

Внешние воздействия

Поступление тепла в здание главным образом определяется солнечной энергией. Это правило действует в равной мере для массивных и облегченных строительных конструкций. Солнечное излучение проникает через прозрачные строительные элементы, например окна, преобразуется внутри здания в тепловую энергию и является решающим внешним фактором для повышения температуры воздуха в помещении. Строительные элементы могут получить значительное количество тепла даже без прямого воздействия солнечных лучей через рассеянное или отраженное излучение. Это приводит к образованию высоких температур в помещениях из-за недостаточной теплоизоляции, негерметичной конструкции, незатененных или недостаточно затененных окнах, а также из-за неправильной системы вентиляции.

Повышение температуры воздуха в помещениях вызвано следующими факторами:

- Уровень теплопроводности остекления (коэффициент g)
- Размер и направленность окон
- Внутренняя и наружная защита окон от солнца (например, маркизы, жалюзи, солнцезащитные стекла)
- Возможности вентиляции помещения, особенно в ночное время
- Способность строительных элементов к накоплению тепла (также для внутренних элементов)
- Расчетное сопротивление теплопередаче строительных материалов наружных элементов

В хорошо изолированных домах различие между дневной и ночной температурой незначительно.

Поэтому способность строительных элементов к нагреванию и удержанию тепла поддерживается в норме и переоценивается, если дополнительно рассматривается внутренняя отделка здания (мебель, лестницы, бесшовные полы и т.д.). Большие стенные шкафы, толстые ковры или подвесные потолки с изоляционным слоем могут значительно уменьшить нагревание расположенных за ними строительных элементов.

Низкая способность удерживать тепло, характерная для легких стальных конструкций в отличие от тяжелых массивных конструкций, может частично компенсироваться повышенной теплоизоляцией. При рассмотрении способности стены к сохранению тепла следует учитывать тот факт, что в массивных стенах в зависимости от времени суток активно сохраняет тепло только один слой, который составляет от 6 до 10 см, даже при снижении уровня температуры с поверхности до внутреннего слоя (рис. 94).

Самое большое влияние на нагревание оказывает площадь и пространственная ориентация окон. Необходимо создать препятствия для прохождения тепловой энергии условия для вывода уже поступившей энергии. В стандарте DIN 4108, часть 2, раздел 8 (3/2000) [17] даны рекомендации для теплоизоляции в летний период. При этом рассматриваются следующие свойства здания и внешние воздействия

1. Доля занимаемой окнами площади (f)
2. Общий уровень теплопроводности стекла (коэффициент g)
3. Влияние мер по затенению (коэффициент F_c)

Показатель поступления солнечного света (S) рассчитывается по следующей формуле:

$$S = f \times (g \times F_c) \times F_F / 0,7$$

F_F : фактор уменьшения из-за наличия рам. Без точных указаний можно принимать величину $F_F = 0,8$.

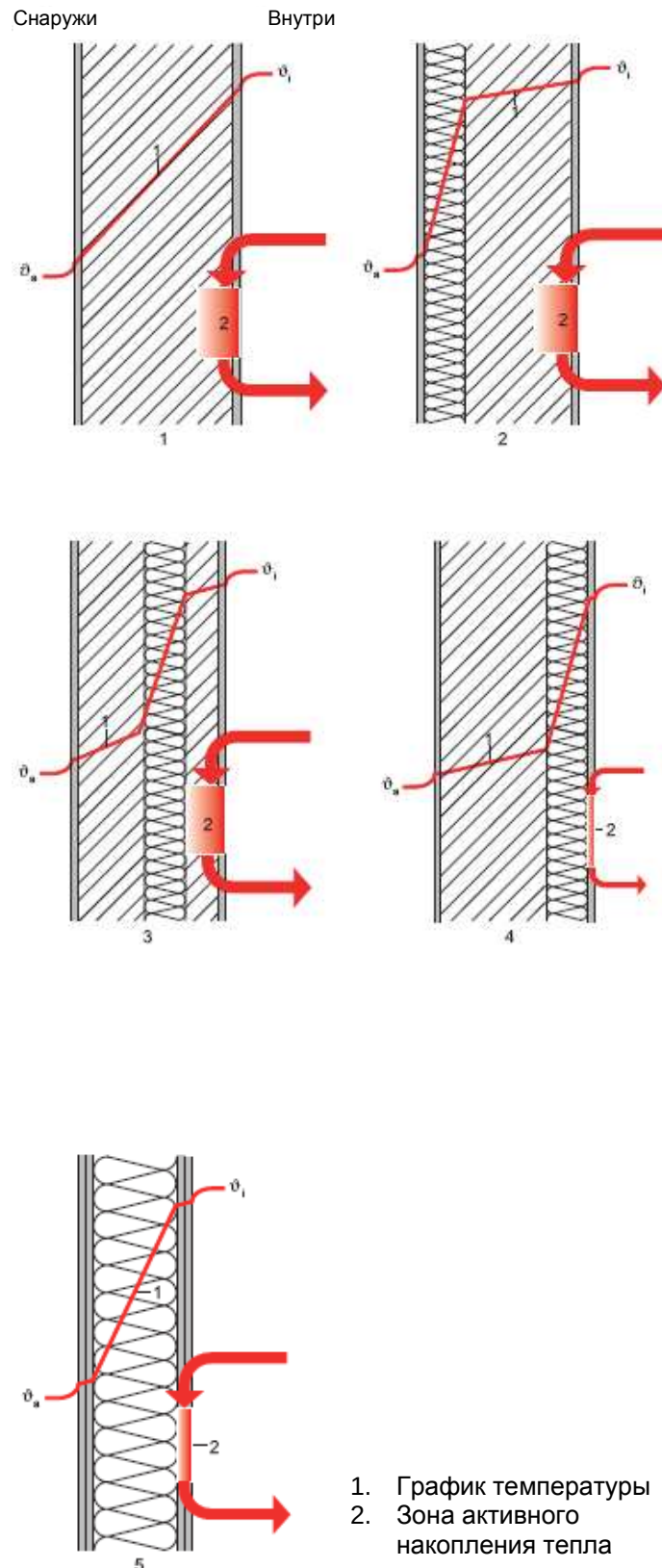


Рис. 96:
Различная тепло накопительная способность строительных материалов

1. Монолитная неизолированная стена: способность удерживать тепло у монолитной стены ограничивается первыми 5-10 см. Теоретическая накопительная способность не используется.
2. Стена, изолированная снаружи
3. Стена, изолированная посередине: способность удерживать тепло в значительной мере определяется положением изоляционного слоя. Активен только участок перед изоляционным слоем.
4. Стена, изолированная изнутри: хотя изоляционный слой со стороны помещения ограничивает способность удерживать тепло, помещение быстро нагревается.
5. Изолированная по всей поверхности стена: способность таких стен удерживать тепло в значительной мере зависит от материала панелей и стоек (материал обшивок и количество стоек).

Строка	Расположение и свойства здания	Добавочная величина ΔS_x
1	Область повышенной солнечной нагрузки	-0,04
2	Вид конструкции	
2.1.	Облегченная конструкция: Деревянная опорная конструкция, легкие перегородки подвесные потолки	-0,03
2.2.	Особо легкие конструкции: преимущественно внутренняя изоляция, большие залы, почти нет закрывающих перегородок	-0,10
3	Солнцезащитное остекление, $g \leq 0,4$	+0,04
4	Повышенная ночная вентиляция	для легкой конструкции +0,03
5	во второй половине ночи $n = > 1,5 \text{ h}$	для тяжелой конструкции +0,05
6	Доля площади окон $f > 65\%$	-0,04
7	Направленность наклона окна: наклон 60° относительно горизонта	$-0,12 \times f$
8	Фасады, ориентированные на север, северо-восток и северо-запад	+0,10
^{*)} Области со среднемесячной температурой на улице выше 18°C по стандарту DIN V 4108-6, например, области регионов 8, 11, 12, 13 и 14 ^{**)} В качестве альтернативной меры можно использовать солнцезащитный занавес, который значительно уменьшает открытое излучение, коэффициент защиты которого $g \leq 0,4$		

Рис. 97:

Дополнительные величины для определения летней теплоизоляции по DIN 4108, часть 2, таблица 8

Рис. 98:

Примерные расчеты комплексного действия различных краевых условий для летней теплоизоляции

Доля площади окон f	Остекление g	Затенение F_c	Максимальная величина $S_{\max}$
40%	0,80	1,00	0,36
40%	0,65	1,00	0,30
Дополнения из таблицы 8, DIN 4108, часть 2			
Строка 2.1.	-0,03		
Строка 4	+0,03	Итого: 0,00	$S = 0,18$

Несмотря на увеличение вентиляции (дополнения, строка 4), путем выбора лучшей величины g для остекления **доказательство не получено**.

60%	0,80	1,00	0,48
60%	0,80	0,25	0,13
Дополнения из таблицы 8, DIN 4108, часть 2			
Строка 2.1	-0,03		
Строка 4	+0,03	Итого: 0,00	$S = 0,18$

Доказательство получено благодаря применению эффективного затенения и улучшения вентиляции в ночное время.

80%	0,80	1,00	0,64
80%	0,40	0,50	0,18
Дополнения из таблицы 8, DIN 4108, часть 2			
Строка 2.1.	-0,03		
Строка 3	+0,04		
Строка 4	+0,03		
Строка 6	-0,04	Итого 0,00	$S = 0,18$

Несмотря на увеличение площади окон, **доказательство получено** благодаря комбинации подходящего стекла с низким коэффициентом g и затенения.

Величина S не должна превышать максимальную величину, рассчитанную по формуле DIN 4108, часть 2 [17] $S_{\max}$. $S \leq S_{\max}$
 $S_{\max} = S_0 + \sum \Delta S_x$ (формула 6)

В качестве базовой величины принимается $S_0 = 0,18$. Дополнительные величины ΔS_x можно найти в DIN 4108, часть 2, таблица 8 [17] (рис. 97).

В расчетах величины поступления солнечного света S вид конструкции не играет роли. Если далее рассматривать только влияние отдельных факторов в таблице 8, то становится очевидным, что вид конструкции играет только вспомогательную роль. Разница в 0,02 для учета вентиляции в ночное время для тяжелых и легких конструкций в строке 4 настолько незначительна, что ее можно компенсировать другими мерами, например, изменением доли площади окон или использованием солнцезащитных стекол.

Из этого следуют примерные расчеты (рис. 98), которые наглядно показывают влияние этих критериев при планировании независимо от вида конструкции.

Указания для проектирования

Приведенные данные показывают, что основное влияние на летнюю теплоизоляцию оказывает не вид строительной конструкции, или способность здания накапливать тепло. Для проектирования обнаруживаются следующие приоритеты, которые необходимо учитывать согласно степени их важности в приведенной последовательности:

- Уменьшение интенсивности возможного излучения (через стеклянные поверхности) в помещении (проект, направление, геометрия помещения, затенение, свойства стекла)
- Обеспечение теплоизоляции и герметичности наружных строительных элементов
- Оптимизация размеров источников отопления и охлаждения в помещении (уменьшение внутренних источников тепла на солнце, применение комбинированной системы отопления-охлаждения)
- Приспособление величины воздухообмена в сочетании с наружным воздухом к климатическим условиям в помещении (обеспечение сквозного проветривания, особенно в ночное время)
- Оптимизация величины прохождения тепла и способности накапливать тепло в сочетании с температурой излучения за счет правильного деления помещения.

Основным критерием считается препятствие проникновению тепловой энергии и обратный вывод уже поступившей энергии. Естественная вентиляция требует проектировать план здания, допускающего сквозное проветривание. Так как летом люди целый день проводят на жаре и ожидают отдыха от прохладного ночного воздуха, естественное ночное проветривание приобретает особое значение.

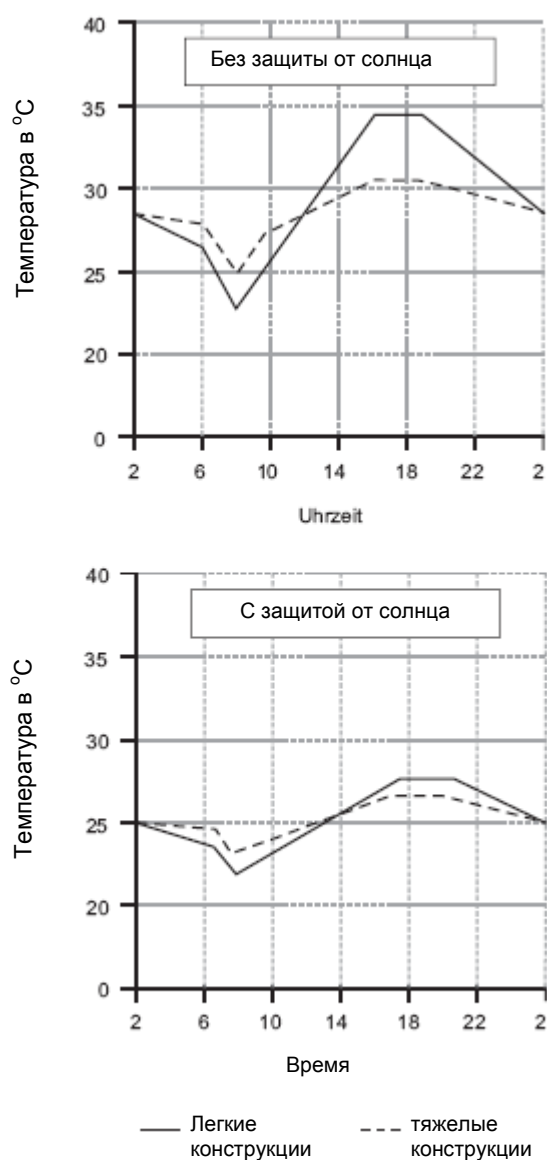


Рис. 99:
Влияние затенения окон на температурный режим помещения

С учетом этих правил проектирования в домах из легких стальных конструкций даже летом могут быть созданы очень хорошие климатические условия.

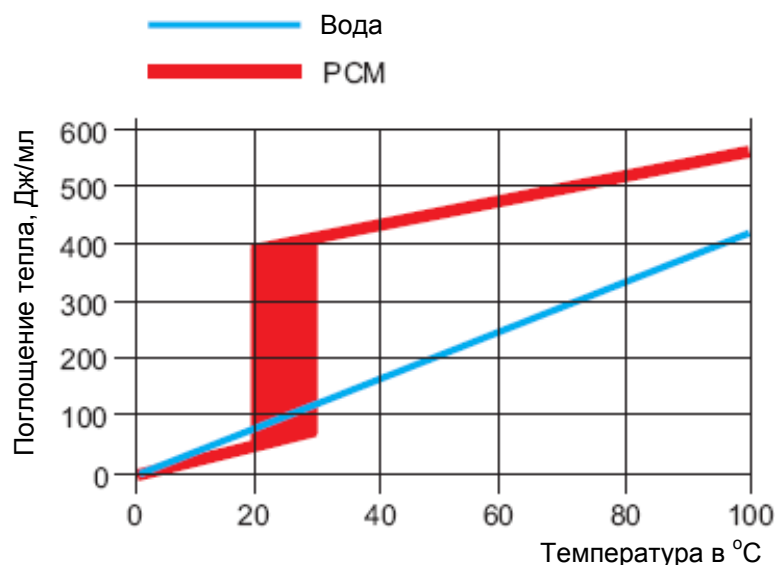


Рис. 100:
Поглощение энергии материалом PCM в сопоставлении с водой

В среднем температуры зданий из ЛСТК только на 1-3 °C превышают температуру в массивных сооружениях. Влияние затенения можно оценивать в 2-7 °C (рис. 99). При выборе легкой или массивной конструкции теплоизоляции в летнее время не играет роли.

Новые разработки для дальнейшего улучшения комфорта облегченных сооружений распространяются на так называемые «скрытые накопители тепла». В гипсокартонные материалы вводятся примеси в виде очень мелких парафиновых шариков, которые составляют около 20%. Этот материал называют «материал, изменяющий фазу». При изменении фазы парафина (плавлении) требуется теплота, которая связана в материале. В противоположном случае происходит отдача этого «скрытого тепла». Оснащенный таким материалом строительный элемент может сохранять тепло, эквивалентное теплу, которое сохраняет стена из силикатного кирпича толщиной 11,5 см.

Здания из легких стальных конструкций, в которых используются подобные скрытые резервы тепла, превосходят по комфортности массивные дома.

Противопожарная защита

Цели защиты

Несущая способность стали (прочность и модуль упругости) при температурах выше 500 °С снижается практически линейно. Стальные строительные элементы являются негорюемыми (строительным материалом класса А). Однако, в незащищенном виде они – и прежде всего тонкостенные и гнутые стальные конструкции – не обладают огнестойкостью и должны быть защищены от воздействия высоких температур в случае возникновения пожара. Только так можно предотвратить тяжелые термические деформации и статические разрушения строительных элементов.

В легких стальных конструкциях стальные профили в большинстве случаев «встроены» в строительные элементы, служащие для ограждения помещений, например, в стены с огнестойкими свойствами. Таким образом, тонкостенный профиль совместно с обшивками и внутренним слоем минераловатной плиты превращается в строительный элемент или конструкцию (например: - наружная стена, - перегородка, -внутренняя межквартирная стена, - перекрытие, -покрытие, - кровля и пр.).

Противопожарные свойства материалов, применяемых в строительстве с использованием легких стальных конструкций

При строительстве с использованием ЛСТК элементы, отвечающие противопожарным требованиям, представляют собой сочетание отдельных строительных материалов и строительных элементов (рис. 101).

Основная конструкция из тонкостенных стальных профилей является негорючей и, таким образом, в случае пожара не обуславливает дополнительной пожарной нагрузки. Однако, как указано выше, ее необходимо защитить от воздействия пожара посредством эффективной противопожарной облицовки.

В качестве эффективной облицовки можно – после подтверждения их пригодности – использовать следующие плиточные материалы:

- Гипсовые строительные плиты по DIN 18180 [15]
- Гипсовые волокнистые плиты
- Гипсовые стекловолоконные плиты
- Плиты из силиката кальция

Эти огнестойкие строительные материалы пригодны для защиты горючих и несущих элементов от прямой огневой нагрузки, а при их использовании для обшивки стен, потолков и полов призваны сохранить внутренние ограждающие элементы.

На рис. 102 представлены характерные кривые прогорания различных плиточных материалов. Результаты могут быть использованы в качестве ориентира, они указывают на огнестойкость (по критерию герметичности) стальных строительных элементов. На основе проведенных испытаний гипсовые волокнистые плиты приравниваются с точки зрения противопожарной защиты к огнезащитным плитам из гипсокартона.

При использовании изоляционного слоя в полости каркасной панели имеет значение тот факт, является она несущим элементом или нет. В ненесущем элементе изоляция может повысить огнестойкость конструкции. Применяются изоляционные материалы из минерального волокна, имеющие точку плавления > 1000 °С. Применение этих материалов снижает тепловой поток со стороны, отвернутой от огня, и после падения обшивки, обращенной к огню, изоляция задерживает переход огня на другую сторону строительного элемента.

В несущем строительном элементе достижение критической температуры стали в 500 °С является определяющим критерием несущей способности стены. За счет применения изоляции предотвращается конвекция в полости, из-за чего внутренняя поверхность конструкции, со стороны, обращенной к огню сильно, нагревается и критическая температура достигается быстрее, чем без изоляции (рис. 103).

Возможно, что с точки зрения противопожарной защиты никакого изоляционного слоя не требуется либо он оказал бы даже отрицательное влияние, но по причинам тепло- и/или звукоизоляции изоляционный материал необходим. В этом случае преимущества и недостатки нужно оценивать в каждом отдельном случае. Если изоляционный материал используется в соответствии с конструктивно-акустическими и термическими требованиями, то он должен относиться как минимум к классу строительных материалов B2 и иметь разрешение для применения в данной конструкции, поскольку изоляционные слои могут отрицательно влиять на пожароопасные свойства.

Применение в легких стальных строительных конструкциях паронепроницаемых слоев, паро-вых затворов, а также пленок для обеспечения ветро- и светонепроницаемости по DIN 4102, часть 4 [16] не вредят противопожарной защите.

Рис. 101:
Классификация строительных материалов, применяемых в легких стальных конструкциях, с точки зрения техники противопожарной защиты

		Класс строительного материала
Несущая конструкция/ конструкция основания	Металлические профили (профили холодного формования и балки и опоры горячего вальцевания)	A1
Материалы плит, обшивочные и облицовочные материалы	Гипсовые строительные плиты (гипсовые волокнистые, гипсокартонные и гипсовые плиты из стекловолокна)	A1, A2
	Плиты из волокон на минеральной связке	A1
	Цементные плиты из стекловолокна	A1
	Плиты из древесного материала	B2, B1
Изолирующие материалы	Изоляционные материалы из минеральной ваты	A1
	Органические изоляционные материалы	B2
Уплотнительные материалы для соединений	Уплотнительные ленты – ленты из минерального волокна	A1
	Минеральные шпатлевки	A1

Классификация и подтверждение классов огнестойкости строительных элементов в легких стальных конструкциях

Во избежание перехода пожара в соседние помещения или на другие этажи «строительные элементы, служащие для ограждения помещений», такие как стены и потолки, должны – в течение периода огнестойкости – отвечать следующим требованиям DIN 4102, часть 2 [16]:

- предотвращать прохождение огня
- обеспечивать герметичность по отношению к проникновению воспламеняемых газов
- ограничивать «температуру обратной стороны» на стороне, отвернутой от огня

Дополнительное требование для несущих конструкций:

- сохранять несущую способность при допустимой рабочей нагрузке:

Стены, ограничивающие помещения, при проведении испытаний на пожаробезопасность подвергаются дополнительной нагрузке с целью испытания прочности и устойчивости, которые обеспечивают требуемые нормативные показатели.

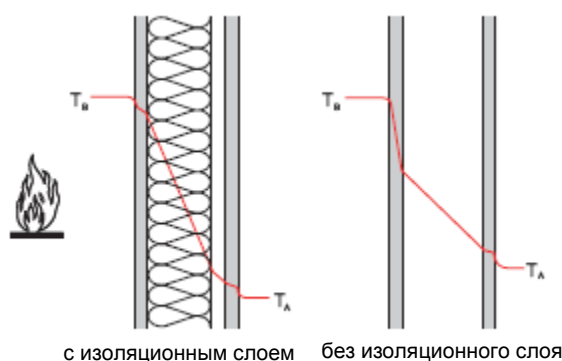


Рис. 103:
Изменение температуры в перегородке с и без изоляции при односторонней пожарной нагрузке

Пожароопасные свойства и огнестойкость конструкций здания и строительных элементов легких стальных конструкций в значительной степени определяются следующими факторами:

- нагрузка вследствие воздействия пожара (односторонняя для стен и, соответственно, многосторонняя, к примеру, для стоек, колонн)
- габариты строительных элементов
- вид конструкции (отдельные компоненты и их взаимодействие)
- статическая система
- использованные строительные материалы
- расположение противопожарных защитных обшивок

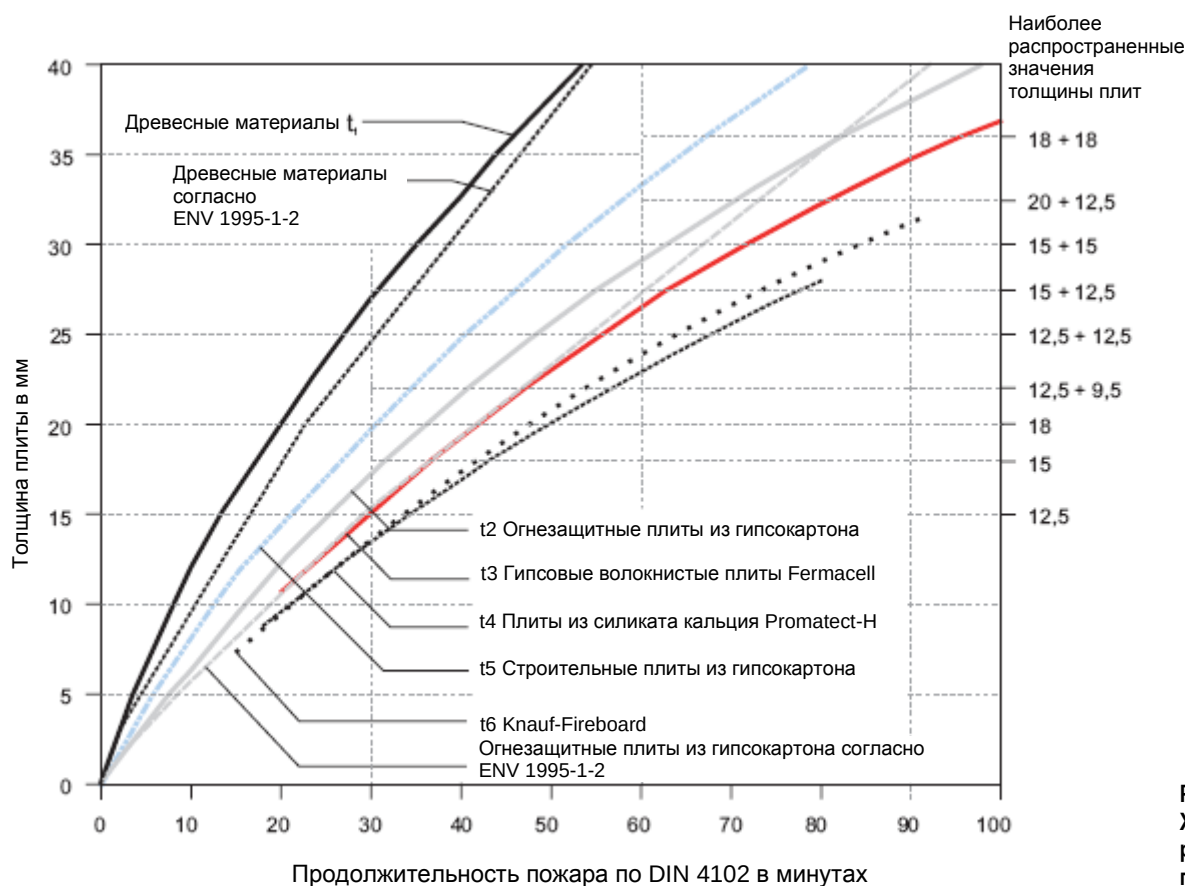


Рис. 102:
Характерные периоды прогорания различных плитных материалов

Отдельные компоненты элемента легкой стальной конструкции и их расположение решающим образом определяют класс огнестойкости всего элемента конструкции.

Строительные элементы разделяются в соответствии с пожароопасными свойствами примененных строительных материалов на четыре группы.

Классы огнестойкости	
F x - A	Из негорючих строительных материалов
F x - AB	Важнейшие элементы из негорючих строительных материалов
F x - B	Из горючих строительных материалов
F x - BA	С эффективными в плане техники противопожарной защиты негорючими обшивками, ограничивающими помещения либо строительные элементы

За счет основной конструкции из металлических стоек в комбинации с обшивками из негорючих плит и соответствующим изоляционным материалом возможно возведение легких стальных конструкций, соответствующих классу А.

Расстояние между стойками, толщина и количество слоев обшивки, а также толщина изоляционного материала решающим образом определяют класс огнестойкости строительного элемента. При необходимости противопожарными обшивками можно добиться соответствия классу огнестойкости строительной детали вплоть до самых высоких требований.

Противопожарные защитные обшивки для стальных конструкций определяются через соотношение профилей U/A. DIN 4102 [16] учитывает подобные обшивки лишь начиная с соотношения $U/A < 300 \text{ м}^{-1}$. Поскольку применяемые в легких стальных конструкциях профили имеют соотношения U/A более 300 м^{-1} , то к значениям по DIN обратиться нельзя. Кроме того, приведенная в DIN 4102, часть 4 [16] подборка классифицированных строительных элементов – это не легкие стальные конструкции. Поэтому для классификации строительных элементов из ЛСТК в соответствии с техникой противопожарной защиты необходимо привести подтверждение пригодности на основании общего разрешения от строительного надзора (AbZ) и общего акта испытаний от строительного надзора (AbP).

В общем, легкая стальная конструкция определяется в какой-либо класс огнестойкости для противопожарной защиты путем насаивания плиточных материалов при наличии разрешения от изготовителя. Для этого либо имеются акты испытаний для специальных строительных материалов (например, Knauf-Fireboard), либо огнестойкость одной конст-

рукции можно оценить из параметров другой конструкции, на которую имеется разрешение (например, обшивки шахт). Определяющим критерием для таких испытаний является максимальное повышение температуры на стороне, отвернутой от огня, в среднем на 140 К. Если этот критерий выполняется, то конструкцию можно применять в качестве герметизации стальных элементов, поскольку критическая температура стали в 500 °С (по DIN 18180 [15]) за период испытания не достигается и, таким образом, может быть гарантирована несущая способность строительного элемента.

Стены, к которым предъявляются противопожарные требования

Несущие стены и стены для ограждения внутренних помещений

С точки зрения пожарной безопасности, разница между конструкцией несущей и ненесущей стены отсутствует. Определяющими для длительности огнестойкости являются вид и толщина обшивки, а также наличие изоляционного материала в полости стены.

Стена, не являющаяся несущей, должна обеспечивать защиту помещений в течение всего времени, определенного как степень огнестойкости. Несущая или усиливающая стена должна в дополнение к этому сохранять и свою статическую функцию. Это означает, что все несущие элементы должны иметь огнезащитную герметизацию. Это относится как к стальным стойкам, так и к связевым элементам жесткости типа стальных лент или профилей (рис.106).

Огнезащитные перегородки

Участки огнезащитных перегородок могут быть образованы при помощи несущих и ненесущих систем огнезащитных перегородок. Система огнезащитных перегородок состоит при этом из отдельных компонентов, способ действия которых подтверждается в результате испытаний на огнестойкость. К огнестойкости (F 90) огнезащитной перегородки добавляется еще и повышенная несущая способность по отношению к ударной нагрузке. Поэтому между слоями обшивки закладывается промежуточный слой в виде стального листа, который обеспечивает устойчивость и стабильность обшивки (рис. 105).

Конструкции огнезащитных перегородок разделяются на «нагружаемые», «несущие» и «не несущие» перегородки. Нагружаемые огнезащитные перегородки в случае пожара можно нагружать только до максимально допустимого уровня нагрузки на перегородку. Максимальные нагрузки на перегородку (кН/м) задаются системным датчиком и описаны в акте испытаний (AbZ). Нагружаемые огнезащитные перегородки необходимо проверить на несущую способность, которая не должна быть меньше ожидаемых нагрузок от перекрытий.

Параметры несущих огнезащитных перегородок устанавливаются в соответствии со статическими нагрузками. Это касается главным образом каркасной конструкции (стальные профили). Подтверждение статических параметров необходимо приложить к подтверждению пригодности (AbP).

При применении системных огнезащитных перегородок, не являющихся несущими, необходимо обеспечить меры защиты, такие, чтобы в случае возникновения пожара эти перегородки не подвергались действию незапланированных нагрузок, например, вследствие прогиба перекрытий (потолка).

Если расчетный прогиб вышерасположенных конструкций (потолка) составит более 10 мм, то крепление ненесущих перегородок к перекрытию следует выполнять податливым (допускающим перемещения) (рис. 107). При устройстве огнезащитной перегородки это подвижное крепление к потолку отличается от стандартного узла стыка внутренних перегородок.

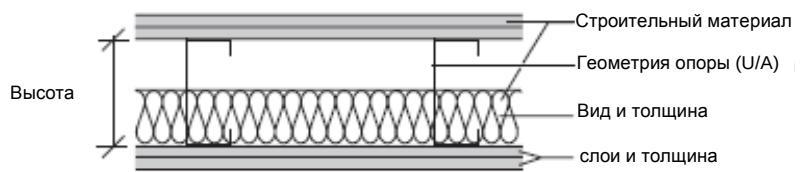
Следует учитывать то, что все примыкающие к огнестойкой разделительной перегородке конструкции такие как прилегающие стены и потолки, должны иметь как минимум такую же степень огнестойкости, как и сама перегородка. Чтобы несущие стены достигали требуемой огнестойкости, наряду с конструкцией самой перегородки следует обеспечить качественные стыки (примыкания) всех строительных конструкций в помещении. Это предъявляет повышенные требования к формированию швов, которые изложены в главе Противопожарные свойства полых конструкций».

Поэтому наряду с квалифицированным монтажом особое внимание необходимо уделить и следующим вопросам:

- вертикальные и горизонтальные стыки элементов стен
- примыкающие стыки стен и потолков
- сопряжение светопроницаемых элементов (например, остекления)
- встраивание дверей
- устройство проводки

Электропроводка в опорных стенах

Розетки в полых стенах могут быть встроены в любом месте несущей или не несущей конструкции. Необходимо учесть приведенные на рис. 108 ограничения. В полости стен также может быть проложена проводка. В данном случае необходимо учитывать граничные требования, изложенные в следующей главе «Проводка в потолках», на рис. 111 и в главе «Противопожарные свойства полых конструкций». Иное исполнение необходимо подтверждать общим актом испытаний от строительного надзора.



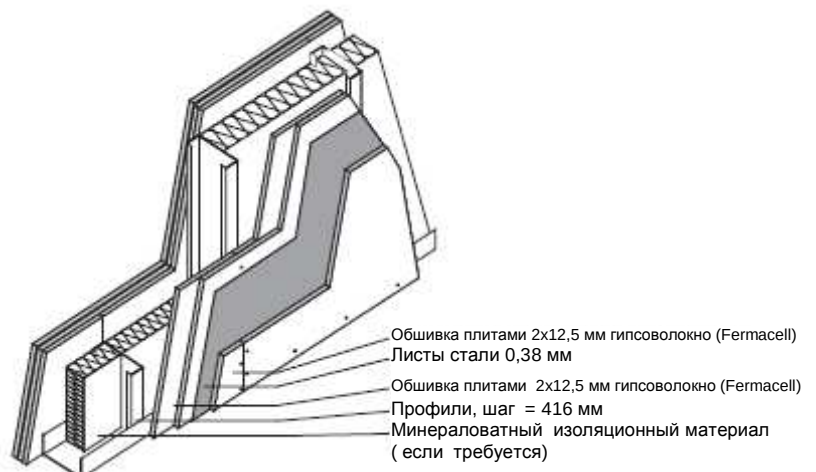
- По DIN 4102, часть 4 [16] в стенах разделяющих помещения, нельзя встраивать штепсельные розетки и коробки выключателей непосредственно друг напротив друга (рис. 108.1), они должны находиться в различных отсеках (рис. 108.3).
- Расположенные друг напротив друга электрические розетки на двойной опорной стене с расстоянием ≤ 600 мм должны быть отделены друг от друга огнезащитной плитой из гипсокартона ≥ 600 мм х 600 мм и толщиной, соответствующей обшивке стены (рис. 108.2).
- Изоляционные слои (для противопожарной защиты) в зоне розеток в полых стенах по DIN 4102, часть 4 [16] должны быть сдавлены внутри стены максимум на 30 мм (Рис. 108.3).
- В стенах с неэффективным (с точки зрения противопожарной защиты) и сгораемым изоляционным материалом (либо вообще без изоляционного материала) розетки в полых стенах должны быть со всех сторон покрыты гипсовой плитой (толщина ≥ 20 мм) или полосой плиточного материала. Этот узел выполняется из условий требуемого класса огнестойкости стены, т.е. принимается та же толщина обшивок, как для самой стены. (Рис. 108.4 – 108.6).

Рис. 104:
Двусторонняя обшивка опор из металлических профилей для улучшения противопожарной защиты

Стальные балочные перекрытия, к которым предъявляются требования по противопожарной защите

Классификация с точки зрения техники противопожарной защиты и градация потолочных систем легкой стальной конструкции осуществляется аналогично вышеописанному методу. При этом перекрытие всегда необходимо рассматривать как единую конструкцию.

Рис. 105:
Огнезащитная перегородка из легкой стальной конструкции

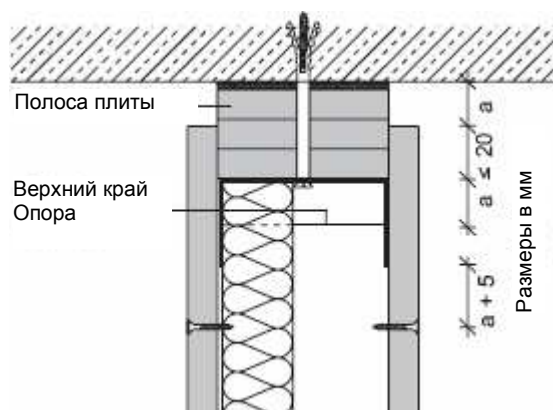


	Несущая стена				Стена не несущая				
	$a \leq 62,5 \text{ см}$				$a = 62,5 \text{ см}$				
	Двусторонняя обшивка плитами			Изоляция	Двусторонняя обшивка плитами			Изоляция	
F 30-A			Толщина [мм]	Плотность [кг/м3]			Толщина [мм]	Плотность [кг/м3]	
		2 x 12,5 мм гипсокартон. огнезащит., Knauf	не требуется			2 x 12,5 мм гипсокартон. огнезащит., DIN 4102	40	30	
		10 + 12,5 мм гипсоволокно, Fermacell	не требуется			12,5 мм гипсокартон. огнезащит.	не требуется		
		20 мм Fireboard	не требуется			12,5 мм гипсоволокно, Fermacell	40	20	
F 60-A		2 x 15 мм гипсоволокно, Fermacell	не требуется			2 x 12,5 мм гипсокартон. огнезащит., DIN 4102	40	40	
		2 x 15 мм Fireboard	не требуется			25 мм гипсокартон. огнезащит., Гурпос	40	40	
F 90-A		2 x 25 мм гипсокартон. огнезащит., Knauf	не требуется			2 x 12,5 мм гипсокартон. огнезащит.	40	100	
		2 x 20 мм Fireboard	не требуется			2 x 12,5 мм гипсоволокно	50	50	
		3 x 12,5 мм гипсоволокно, Fermacell	не требуется			25 мм гипсокартон. огнезащит., Гурпос a = 31,25 см	60	50	
F 90-A Brand wand		25 мм гипсокартон. огнезащит. Металлический лист 25 мм гипсокартон. огнезащит. Knauf	не требуется			2 x 12,5 мм гипсокартон. огнезащит. Металлический лист 12,5 мм гипсокартон. огнезащит.	100	40	
		20 мм Fireboard Металлический лист 20 мм Fireboard	не требуется			2 x 12,5 мм гипсоволокно Металлический лист 12,5 мм гипсоволокно	не требуется		
		2 x 12,5 мм гипсоволокно Металлический лист 12,5 мм гипсоволокно Fermacell	не требуется			15 мм Fireboard Металлический лист 15 мм Fireboard	не требуется		

Рис. 106:

Строение обшивки несущих и не являющихся несущими конструкций стен с соответствующим периодом огнестойкости

Рис. 107: Подвижное соединение потолка и несущей стены, к которой предъявляются требования по противопожарной защите



Стальные потолочные профили защищаются от пожарной нагрузки противопожарными подвесными потолками снизу и бесшовными полами сверху. В отношении них действуют такие же критерии планирования и конструирования с учетом методов противопожарной защиты, как и для конструкций, возведенных сухим способом строительства.

Например, отнесение к категории F 90-A, определяется классом строительных материалов важнейших элементов несущего перекрытия и, соответственно, подвесного потолка. Важнейшими элементами являются все несущие элементы или элементы жесткости, которые способствуют устойчивости перекрытия. Это касается как несущих перекрытий с обшивками по нижнему поясу балок (напрямую), так и к подвесным потолкам.

Пожарная нагрузка на конструкции межэтажных перекрытий.

Поскольку как для конструкций стен (как и для перекрытий), отсутствует нормирование, то необходимо прибегнуть к актам испытаний и разрешениям для отдельных строительных материалов или конструкций, чтобы классифицировать потолки с точки зрения качества противопожарной защиты. При этом в основном рассматривают подвесные потолки, т.к. они при пожарной нагрузке снизу оцениваются классом огнестойкости, обеспечивающим требуемую противопожарную защиту (самостоятельные подвесные потолки).

Системы каркасной (рамной) конструкции подвесных потолков по DIN 18181 подразделяются на классы по нагрузкам (кН/м²). Основные балки и балки подвесного потолка профили располагаются крест-накрест, расстояния между конструкциями устанавливаются в соответствии с классами нагрузки. В потолках легкой стальной конструкции основной профиль может заменяться балками перекрытия из «черного металла». Однако, для этого необходимо наличие акта испытаний от производителя.

Некоторые типы обшивок (плит) (Рис. 109) могут крепиться к балкам перекрытий напрямую, без каркаса подвесного потолка. Однако, для этого балки перекрытия должны находиться на расстоянии не более 40 см друг от друга, а также требуется согласие от органов пожарной охраны.

Пожарная нагрузка сверху

Для потолков, ограничивающих помещения класса огнестойкости F 30 при пожарной нагрузке сверху, требуется плавающее монолитное покрытие либо, соответственно, основание пола, выполненное сухим способом. Это защищает несущую обшивку из стальных балок от огня и предотвращает преждевременный отказ, а также обвал потолка. Огнестойкость потолка из ЛСТК при пожарной нагрузке сверху в значительной степени зависит от вида и толщины основания пола, выполненного сухим способом, а также от качества изоляционного слоя.

По DIN 4102, часть 4 [16] до класса огнестойкости F 60 можно применять монолитные покрытия из раствора и гипса, а также основания пола, выполненные сухим способом, из гипсокартонных плит, плит из гипсоволокна и древесных плит. Для оснований пола, выполненных сухим способом, из плит из гипсоволокна получено подтверждение пригодности в качестве плавающего монолитного покрытия на основании актов испытаний (AbP). Для потолков, к которым предъявляются требования класса F 90, можно применять также системы полов, выполненных сухим способом, из гипсовых плит и плит из гипсоволокна на основании актов испытаний или экспертной оценки.

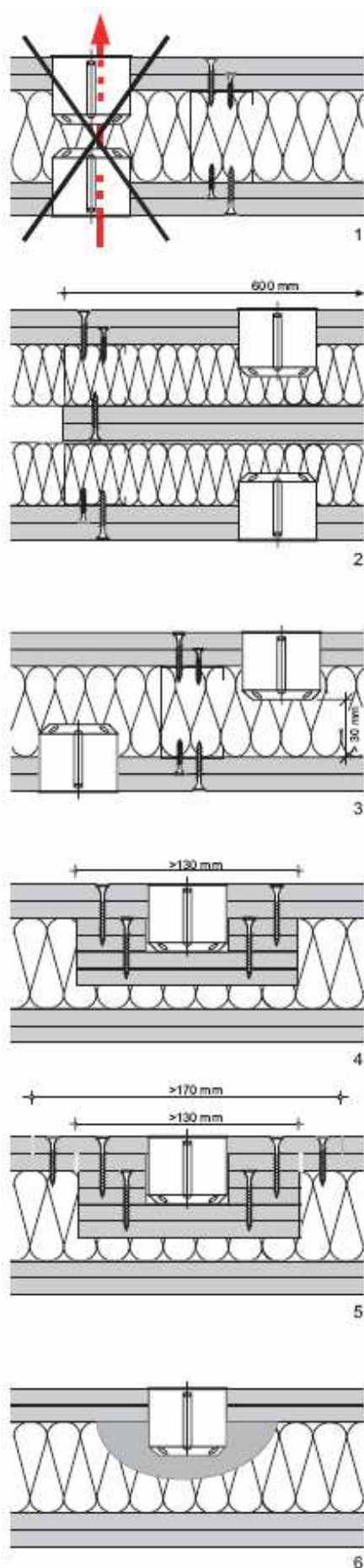


Рис. 108:
Правила
установки элек-
трических розет-
ток в стену,
к которой
предъявляются
требования по
противопожар-
ной защите

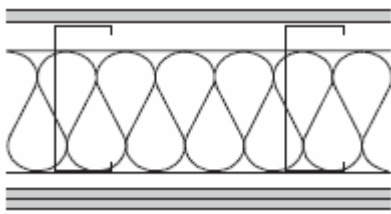
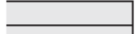
	
Степень огнестойкости	Обшивка потолка с нижней стороны
F 30-A	 2 x 12,5 мм гипсокартон. огнестойкий.,  2 x 10 мм гипсоволокно*, Fermacell  20 мм Fireboard*
F 60-A	 18 + 15 мм гипсокартон. огнестойкий  2 x 15 мм гипсоволокно *, Fermacell  2 x 15 мм Fireboard*
F 90-A	 2 x 20 мм гипсокартон. огнестойкий,  25 + 18 мм гипсокартон. огнестойкий.  2 x 20 мм Fireboard*  4 x 10 мм гипсоволокно *, Fermacell  1 x 15 мм + 2 x 12,5 мм гипсоволокно *, Fermacell
Опорные конструкции обшивки потолка в соответствии с классами нагрузки по DIN 18181 * Данные конструкции могут быть напрямую установлены на несущую конструкцию при наличии согласия от органа пожарной охраны, если расстояние между балками перекрытия не превышает 40 см.	

Рис. 109:
Обшивки в виде самостоятельного подвесного потолка с нижней стороны конструкций для потолков из ЛСТК, соответствующие требованиям противопожарной защиты

Конструкции крыш

Крыши, аналогичные конструкциям потолков(перекрытий), определяются в одну группу в соответствии с их противопожарными свойствами. Изложенные положения действуют на них в отношении пожарной нагрузки снизу соответственно.

В целом крыши для обеспечения защиты от пожарной нагрузки снаружи должны выполнять требование «твердой кровли». Это означает, что крыша должна быть достаточно устойчивой по отношению к перелетающему пламени и излучению тепла по DIN 4102, часть 7 [16]. «Мягкие кровли», например, кровельные гидроизоляционные материалы, возможны, когда имеются большие расстояния между зданиями, которые снижают опасность переноса пожара.

Проводка в потолке

Отдельные электрические провода могут быть проложены через подвесные потолки, но не в ущерб огнестойкости, когда остающиеся отверстия, например, закрываются, например, гипсом. Особо тщательного исполнения требуют вертикально проложенные провода, которые пронизывают весь потолок. Связанные в жгуты провода диаметром до 50 мм можно прокладывать через подвесной потолок без принятия каких-либо особых конструктивных мер. Место прокладки необходимо заделать при помощи плотно забитой минеральной ваты, имеющей точку плавления > 1000 °C, или шпатлевки из гипса.

Противопожарные обшивки несущих конструкций и конструкций, обеспечивающих жесткость здания (конструкции)

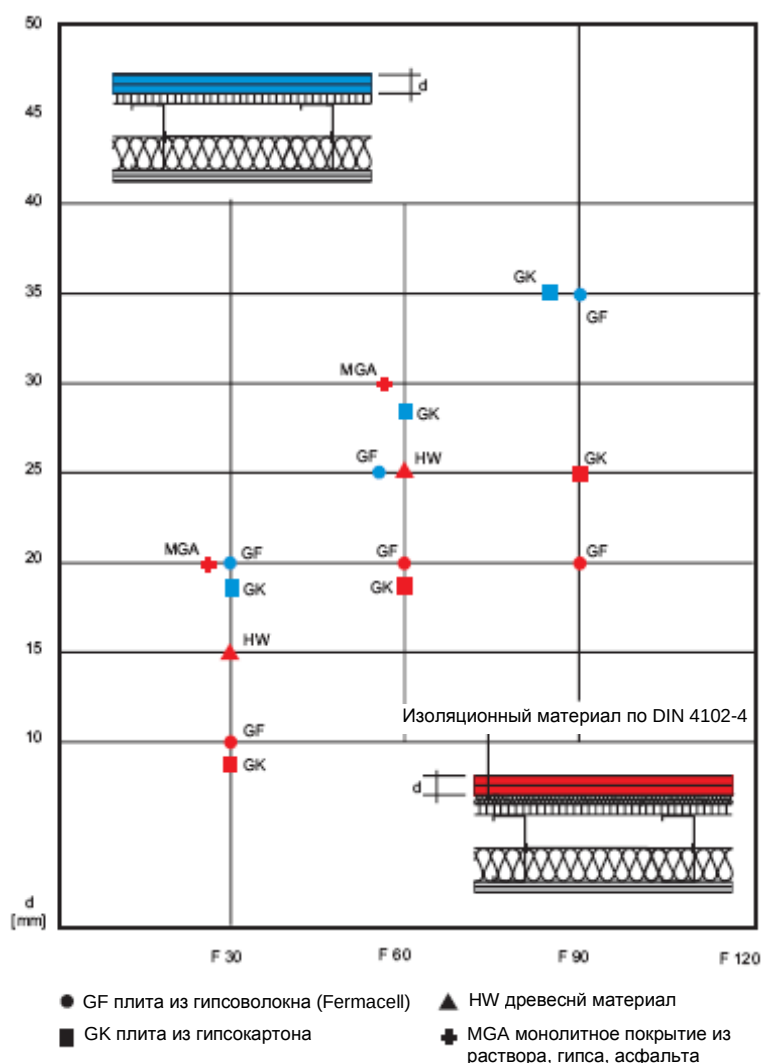
Если в легких стальных конструкциях применяются стойки или балки, которые не связаны с конструкциями стен и потолков, то для достижения требуемого класса огнестойкости необходимо принять меры, которые бы обеспечили несущую способность и пригодность стали в течение требуемого периода огнестойкости. Обшивка стальных строительных элементов сухим способом при помощи огнезащитных плит является весьма экономичным способом. Кроме этого, их можно оштукатурить или покрыть материалами, образующими изоляционный слой. Защитная обшивка для стальных строительных элементов может потребоваться и тогда, когда они уже частично ограждены от воздействия пожара при помощи подвесного потолка или путем пересечения с какой-либо стеной.

Для обеспечения требуемого периода огнестойкости необходимо учитывать следующие критерии:

- Требования к строительному элементу (F 30, ..., F 180)
- Пожарная нагрузка на деталь (1-, 2-, 3- или 4-сторонняя)
- Геометрия строительного элемента по стальным профилям, коэффициент профиля (соотношение U/A)
- Выбор материала обшивки, например, гипсокартон, гипсоволокно, силикат кальция, вермикулит или плиты из минеральной ваты с подтверждением от строительного надзора о соответствии DIN 4102, часть 4 или общим актом испытаний от строительного надзора
- Расчет требуемой толщины обшивки
- Мероприятия по подготовке поверхности, пригодной к покраске
- Защита обшивок в местах, в которых могут возникнуть повреждения (например, защита граней)

Если применяются стальные профили соотношение U/A которых ниже 300 м⁻¹, то требуемую толщину обшивки для них можно определить по виду строительного материала из DIN 4102, часть 4 [16]. Плиты из гипсоволокна с точки зрения техники противопожарной защиты приравниваются к гипсокартонным огнезащитным плитам.

Если применяются профили, имеющие соотношение U/A > 300 м⁻¹, - как все ЛСТК - то необходимо прибегнуть к подтверждению пригодности. Определяющим в этом случае, является испытание на соответствие критерию «140-K».



В качестве ненормированных (без дополнительных испытаний) строительных материалов для противопожарных обшивок применяют следующие виды плит:

- плиты из гипсоволокна, специальные гипсовые плиты (плиты с армированием стекловолокном)
- огнезащитные плиты на цементном связующем
- плиты из силиката кальция
- плиты из вермикулита
- плиты из минеральной ваты

Для создания огнестойкой конструкции большое значение имеет крепление обшивки к строительному элементу. Оно обеспечивает то, чтобы обшивка в случае пожара не упала (Рис. 114). На рынке имеются прошедшие испытания обшивки для опор и балок из строительных материалов, на которые имеются разрешения строительного надзора и которые вследствие своей механической прочности могут быть скреплены друг с другом при помощи механических средств крепления (болты или скобы) и обходятся без вспомогательных конструкций.

Рис. 110: Огнестойкость потолков легкой стальной конструкции с системами монокристаллических покрытий при пожарной нагрузке сверху

Рис. 111

(слева):
Правильное с точки зрения противопожарной защиты исполнение проемов и отверстий в потолках

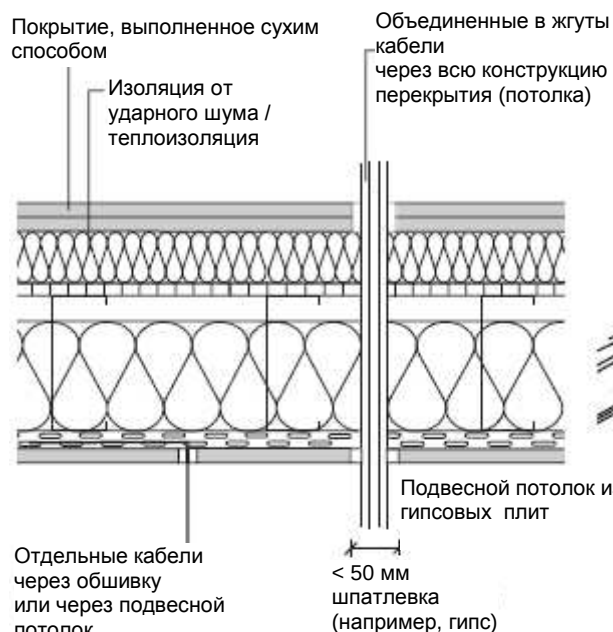


Рис. 112

(в середине слева):
Эффективное в плане техники противопожарной защиты соединение строительных элементов на примере Т-образного стыка стены

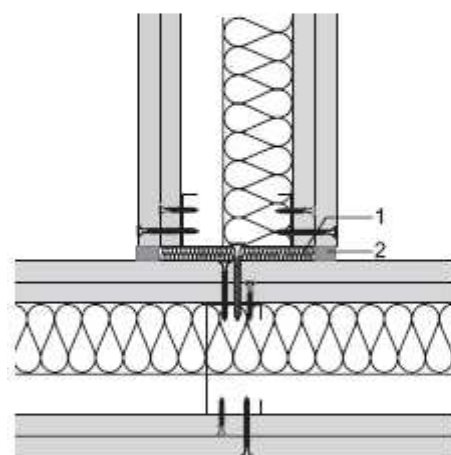


Рис. 113

(справа):
Стыки конструкций и проходы коммуникаций, которые необходимо тщательно проектировать для обеспечения защиты от распространения огня и дыма в полые конструкции из ЛСТК

- 1 Соединительная полоса из минеральной ваты 10 мм
- Точка плавления > 1000 °C
- 2 Плотная шпатлевка

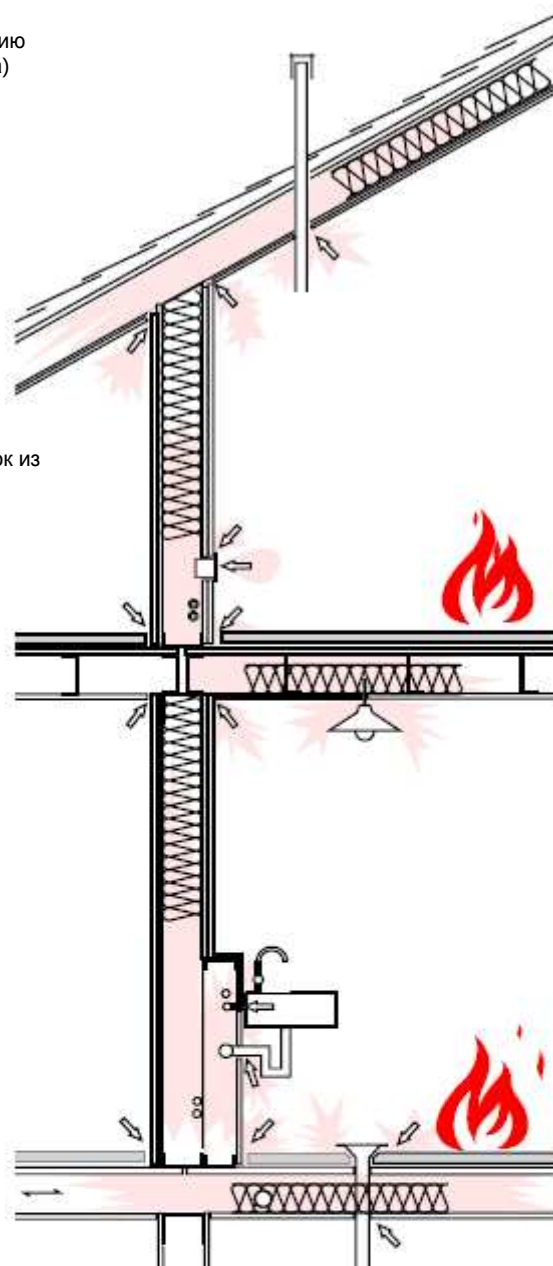
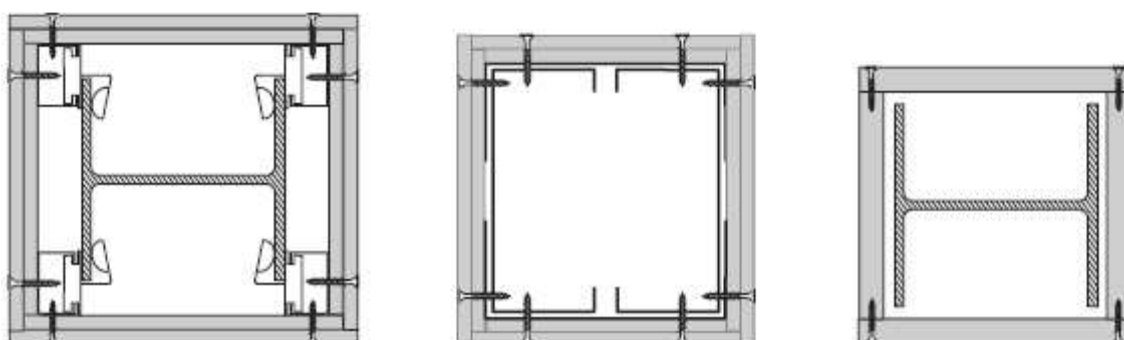


Рис. 114:

Обшивки стальных профилей плитами из гипсового материала для обеспечения противопожарной защиты



Противопожарные свойства полых конструкций

В случае строительства зданий из ЛСТК речь идет о так называемых «полых конструкциях». Огонь будет распространяться в полости, и вредные для здоровья человека газы могут проникнуть в не охваченные огнем части здания.

Чтобы предотвратить распространение пожара в здании и обеспечить дымонепроницаемость стыков строительных элементов, необходимо учесть различные пункты (рис. 113).

Соединения строительных элементов и прокладка проводки

Прежде всего, необходимо учесть плотность швов горизонтальных и вертикальных соединений строительных элементов. Их необходимо уплотнить при помощи несгораемых уплотнительных полос из минеральной ваты (класс строительного материала А1) или вспенивающихся уплотнителей. Необходимо тщательно выполнить завершающую шпатлевку швов (рис. 112).

Такое исполнение обязательно для отверстий, пронизывающих строительные элементы, и для прокладки проводки. Эти места являются слабыми местами противопожарной обшивки и дают огню доступ к полости конструкции (рис. 113). Если проводка пронизывает какой-либо строительный элемент, то наряду с герметичностью поверхности, ограничивающей помещения необходимо обеспечить, чтобы пожар не распространялся через отверстие для проводки. При отверстиях > 50 мм проводка должна быть герметизирована вне стены в соответствии с требованиями техники противопожарной защиты, либо это должна быть несгораемая проводка, которая будет удовлетворять требующимся критериям прохождения через стены.

Защита от коррозии

Холодногнутые стальные профили изготавливаются из горячеоцинкованной стальной ленты. Они имеют слой цинка плотностью 20 мкм, что соответствует весу цинка 275 г/м². Если конструкционные детали и покрытия правильно спроектированы, изготовлены, доставлены и смонтированы, горячее оцинкование является хорошей антикоррозионной защитой на протяжении всего срока службы здания. Серьезные разрушения защитного слоя возникают при транспортировке и хранении. Поэтому необходимо обеспечить транспортную упаковку, максимально исключающую возможность механического повреждения поверхности профилей. Профили должны храниться так, чтобы в них не могла скапливаться ни грязь, ни вода.

При нормальном микроклимате помещения в процессе коррозии разрушается прибл. 0,1 мкм/м² в год, так что обычная толщина слоя обеспечивает антикоррозионную защиту, во многом превышающую срок службы какого-либо дома. Кроме того, цинк, обладая катодным эффектом, способен «заживлять» поврежденные места. При реакции между влагой и открытой поверхностью стали создается гальванический элемент. Будучи менее благородным металлом, цинк, выполняя функцию гальванического анода, переходит в «раствор» и откладывается на поверхности стали, которая выступает в качестве катода. Таким образом, возникает «анодное» цинковое покрытие из цинка, защищающее стальную поверхность от коррозии. По этой причине необходимость в дополнительном оцинковании обрешечных кромок оцинкованных тонкостенных стальных профилей отпадает.

Поверхность свежеоцинкованных изделий отличается заметным блеском, который за несколько недель превращается в матовый серый цвет. Этот «пассивирующий слой» возникает при реакции цинка с водой, кислородом и двуокисью углерода. Образующийся водонерастворимый карбонат цинка (базовый цинк) является хорошей защитой от дальнейших разрушений от коррозии. Поэтому следует исключить препятствия на пути его образования, то есть стальные профили необходимо защищать от влаги. Они должны в достаточной степени «проветриваться» воздухом. Контакт нового стального профиля с влагой при дефиците кислорода и двуокиси углерода приводит к образованию белой ржавчины. Порошковидный белый гидроксид цинка очень объемный. Если его можно легко удалить, не оставляя заметных следов на основном материале, то антикоррозионная защита не нарушена. При обнаружении значительных изменений в грунтовом слое необходимо проверить антикоррозионную защиту. Хранение новых профилей в проветриваемых помещениях помогает предотвратить образование белой ржавчины (рис. 115).

Если ожидается сильная коррозионная нагрузка, например, в зданиях, в значительной степени подверженных влиянию морского климата и в которых были применены открытые профили, в дополнение к оцинковке можно нанести еще одно защитное покрытие. Речь в этом случае идет о так называемой «дуплексной системе». Слой цинка предотвращает проникновение в покрытие ржавчины, которая может возникнуть на строительных элементах, покрытых обычным способом, в местах, на которых появляются небольшие механические повреждения или признаки износа. Защитное покрытие предотвращает медленный износ пассивирующего слоя. За счет синергетического эффекта продолжительность защиты, создаваемой двойной системой, в 1,8-2,5 раза больше, чем суммарная длительность защитного эффекта, создаваемого цинком и нанесенной на него системой дополнительных покрытий. Тонкий стальной лист, применяемый для изготовления холодногнутых профилей, можно покрыть целиком, пока он представляет собой развернутую ленту, то есть дополнительный защитный слой в виде лака или пленки наносится непосредственно после оцинковки. Таким образом, достигается намного более высокое качество, чем путем сворачивания в рулон или нанесения покрытия на месте строительства. Профили, полученные из стальной ленты с предваритель-

но нанесенными покрытиями, используются в облегченных стальных конструктивных элементах в случаях, когда требуется соответствующая поверхность или высокая степень антикоррозионной защиты. Поскольку влажность ускоряет коррозию, открытые профили необходимо монтировать открытой частью вниз или же нужна перфорированная перемычка. Таким образом, удастся избежать скапливания в профиле дождевой воды, вызывающей коррозию. Полости, которые, к примеру, могут возникнуть в зоне соединений, должны быть сконструированы так, чтобы случайно попавшая вода могла стекать напрямую.

При выборе средств соединения необходимо избегать контактной коррозии. Она возникает вследствие ряда электрохимических напряжений, когда различные металлы соприкасаются друг с другом. Поэтому оцинкованные строительные элементы должны соединяться с помощью стальных деталей, подвергнутых, например, гальваническому оцинкованию. Вне помещения, то есть при прямом воздействии атмосферных условий, а также при возможности появления вблизи соединения талой воды необходимо использовать винты из высококачественной стали. В помещении можно применять и фосфатированные винты. Однако для этого следует исключить воздействие влаги на соединение.

Рис. 115:
С целью защиты от коррозии профили укладываются на хранение с легким наклоном



Возможности проектирования в строительстве с использованием легких стальных конструкций

Легкость, высокая несущая способность, вариативность при использовании – таковы преимущества ЛСТК в качестве внутренних ограждающих конструкций. Предприятия оценили достоинства этого типа конструкций при использовании их для внутренних стен офисных, складских и производственных зданий. Планировку гостиниц, детских садов и больниц можно с небольшими затратами адаптировать к изменившимся требованиям с использованием ЛСТК. Большой интерес у архитекторов, жилищно-строительных компаний, подрядчиков и застройщиков вызывает использование ЛСТК и в качестве несущих конструкций при сооружении жилых зданий с несколькими полными этажами.

Сталь как материал в последние годы постоянно совершенствовалась и является сегодня основой для многочисленных инновационных продуктов, которые находят применение в жилищном строительстве. Было разработано новое поколение стальных профилей, которые за счет придания оптимальной формы обеспечивают легкость и прочность несущих конструкций. Сварка и болтовое крепление, как известные способы соединения профилей, дополняются клепкой и соединением на самосверлящих винтах и дюбелях. Защиту от коррозии обеспечивают полимерное покрытие, улучшение по-

верхностных свойств и применение нержавеющих сталей.

Застройщики ищут решения проблем, которые предоставляются компетентно, быстро и "из одного окна". Наряду с затратами на возведение все большее значение приобретают эксплуатационные расходы и стабильность стоимости недвижимости. Эти аспекты в значительной степени зависят от долговечности и качества. Ответственность за качество строительных работ несет, в первую очередь, строительная команда: архитекторы и инженеры при проектировании, хорошо подготовленные монтажники при сборке и окончательном монтаже. Гарантию оптимального качества могут обеспечить индустриальные способы изготовления элементов зданий в заводских условиях.

Поэтому строительный процесс как таковой должен быть во многом сориентирован на предварительную цеховую сборку конструктивных элементов силами квалифицированных рабочих. При этом сборные конструктивные элементы из ЛСТК, заготовленные промышленным методом, будут рентабельными и стабильно качественными. Они долговечны, при демонтаже их можно рассортировать и отправить на переработку для дальнейшего использования.

Представленные в настоящем документе легкие стальные конструкции – это первый шаг к модернизации жилищного строительства. Практикуемые в автомобилестроении методы рационального производства в будущем найдут свое применение и в промышленных монтажных процессах, управляемых при помощи электронных систем (рис. 116).



Рис. 116: Промышленная линия производства объемных строительных элементов из стали (компания "Sekisui House, Ltd.", Япония) в сопоставлении с линией в автомобилестроении ("Daimler-Chrysler")

Литература

- [1] Tichelmann/Pfau:
Entwicklungswandel Wohnungsbau,
Vieweg-Verlag, Wiesbaden 2000
- [2] Becker/Pfau/Tichelmann:
Trockenbau Atlas, 2. Auflage,
Rudolf Müller Verlag, Köln 1998
- [3] Dokumentation 548:
Kostengünstiger Wohnungsbau mit Stahl,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 1999
- [4] BAKT-Schrift SS3, Schallschutz,
Bundesarbeitskreis Trockenbau
- [5] RWE Bau-Handbuch, 10. Ausgabe,
Energie-Verlag, Essen 1990
- [6] Merkblatt 480:
Wohnungsbau mit Stahl - Profilhandbuch,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 2002
- [7] Fritzen/Kleinen und andere:
Holzrahmenbaupraxis,
Bruderverlag, Karlsruhe 1990
- [8] Kordina/Meyer-Ottens,
Brandschutzhandbuch Holzbau,
Deutsche Gesellschaft für Holzforschung,
München 1994
- [9] EN 10142:
Kontinuierlich feuerverzinktes Band
und Blech aus weichen Stählen zum
Kaltumformen, Ausgabe 7/2000
- [10] Broer/Martin-Bullmann:
Kaltprofile, 4. Auflage,
Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1993
- [11] DAST-Richtlinie 016:
Bemessung und konstruktive Gestaltung
von Tragwerken aus dünnwandigen
kaltgeformten Bauteilen, Ausgabe 1988
- [12] ENV 1993 Teil 1-3:
Bemessung und Konstruktion von Stahl-
bauten - Ergänzende Regeln für kalt-
geformte dünnwandige Bauteile und
Bleche, Ausgabe 1996
- [13] AISI:
Specification for the Design of Cold-
Formed Steel Structural Members,
1996 Edition
- [14] Zulassungsbescheid für Verbindungs-
elemente zur Verwendung bei Konstruk-
tionen mit „Kaltprofilen“ aus Stahlblech –
insbesondere mit Stahlprofiltafeln,
IFBS Industrieverband zur Förderung des
Bauens mit Stahlblech e.V.,
Düsseldorf 2000
- [15] DIN 18180:
Gipskartonplatten; Arten, Anforderungen,
Prüfung, Ausgabe 9/1989
- [16] DIN 4102:
Brandverhalten von Baustoffen und
Bauteilen, Ausgabe 5/1981
- [17] DIN 4108:
Wärmeschutz im Hochbau,
Ausgabe 8/1981
- [18] DIN 4109:
Schallschutz im Hochbau,
Anforderungen und Nachweise,
Ausgabe 11/1989
- [19] Merkblatt 110:
Schnittflächenschutz und kathodische
Schutzwirkung von bandverzinktem und
bandbeschichtetem Feinblech,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 1996
- [20] Merkblatt 400:
Korrosionsverhalten von
feuerverzinktem Stahl,
Stahl-Informations-Zentrum,
Düsseldorf 2001
- [21] DIN 55928 Teil 8:
Korrosionsschutz von tragenden
dünnwandigen Bauteilen, Ausgabe 7/1994
- [22] EN 10147:
Kontinuierlich feuerverzinktes Band und
Blech aus Baustählen, Ausgabe 7/2000
- [23] Hass, Meyer-Ottens, Richter:
Stahlbau Brandschutz Handbuch,
Ernst und Sohn, Berlin 1993

Примеры



Двухквартирный дом в Рамштайне (компания Profilhaus Consult, г. Деттинген)



Дом на две семьи в Вальдек-Хёрингхаузен (компания Richter System, г. Грисхайм)





Надстройка исторического фахверкового дома в Динслакене (компания Rasta-Haus, г. Везель)



Односемейный дом в Бёбингене/Ремс (компания SwitchHaus, г. Бопфинген)



