

# МАЛОЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ



Инженерный центр  
Ассоциации развития стального строительства



Ассоциация развития  
стального строительства

Инженерный центр  
Ассоциации развития стального строительства

## МАЛОЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

На страницах данного издания освещены способы сокращения расходов на строительство и методы оптимизации объемно-планировочных решений при возведении малоэтажных жилых зданий.

Данная публикация предназначена для инвесторов и застройщиков. В брошюре описаны современные технические решения и реализованные проекты зданий в России.

Москва 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Преимущества применения стальных конструкций в жилых зданиях .....	4
Конструкции перекрытий .....	7
• Сталежелезобетонные балки и сталежелезобетонные плиты с использованием профилированного настила в качестве арматуры .....	8
• Перекрытие из балок, расположенных в одном уровне с плитой .....	10
• Сталежелезобетонные плиты по перфорированным балкам, работающими совместно с плитой .....	12
• Перекрытия из стальных балок, объединенных со сборными железобетонными плитами .....	14
• Перекрытия с пустотными плитами без объединения с балками .....	16
Колонны .....	18
Устойчивость каркаса .....	18
Огнезащита стальных конструкций .....	19
• Нормативные требования .....	19
• Типовые решения огнезащиты конструкций .....	19
Отделка основного несущего каркаса .....	20
• Отделка каркаса с монолитным перекрытием .....	21
• Отделка каркаса со сборным перекрытием .....	22
Фасадные системы .....	22
• Фасадные стены с облицовкой из кирпича .....	23
• Светопрозрачные фасады .....	23
• Навесные фасады .....	24
• Фасады с облицовочной плиткой или штукатуркой по утеплителю .....	24
Российская практика строительства малоэтажных зданий со стальным каркасом .....	26
• Гостиница из модулей КНАУФ (Ступино, Московская обл.) .....	26
• 4-этажный жилой дом (Калужская обл.) .....	28
• Жилые дома «ПрофСтальПрокат» (Московская обл.) .....	30

## ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ

Малоэтажное строительство является значительным рынком для производителей стальных конструкций и полнокомплектных модульных зданий со стальным каркасом. Технология стального строительства имеет большой потенциал в данном сегменте благодаря высокой скорости строительства, качеству заводского изготовления конструкций и показателям энергоэффективности.

Стальное строительство – это строительство с использованием конструкций преимущественно заводского исполнения, что предполагает высокое качество элементов конструкций, сокращение отходов на стройке и сжатые сроки строительства. Надежность стальных конструкций подтверждается многочисленными испытаниями, которые проводились в России и европейских странах на соответствие стандартам по акустике и виброизоляции.

### **Скорость строительства**

Использование элементов конструкций заводского изготовления позволяет значительно сократить сроки строительства в сравнении с монолитным железобетонным строительством. Следствия высокой скорости строительства:

- быстрая подготовка площадки строительства;
- раннее начало отделки помещений;
- ранний возврат Заказчику инвестиций в строительство.

### **Гибкость планировочных решений**

Возможность перекрывать большие пролеты и освобождать внутреннее пространство здания от колонн обеспечивает свободу планировки помещений. Использование систем перекрытий по нижнему поясу стальных балок позволяет создать плоскую нижнюю поверхность перекрытий и, соответственно, расположить внутренние перегородки без привязки к балкам.

### **Качество**

Изготовление и контроль качества конструкций в заводских условиях снижает зависимость строителей от специфики строительной площадки и погодных условий. Стали, в отличие от бетона, не свойственны ползучесть и трещинообразование.

### **Снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду**

Применение стальных конструкций позволяет снизить шум и вредное воздействие строительных процессов за счет таких факторов как:

- заводское изготовление конструкций, включая изготовление отдельных модулей здания;
- снижение объемов транспортировки сыпучих материалов и снижение отходов стройки;
- снижение шума и вибраций;
- сокращение периода строительства.

### **Сталежелезобетонные перекрытия**

Подобные перекрытия устраиваются, как правило, с использованием стального профилированного настила, который укладывается монтажниками в проектное положение. Балочная клетка перекрытия, покрытая профилированным настилом, может служить в качестве рабочей площадки для непрерывного монтажа вышележащих конструкций.



Рисунок 1. Уложенный профилированный настил создает удобную площадку для выполнения монтажных работ.

### **Сборные железобетонные плиты**

Раскладка сборных железобетонных плит перекрытий может быть сильно затруднена, если она будет производиться после монтажа стального каркаса всего здания. Это приводит к необходимости производить укладку плит сразу после монтажа каркаса очередного этажа, а в этом случае работы по раскладке плит оказываются в сфере ответственности исполнителя монтажа стального каркаса.

### **Инженерные системы здания**

Несмотря на современную тенденцию повышения энергоэффективности зданий и максимального использования естественной вентиляции, в большинстве зданий по-прежнему требуется оборудование механическими системами вентиляции и кондиционирования. Подобные системы значительно влияют на планировочные решения и заставляют искать пути рациональной интеграции этих систем в здании.

Размещение инженерных систем в объеме конструкций перекрытий, либо под перекрытием определяют выбор конструктивных решений, способ пожаротушения, узлы внутренней отделки и высоту здания.

Как правило, для размещения трубопровода под перекрытием достаточно пространства высотой 450 мм. Дополнительные 150–200 мм позволяют разместить также элементы системы пожаротушения, электрику и учесть нормативный прогиб конструкции перекрытия.

Для компактного размещения инженерных систем в объеме конструкций перекрытия используются так называемые перфорированные балки, которые изготавливаются в заводских условиях путем сварки двух тавровых профилей, полученных путем выполнения зигзагообразного разреза стенки горячекатаного двутавра вдоль его продольной оси. Сквозь отверстия в стенке перфорированной балки проводятся трубы инженерных систем, а само сечение балки обладает большей жесткостью и несущей способностью, чем исходная для тавровых заготовок двутавровая балка.



Рисунок 2. Размещение трубопровода инженерных систем в объеме перекрытия.

### **Динамические характеристики перекрытий**

Наиболее распространенным методом контроля динамических характеристик перекрытий является оценка вибрации, выраженной через ускорения отдельных точек конструкции. Уровень вибрации зависит от величины веса колеблющейся конструкции (массы перекрытия). Большепролетные конструкции обладают большей массой и, соответственно, менее подвержены вибрации по сравнению с легкими конструкциями небольших пролетов.

### **Пожарная безопасность**

При проектировании здания необходимо учесть целый комплекс мероприятий по пожарной защите: пути эвакуации из здания, доступ пожарных бригад в здание, ограничение распространения огня, дымоудаление.



Рисунок 3. Конструкции перекрытия, покрытые огнезащитным составом.

### **Теплоизоляция**

Характеристики теплоизоляции ограждающих конструкций здания традиционно входят в зону ответственности архитектора, однако инженер-конструктор участвует в разработке соответствующих узлов соединений. Например, при разработке несущей конструкции балконов, необходимо искать конструктивные способы снижения эффекта «мостика холода».

## Нагрузки

Нагрузки, которые необходимо учесть при разработке конструктивных разделов проекта, приведены в Своде правил СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия». Конструкции рассчитываются по предельным состояниям 1-й (несущая способность и устойчивость) и 2-й (прогибы и перемещения, трещиностойкость) групп.

Большепролетные стальные балки для сталежелезобетонных перекрытий часто выполняют со строительным подъемом, выгибая их на заводе для снижения прогибов от собственного веса конструкций на строительной площадке.

## КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ

Конструкция перекрытия состоит из балок и плит перекрытия. Балки соединяются с колоннами, которые располагаются в соответствии с максимально эффективным использованием внутреннего пространства помещений. В настоящее время распространенным является требование свободной планировки в зданиях, что достигается устройством большепролетных перекрытий. Существует опыт проектирования подобных конструкций пролетом до 18 м, что в большинстве случаев означает возможность исключить наличие внутренних колонн.

В дополнение к своей основной функции – нести полезные нагрузки – перекрытия часто работают в качестве горизонтального диска жесткости, передавая горизонтальные нагрузки на систему связей или ядро жесткости. Кроме того, все составляющие перекрытия (плита, балки) должны обладать требуемой огнестойкостью.

Инженерные коммуникации могут располагаться в объеме конструкций перекрытий, либо под ними. В качестве отделки может использоваться цементно-песчаная стяжка с напольным покрытием, либо фальшполы, в которых проведены кабели различных инженерных систем.

Наиболее распространенными системами перекрытий являются:

- сталежелезобетонные балки и сталежелезобетонные плиты;
- стальные балки в одном уровне с плитой;
- перфорированные балки;
- сталежелезобетонные балки с использованием сборных железобетонных плит;
- стальные балки со сборными сталежелезобетонными плитами.

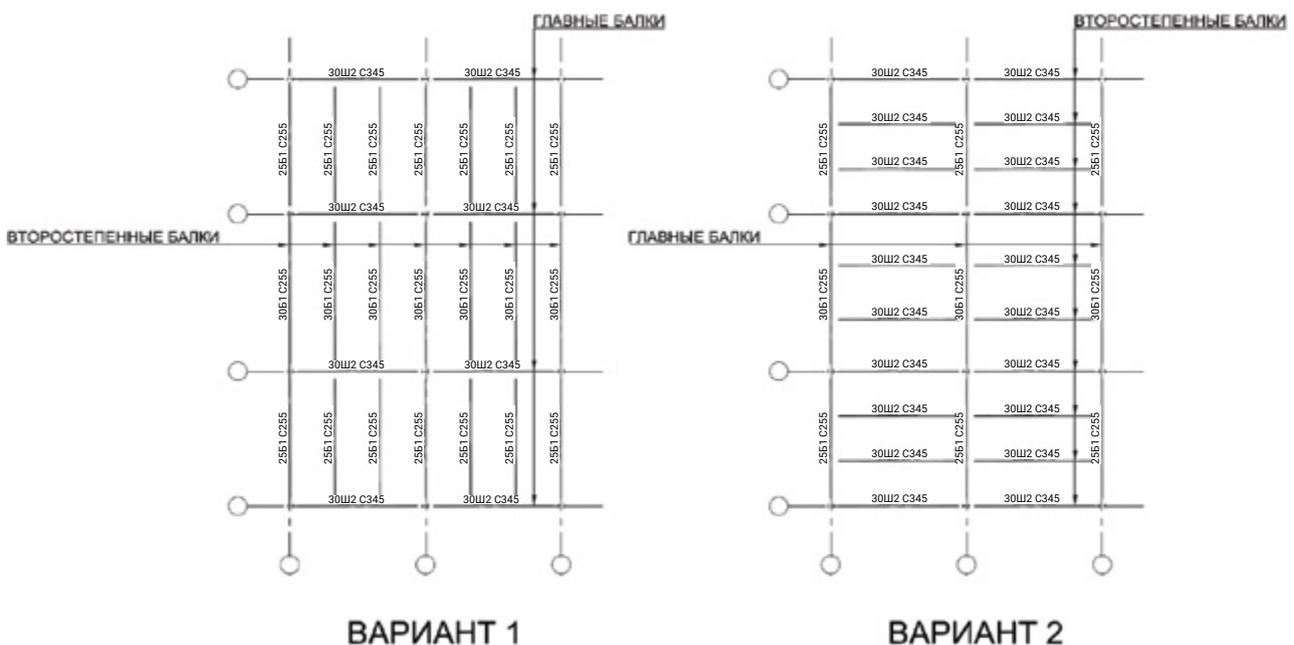


Рисунок 4. Варианты расположения главных и второстепенных балок.

## Сталежелезобетонные балки и сталежелезобетонные плиты с использованием профилированного настила в качестве арматуры

Основной особенностью сталежелезобетонных конструкций является объединение стального элемента перекрытия с железобетонным с помощью анкерных устройств. Анкерные устройства представляют собой гибкие стальные стержни с круглыми головками – стад-болты, которые привариваются к стальным балкам на строительной площадке. В качестве профилированного настила используются гофрированные оцинкованные стальные листы.

Как правило, для бетонирования монолитной плиты используется тяжелый бетон (плотность  $2400 \text{ кг/м}^3$ ), реже – легкий бетон (плотность  $1700\text{--}1950 \text{ кг/м}^3$ ).

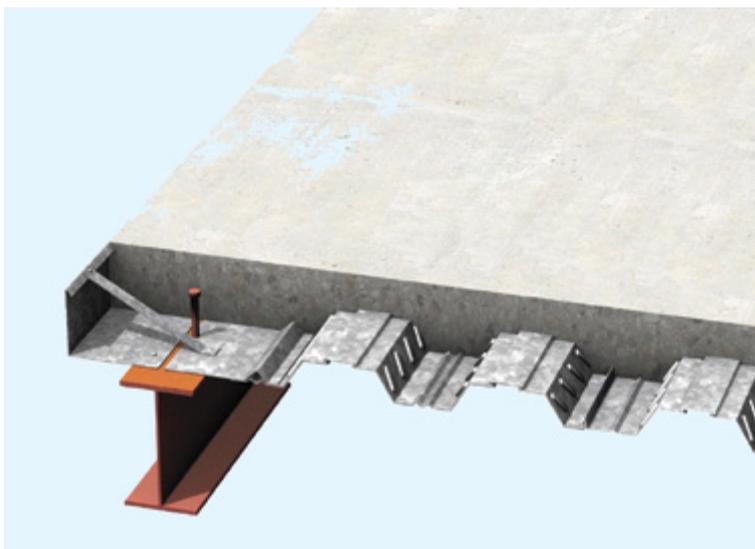


Рисунок 5. Сталежелезобетонное перекрытие с профилированным настилом, работающим совместно с плитой.

Для устройства каркаса сталежелезобетонного перекрытия используются стальные балки широкополочного или нормального профиля с анкерными стержнями, приваренными к балкам на строительной площадке. Анкерные стержни объединяют стальную балку с бетонной плитой после затвердевания бетонной смеси, что позволяет получить сталежелезобетонную конструкцию, обладающую большей жесткостью и несущей способностью, чем у использованной стальной балки, не объединенной с плитой.

Сталежелезобетонные плиты (профилированный настил, объединенный с бетоном) перекрывают пролеты между второстепенными балками, которые в свою очередь могут опираться на главные балки. Крайние балки перекрытия могут проектироваться как стальные без совместной работы с бетоном, однако объединение их с плитной частью также рекомендуется для передачи горизонтальных усилий на диски жесткости.

Плитная часть перекрытия состоит из тонкого стального настила и бетона, которые работают совместно. Плита усиливается стержневой арматурой для повышения огнестойкости, передачи горизонтальных нагрузок и обеспечения трещиностойкости.

Стальной настил обычно проектируется без дополнительных временных опор, и воспринимает вес бетонной смеси и монтажные нагрузки. Схема работы настила, как правило, принимается неразрезной с перекрытием двух смежных пролетов. Сталежелезобетонная плита в общем случае проектируется с шарнирным соединением к балкам.

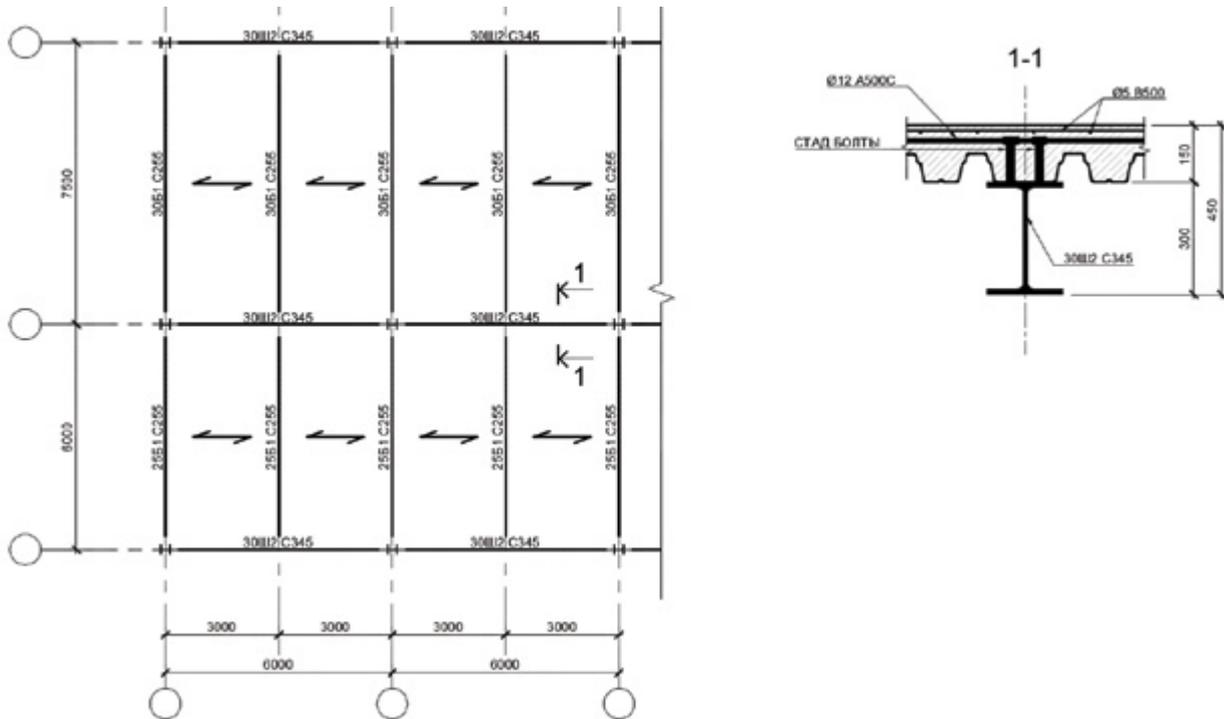


Рисунок 6. Пример расположения балок перекрытия.

#### Пролеты балок

- Второстепенные балки: 6–15 м при шаге 2,5–4 м
- Главные балки: 6–12 м

#### Основные положения при проектировании

Шаг второстепенных балок выбирается таким, чтобы исключить необходимость временных опор для профилированного листа на стадии бетонирования плиты. Второстепенные балки проектируют обычно большим пролетом, чем главные.

При назначении второстепенным балкам незначительного по высоте сечения проектировщику приходится размещать инженерные коммуникации под балками, что существенно увеличивает высоту профиля перекрытия. В стенках балок с высоким сечением есть возможность вырезать отверстия для проводки коммуникации.

Иногда требуется увеличить сечения крайних балок по сравнению с внутренними, так как нагрузка на крайние балки от веса наружного ограждения, в частности, от остекления, может превышать полезную нагрузку на внутренние балки.

#### Преимущества

- Меньший расход стали на балки по сравнению с вариантом без совместной работы плиты и балок, следовательно – легкость и экономичность конструкции.
- Балки производятся из широко распространенного двутаврового профиля.
- Габаритное технологическое оборудование для отопления и вентиляции может размещаться в пространстве между второстепенными балками. При этом трубопровод может располагаться как под балками, так и проходить через отверстия в стенках балок.

#### Дополнительные рекомендации по проектированию

Второстепенные балки пролетом 6–15 м располагают с шагом 3 м. Пролет главных балок назначается в 2–3 раза большим, чем шаг второстепенных, т. е. 6–9 м.

При определении сечения профилированного листа и плиты перекрытия рекомендуется исключать необходи-

мость временных опор для профлиста на стадии бетонирования. Железобетонная плита проверяется на соответствие требованиям огнестойкости.

Расположение (шаг) анкерных упоров вдоль второстепенных балок назначается в зависимости от шага гофров профлиста и результатов расчета прочности соединения плиты с балкой.

#### **Типовые размеры сечений балок**

В первом приближении балкам назначаются сечения высотой: «Пролет/24» для второстепенных балок, «Пролет/18» для главных.

#### **Класс прочности стали**

Сталь для балок могут назначать в широком диапазоне: С245–С440.

#### **Общая высота профиля перекрытия**

Данный показатель может достигать ~1200 мм при большой сетке колонн (например, 9 x 9 м) с фальшполом и трубопроводом, расположенным под балками перекрытия.

#### **Бетон**

Тяжелый бетон с плотностью 2400 кг/м<sup>3</sup>, легкий бетон с плотностью 1850 кг/м<sup>3</sup>. Тяжелый бетон обладает лучшей звукоизолирующей способностью, поэтому распространен в проектах жилых зданий, больниц и пр. Преимущество легкого бетона в низком весе, что позволяет сократить металлоемкость и расход материалов фундамента.

#### **Класс бетона**

Как правило, назначается класс прочности не ниже В20.

#### **Огнезащита**

Для обеспечения предела огнестойкости до 90 мин балки покрывают вспучивающимся покрытием толщиной до 1,5 мм, а также плитными материалами на основе гипса толщиной 15–25 мм.

Для защиты колонн распространенным решением является применение гипсоволокнистых плит толщиной до 15 мм (до 60 мин), до 25 мм (до 90 мин).

### **Перекрытие из балок, расположенных в одном уровне с плитой**

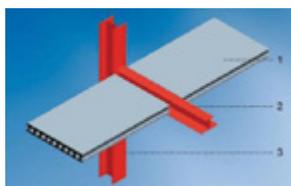


Рисунок 7. Пустотные плиты опираются на нижний пояс стальной балки. 1 – сборная железобетонная плита, 2 – стальная балка, 3 – стальная колонна.

Данный вид перекрытия представляет собой каркас из стальных балок с несимметричным сечением (нижний пояс балки шире верхнего), на нижний пояс которых опираются сборные железобетонные пустотные плиты. Несимметричное сечение балки получается в результате разреза прокатного двутавра на два тавровых элемента с последующей приваркой к стенке полученного тавра стального листа, большей ширины, чем пояс тавра. Это же сечение можно получить путем составления из трех сваренных листов (сварной двутавровый профиль), либо приварить широкий лист к двутавровому прокатному профилю. В последнем случае ширину листа назначают такой, чтобы создать достаточную площадь опирания плиты. После монтажа плит зазоры между плитами и балками замоноличиваются бетоном для объединения отдельных плит в единую систему (диск перекрытия).

В зависимости от вида работы стального каркаса и плит различают два основных типа перекрытия: без совместной работы балок с плитами, либо с совместной работой. Во втором случае необходимо обеспечить достаточное пространство для размещения анкерных упоров на верхнем поясе балок.

Шаг балок обычно находится в диапазоне 5–7,5 м при использовании плит толщиной 200–350 мм. Пролет балок, как правило, не превышает пролета пустотных плит.

Крайние балки двутаврового сечения не рекомендуется располагать в одном уровне с плитой из-за возникающих в балке высоких значений крутящих усилий. В противном случае рекомендуется вместо двутаврового сечения использовать замкнутое – профильную трубу с приваренным снизу листом.



Рисунок 8. Сечения стальных балок.

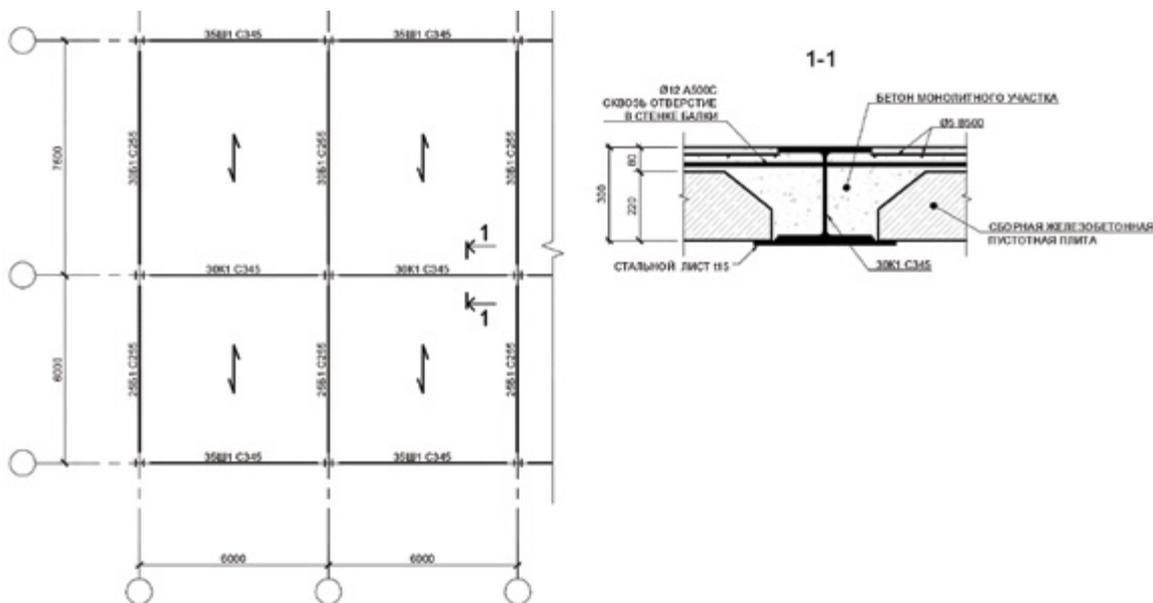


Рисунок 9. Пример расположения балок перекрытия.

### Пролеты балок

Шаг балок обычно находится в диапазоне 5–7,5 м при использовании плит толщиной 200–350 мм. Пролет балок, как правило, не превышает пролета пустотных плит.

### Основные положения при проектировании

При конструктивном анализе балок, на нижний пояс которых приложена нагрузка (край плиты перекрытия), необходимо учитывать крутящие моменты, возникающие в сечении балки. Этот эффект нужно учитывать не только для крайних балок, но и для внутренних, так как во время монтажа перекрытия плиты укладываются неравномерно с двух сторон балки, и возникает ситуация, когда балка загружена плитой только с одной стороны, что провоцирует ее кручение вокруг продольной оси балки.

Общая высота профиля перекрытия в большой степени зависит от толщины бетонного слоя над верхним поясом балки (определяется в том числе в зависимости от требуемой огнестойкости конструкции). Арматурная сетка укладывается поверх верхнего пояса балки в случае, если верхняя грань пустотной плиты находится на

одном уровне с верхним поясом балки, либо проводится через просверленные в стенке стальной балки отверстия. Это необходимо для объединения плит перекрытия в единую систему.

### **Преимущества**

- Значительная часть поверхности балок закрыта плитами перекрытий и бетоном монолитных участков перекрытия, что позволяет снизить затраты на огнезащиту балок (незащищенным при этом остается только нижний пояс балок).
- Относительно низкая общая высота профиля перекрытия приводит к сокращению высоты здания и отделочных материалов.
- Плоская поверхность перекрытия обеспечивает свободу расстановки внутренних стен и перегородок.
- Максимальное использование элементов заводской готовности (металлоконструкции и железобетонные сборные плиты) снижает объем «мокрых» строительных процессов.
- Отсутствие ограничений в связи с плоской поверхностью перекрытия.

### **Дополнительные рекомендации по проектированию**

Назначается типовая ячейка балочной клетки со сторонами 6–9 м. При прямоугольной сетке колонн рекомендуется пролет балок назначать вдоль короткой стороны ячейки.

Определяется номенклатура типовых сборных пустотных плит под заданные нагрузки. Необходимо рассмотреть возможность среза верхних углов пустотных плит для увеличения пространства для замоноличивания стальной балки.

Необходимо проанализировать возможность объединения стальной балки с плитами в совместную работу. Основным условием при этом является возможность размещения анкерных упоров на верхнем поясе балок.

При расчете крайних балок, на нижний пояс которых опираются плиты, необходимо учесть крутящие усилия в балках, либо рассмотреть возможность расположить крайние балки ниже плиты.

### **Класс прочности стали**

Сталь для балок могут назначать в широком диапазоне: С245–С440.

### **Общая высота профиля перекрытия**

~600 мм при стандартных размерах трубопровода, размещенного под балками для варианта с фальшполом.

### **Огнезащита**

Расположение балки в одном уровне с плитой и замоноличивание бетоном стыков существенно повышают огнестойкость стальной конструкции. Для защиты открытого нижнего пояса балки используют стандартные способы огнезащиты – вспучивающиеся покрытия и материалы на основе гипсокартона.

### **Сталежелезобетонные плиты по перфорированным балкам, работающими совместно с плитой**



Рисунок 10. Сталежелезобетонные балки с перфорированной стенкой.

Перфорированные балки представляют собой стальные двутавровые балки с регулярными отверстиями в стенке. Балки могут быть сварными из трех листов, либо производиться из двух тавров, образованных продольной зигзагообразной расшивкой прокатного двутавра. Отверстия, как правило, выполняют круглой формы, реже эллиптической, прямоугольной или шестиугольной формы. На участках балки, где могут возникнуть большие поперечные усилия, воспринимаемые стенкой, отверстия усиливают приваркой ребер жесткости. Так же, как и в других системах перекрытий, перфорированные балки могут выполнять роль как главных, так и второстепенных.

#### **Пролеты балок**

- 10–18 м для второстепенных балок
- До 12 м для главных балок

#### **Основные положения при проектировании**

Шаг второстепенных балок назначается в пределах 2,5–4 м, чтобы исключить необходимость временных опор для профилированного листа на стадии бетонирования плиты.

Высокие касательные напряжения от поперечных усилий в главных балках зачастую заставляют ограничивать пролет этих балок. При значительных пролетах главных балок размеры отверстий сокращают и/или усиливают участок стенки вокруг отверстия.

Вытянутые в направлении длины балки отверстия (эллиптической или прямоугольной формы) необходимо располагать в зоне наименьших касательных напряжений в стенке – в пределах средней трети длины балки при равномерно-распределенных нагрузках.

#### **Преимущества**

- Возможность перекрывать большие пролеты.
- Низкая, относительно других систем перекрытий, металлоемкость.
- Возможность разместить инженерные коммуникации в межбалочном пространстве, что позволяет снизить общую высоту здания.
- Возможность выполнения строительного подъема балок без пластических деформаций – упругий выгиб тавровых профилей выполняется перед их соединением продольными швами.

#### **Размещение инженерного оборудования**

Регулярные отверстия в стенках балок позволяют провести сквозь них трубы различного по форме и размеру сечения. Габариты отверстий определяются с учетом технологических требований, в том числе наличия внешней теплоизоляции труб.

#### **Дополнительные рекомендации по проектированию**

Перфорированные второстепенные балки рационально располагать в направлении наибольшего пролета ячейки перекрытия с шагом 3–4 м. Пролет главным балок при этом выбирается величиной, в 2–3 раза превосходящий шаг второстепенных балок.

При определении сечений профилированного листа и плиты перекрытия необходимо учитывать требования огнестойкости.

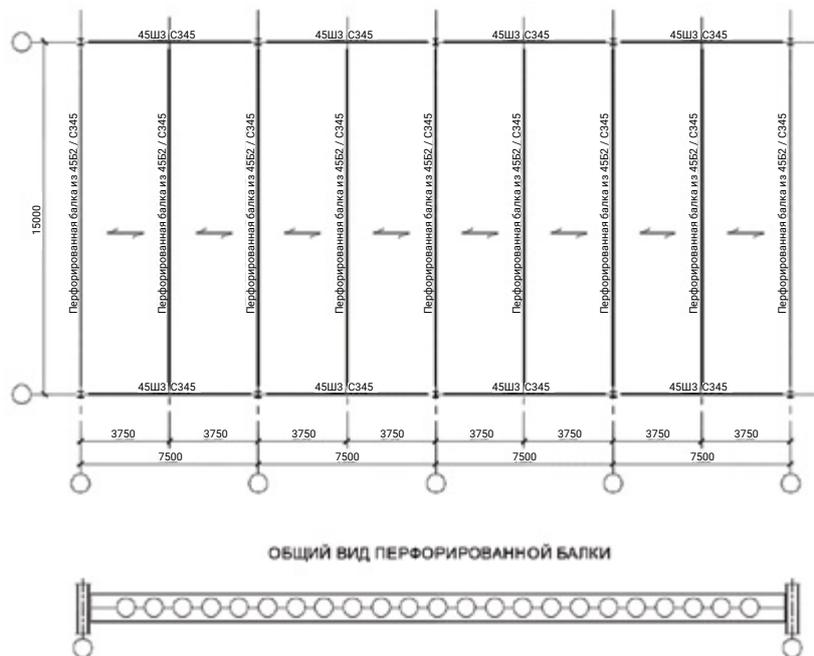


Рисунок 11. Перфорированные балки.

Диаметр отверстий в стенках балок, как правило, находится в диапазоне 60–80% от высоты стенки.

Вытянутые отверстия могут потребовать дополнительного усиления участка стенки балки вокруг отверстия. Размеры и положение отверстий должны согласовываться с проектировщиком инженерного оборудования.

#### Типовые размеры сечений балок

В первом приближении балкам назначают сечения высотой  $\sim$  «Пролет/22».

#### Класс прочности стали

Рекомендуется назначать класс прочности не ниже С345 из-за концентрации напряжений в перфорированной стенке балок.

#### Общая высота профиля перекрытия

1000–1200 мм в стандартных условиях (пролет балки  $\sim$ 15 м, наличие инженерных коммуникация, фальшпол).

#### Огнезащита

На практике используются вспучивающиеся покрытия толщиной 1,5–2 мм.

### Перекрытия из стальных балок, объединенных со сборными железобетонными плитами



Рисунок 12. Усеченные края сборных плит и анкерные упоры, приваренные к стальной балке.

Совместная работа балок и плит обеспечивается монолитными участками перекрытия, объединяющими балки с плитами анкерными упорами, приваренными к верхнему поясу балок. Пустотные плиты укладываются на верхний пояс стальных балок, а оставшиеся зазоры заливаются бетоном. При проектировании необходимо предусмотреть достаточную площадь опирания плит на балки, а также достаточный объем для замоноличивания анкерных упоров. Указанный объем часто обеспечивают подрезкой торцов пустотных плит. Дополнительно в плитах делают вырезы, совпадающие с расположением анкерных упоров. В эти вырезы укладывается стержневая арматура с последующим замоноличиванием на монтаже.

### Пролеты балок

Балки проектируются пролетом 10–18 м, сборные пустотные плиты пролетом до 9 м.

### Основные положения при проектировании

При проектировании используются стандартные пустотные плиты пролетом 6–9 м. Допускается применение плит без пустот пролетом 3–4 м. Ширина верхнего пояса балки назначается, как правило, не менее 200 мм из соображений достаточности площади опирания плиты. Сечения крайних балок перекрытия обычно подбирают без учета совместной работы с плитой, однако и их соединяют с плитами с помощью анкерных устройств, чтобы обеспечить неразрывность диска перекрытия.

Балки необходимо рассчитывать с учетом крутящих усилий, предполагая этап монтажа, на котором балка загружена плитами с одной стороны. Зачастую этот фактор является определяющим при подборе сечения балки. Также необходимо учитывать, что верхний пояс балок до набора прочности бетона монолитного участка не раскреплен от потери устойчивости в горизонтальной плоскости. Одним из способов решения этой проблемы может быть установка временных раскрепляющих связей верхнего пояса.



Рисунок 13. Варианты исполнения сталежелезобетонных балок со сборными плитами.

### Преимущества

- Сокращение количества балок в перекрытии диктуется использованием плит сравнительно большой длины (6–9 м).

- Отсутствие несъемной опалубки в виде профилированного листа позволяет приваривать анкерные упоры в заводских условиях.

#### **Размещение инженерного оборудования**

Крупное инженерное оборудование (фанкойлы – прим.) размещается в межбалочном пространстве под плитами.

#### **Дополнительные рекомендации по проектированию**

Рекомендуется использовать модульную сетку колонн со сторонами ячейки 6, 7,5 или 9 м с балками пролетом до 18 м. Выбор сборных плит необходимо выполнять с учетом требований огнестойкости конструкций.

Рекомендуется подбирать сечения крайних балок без учета совместной работы с плитами.

#### **Класс прочности стали**

Сталь для балок может быть назначена в широком диапазоне: С245–С440.

#### **Общая высота профиля перекрытия**

При использовании большепролетных плит (до 9 м) общая высота перекрытия может достигать 900 мм (без учета инженерных коммуникаций).

#### **Огнезащита**

Поверхность балок может покрываться напыляемыми, вспучивающимися составами или плитами на основе гипсокартона.

#### **Перекрытия с пустотными плитами без объединения с балками**



Рисунок 14. Укладка большепролетных пустотных плит.

Сборные железобетонные пустотные плиты опираются на верхний пояс стальных балок, либо на элементы уголкового профиля, соединенными со стенками балок. Данное соединение может выполняться на болтах, либо на сварке. Ширина полки (пера) уголков должна обеспечивать достаточную ширину опирания плит. Поверх плит укладывается цементно-песчаная стяжка, в отдельных случаях конструкцию фальшпола устанавливают непосредственно на поверхность сборных плит. Помимо пустотных плит применяются также полнотельные (без пустот) плиты толщиной 75–100 мм.

### Размеры ячеек балочной клетки

В практике принято назначать пролеты балочной клетки 6–7,5 м.

### Основные положения при проектировании

При проектировании необходимо учитывать последовательность монтажа, в частности, одностороннее нагружение балок плитами. Зачастую проектировщик предусматривает временные монтажные связи для обеспечения устойчивости стальных балок на монтаже.

Рекомендуется избегать расчетных ситуаций, в которых балка загружена с одной стороны на стадии эксплуатации. В противном случае необходимо при расчетах учитывать действие крутящего момента в сечениях балок.

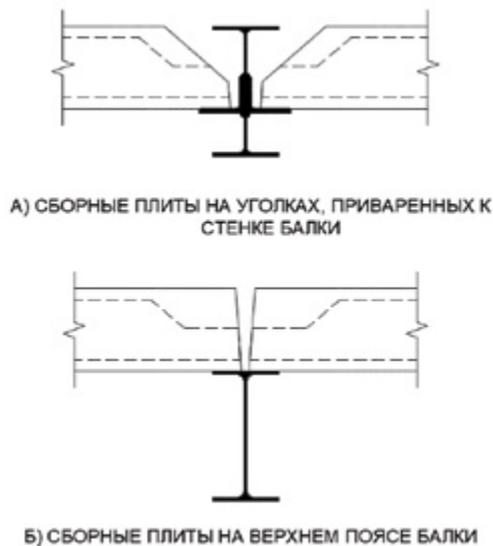


Рисунок 15. Варианты устройства перекрытий из сборных плит без совместной работы со стальными балками.

### Преимущества

- Отсутствие «мокрых» строительных процессов.
- Крупное инженерное оборудование (фанкойлы – прим.) размещается в межбалочном пространстве под плитами.

### Дополнительные рекомендации по проектированию

Выбор сборных плит необходимо выполнять с учетом требований огнестойкости конструкций.

Необходимо дополнительно учесть расчетные ситуации, которые могут возникнуть на монтаже (крутящие моменты при одностороннем нагружении балок).

Необходимо рассмотреть возможность устройства временных монтажных связей для раскрепления балок.

### Класс прочности стали

Сталь для балок может быть назначена в широком диапазоне: С245–С440.

### Общая высота профиля перекрытия

До 800 мм при сетке колонн до 7,5 м (с учетом подвесного потолка).

### Огнезащита

Поверхность балок может покрываться напыляемыми, вспучивающимися составами или плитами на основе гипсокартона.

## КОЛОННЫ

Стальные колонны жилых зданий выполняют, как правило, из элементов с двутавровым сечением. Подобное сечение эффективно работает в условиях нагружений, вызывающих в колонне сжатие с изгибом, а стыковые соединения двутавров отличаются относительной простотой.

Существуют примеры колонн, выполненных из стальных труб круглого и квадратного (прямоугольного) сечения. Данное решение обычно диктуется архитектурным замыслом внешнего вида конструкций.

Размеры сечения колонны зависят от принятой схемы перекрытий (покрытий), а также от величин пролетов перекрытий и количества этажей. В таблице ниже представлены ориентировочные размеры сечений двутавровых колонн в зависимости от количества этажей в случае стандартной сетки колонн (6 x 6 м).

Для удобства монтажа колонны обычно производят отправочными марками высотой в 2–3 этажа (6–12 м). Это увеличивает скорость монтажа и снижает количество узлов в конструкции.

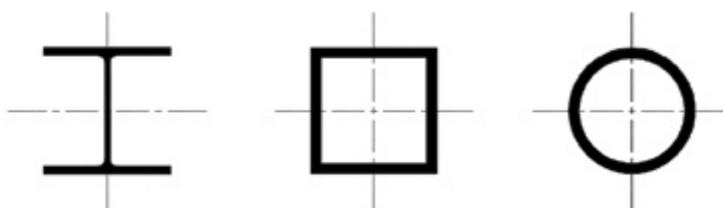


Рисунок 16. Основные типы сечений колонн.

## УСТОЙЧИВОСТЬ КАРКАСА

Пространственную устойчивость каркаса здания обеспечивают с помощью системы связей, передающей горизонтальные нагрузки на конструкцию фундамента. В зависимости от назначенного решения обеспечения устойчивости различают следующие конструктивные системы:

- рамные,
- связевые,
- рамно-связевые,
- системы с ядрами жесткости.

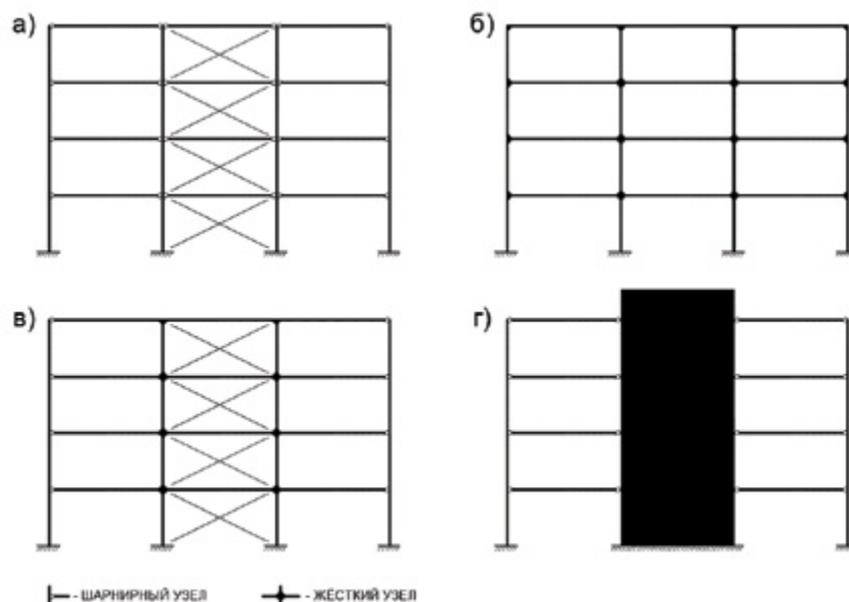


Рисунок 17. Схематичное изображение различных связевых систем: а – связевая, б – рамная, в – рамно-связевая, г – с ядром жесткости.

## ОГНЕЗАЩИТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### Нормативные требования

Сталь является негорючим материалом и может применяться в зданиях любого класса конструктивной пожарной опасности, в том числе в зданиях класса конструктивной пожарной опасности С0.

Поскольку собственный (фактический) предел огнестойкости стальных строительных конструкций, как правило, не превышает 15 минут, то для приведения в соответствие с требуемым пределом огнестойкости предусматривают их огнезащиту.

При проектировании рекомендуется определять пределы огнестойкости стальных конструкций по СТО АРСС 11251254.001-018-03 Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок (ВНПБ 73-18), в котором приведены решения с традиционными способами огнезащиты с помощью цементно-песчаной штукатурки, огнезащиты с помощью плитных материалов (ГВЛ, ГКЛО, плитами КНАУФ-Файерборд), а также огнезащиты современными напыляемыми составами (штукатурный состав «Панцирь-О»). Определение толщины огнезащитных покрытий целесообразно производить по приведенным в СТО номограммам (не требуется расчет).

Типовые технические решения по огнезащите стальных конструкций приведены в СТО АРСС 11251254.001-018-1 Пособие «Проектирование жилых и общественных зданий с применением стальных конструкций» (к СП 54.13330.2016; СП 118.13330.2012).

Правила по определению огнестойкости сталежелезобетонных конструкций приведены в СП 266.1325800.2016 «Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования».

На рисунках представлены наиболее типовые варианты огнезащитных покрытий.

### Типовые решения огнезащиты конструкций



Рисунок 18. Огнезащита минераловатными плитами.



Рисунок 19. Двутавровая балка, покрытая вспучивающейся краской и покрывным составом.

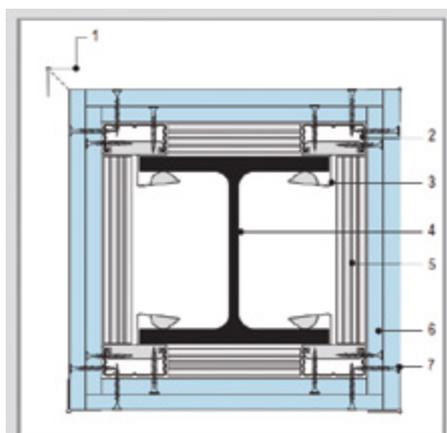


Схема каркасной огнезащитной облицовки стальной колонны с двухслойной облицовкой

1. КНАУФ-профиль углозащитный ПУ 31х31
2. КНАУФ-профиль ПП 60х27
3. Зажим для крепления КНАУФ-профиля ПП 60х27 к колонне
4. Стальная колонна
5. Вставка из КНАУФ-профиля ПП 60х27 на стыках панелей
6. Панель однослойная 12,5 мм
7. Винт самонарезающий (L=45)



Рисунок 20. Решения Кнауф.

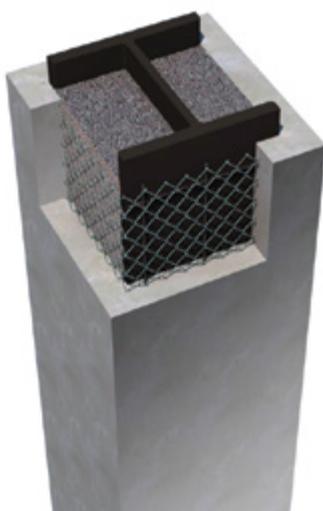


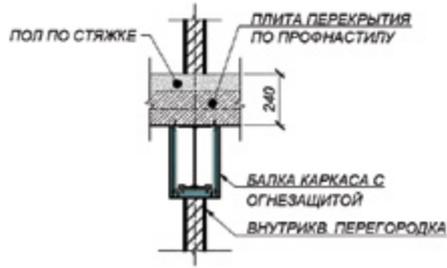
Рисунок 21. Цементно-песчаная штукатурка по сетке.

## ОТДЕЛКА ОСНОВНОГО НЕСУЩЕГО КАРКАСА

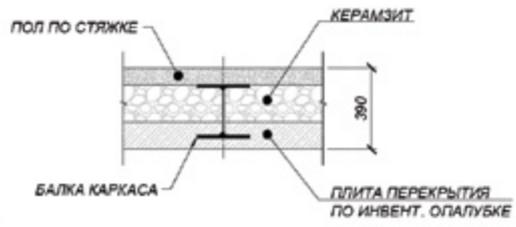
В отличие от промышленного строительства, при проектировании стального каркаса жилого здания необходимо учитывать требование максимально скрыть элементы конструкций в объеме внутренних и наружных стен. Несомненным преимуществом стальных конструкций является способность перекрывать большие, по сравнению с железобетонными конструкциями, пролеты. Однако, при увеличении пролета габариты сечения несущей балки каркаса перекрытия могут достигнуть значительных размеров. Поэтому одной из задач проектировщика является определение оптимального соотношения между величиной перекрываемого пролета и приемлемыми размерами сечений балок. То же относится и к колоннам. При большом шаге колонн значительно увеличиваются их сечения, и «спрятать» эти конструкции в стенах становится сложнее. Для снижения габаритов сечений колонн рекомендуется увеличивать класс прочности стали для колонн.

## Отделка каркаса с монолитным перекрытием

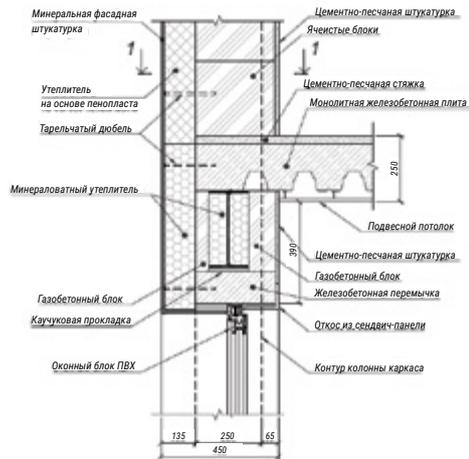
Тип 1



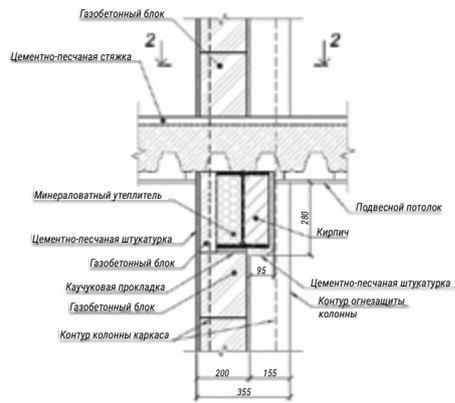
Тип 2



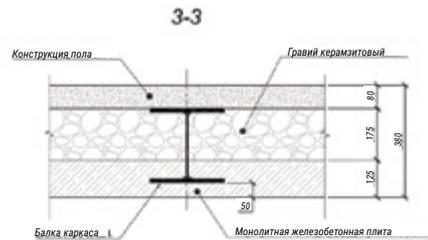
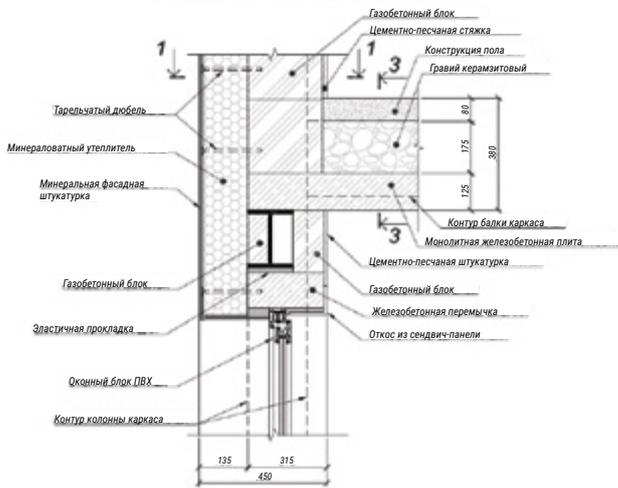
Пример выполнения узла наружной стены (монолитное перекрытие)



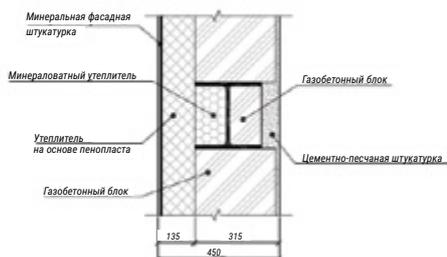
Пример выполнения узла внутренней стены, разделяющей квартиру и коридор (монолитное перекрытие)



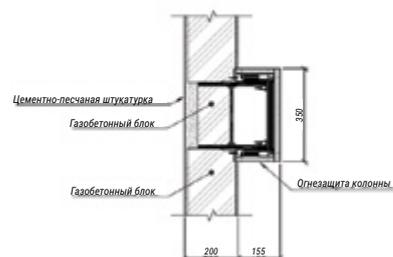
Пример выполнения узла наружной стены (монолитное перекрытие)



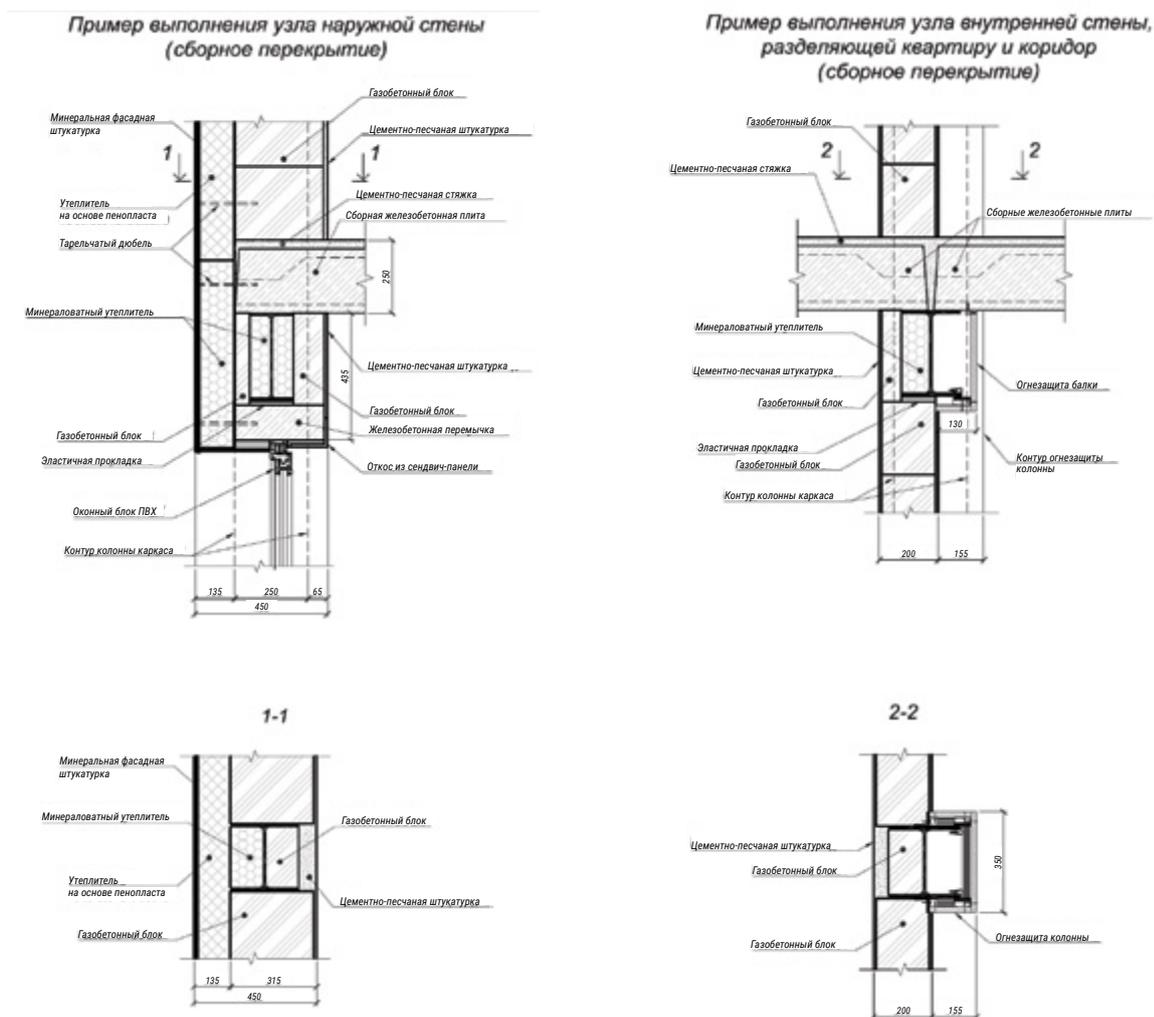
1-1 (для обоих типов)



2-2



## Отделка каркаса со сборным перекрытием



## ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ

Фасадные системы, используемые в жилых зданиях, зависят от высоты здания и степени остекления. Широкое распространение получили фасады, полностью состоящие из свето-прозрачных элементов остекления. Пример здания с полностью остекленным фасадом показан на рисунке 26. Основными типами фасадных систем являются:

- Фасад из мелкоштучных материалов (кирпичная или каменная кладка, пеноблоки и т. д.). В зданиях высотой до 3 этажей опирание выполняется на фундамент или грунтовое основание. В более высоких зданиях опирание выполняется на стальные уголки из нержавеющей стали, закрепленные к балке перекрытия.
- Светопрозрачные фасады. Тройные стеклопакеты или двойные панели остекления, которые опираются на алюминиевые стойки или специальные фасадные кронштейны.

- Легкие навесные фасады.  
Алюминиевые или другие легкие фасадные панели, которые навешиваются на стальные конструкции, расположенные по периметру здания.
- Плитка или штукатурка по утеплителю.  
Фасадные конструкции, в которых наружная облицовка крепится к каркасным стенам из тонкостенных стальных профилей.

### Фасадные стены с облицовкой из кирпича

Кирпичная кладка обычно крепится к основному несущему каркасу здания через сплошные уголки, Т-образные кронштейны или сборные кронштейны, которые часто выполняются из нержавеющей стали, что позволяет избежать необходимости нанесения какого-либо антикоррозионного покрытия. Как правило, кронштейны имеют возможность вертикальной регулировки обычно за счет двух спаренных пластин с засечками на соприкасающихся поверхностях. На рисунке 22 изображены типовые детали крепления к стальным балкам, в которых кронштейны крепятся к пластине, приваренной между полками балки.

На рисунке 23 изображены типовые узлы крепления к торцу бетонной плиты. Кронштейн может устанавливаться на плиту сверху, либо может крепиться к специальным закладным профилям, замоноличенным в торец плиты.

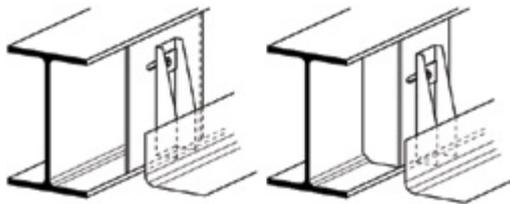


Рисунок 22. Типовой узел крепления к стальному каркасу.

### Светопрозрачные фасады

Распространенным решением наружного ограждения здания со стальным каркасом является остекленный

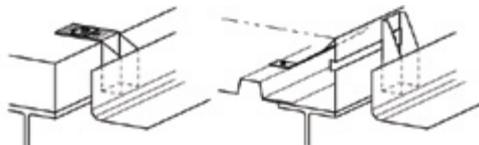


Рисунок 23. Типовые узлы крепления к бетонной плите.

фасад. Существует множество различных фасадных систем, и выбор подходящей системы необходимо производить совместно с производителями фасадных конструкций, в частности, по вопросу крепления фасадных панелей к несущим конструкциям каркаса здания. Во многих случаях детали крепления располагаются по углам панелей остекления, а сами панели имеют какую-либо уплотнительную прокладку в межпанельных швах.

Необходимо рассмотреть целый ряд важных вопросов. Особенно актуальным является вопрос регулировки креплений, поскольку в общем случае строительные допуски стального каркаса и панелей остекления отличаются. Перемещения, вызванные температурными воздействиями, могут быть значительными, что должно учитываться конструкцией опорных узлов фасадной системы.

## Навесные фасады

Навесные фасады включают:

- металлические панели (обычно стальные или алюминиевые),
- сборные железобетонные панели,
- каменную облицовку.

Навесные фасады могут воспринимать собственный вес, а также внешние нагрузки без дополнительных опорных конструкций. Такой тип панелей обычно подвешивается за верхний край или опирается своим основанием в уровне перекрытия. Обычно каждая система панелей имеет специальные детали крепления, обеспечивающие возможность смещений и регулировки в трех плоскостях, что позволяет решить проблему разницы осадок и перемещений несущего стального каркаса и фасадных конструкций. Узлы крепления могут иметь весьма значительные размеры, что вызывает необходимость скрывать такие узлы в объеме фальшпола или подвесного потолка. Иногда требуется выполнить проверку несущей способности плиты перекрытия с учетом местных нагрузок, приложенных к плите в узлах крепления фасадных панелей. Достаточно часто крепежные элементы устанавливаются в торце перекрытия. В таких случаях можно использовать специальные закладные детали заводского изготовления, замоноличенные в торец плиты перекрытия.

Для установки фасадов может быть необходимо устройство дополнительных опорных конструкций – обычно в виде стоек, которые устанавливаются вертикально на несколько этажей, иногда с промежуточными горизонтальными элементами (ригелями). Таким образом часто крепятся вертикальные или горизонтальные панели облицовки. Узлы креплений нуждаются в тщательной проработке обеспечения возможности регулировки в трех плоскостях, возможности перемещений, и в то же время обеспечить передачу горизонтальных нагрузок на перекрытия.

### Фасады с облицовочной плиткой или штукатуркой по утеплителю

Фасадные системы с внутренним утеплителем и облицовкой представляют собой легкие, энергоэффективные ограждающие конструкции жилых зданий, в которых изоляционные материалы и облицовка крепятся к легкому стальному каркасу, как показано на рисунке 24. При условии качественной детализовки и установки этот тип фасадов является быстрым, надежным и энергоэффективным решением. Вместо полимерной штукатурки можно использовать отделочную плитку в виде отдельных элементов или готовых панелей. Аналогично, в качестве наружной облицовки может выступать кирпичная кладка, как показано на рисунке 25.

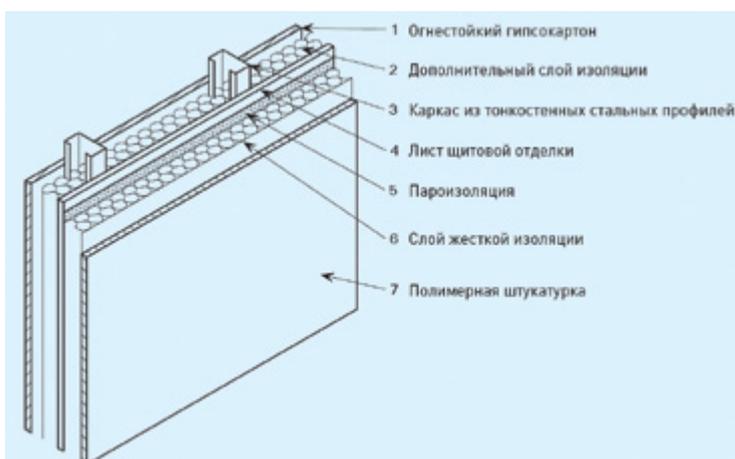


Рисунок 24. Типовая фасадная конструкция со штукатуркой по утеплителю.

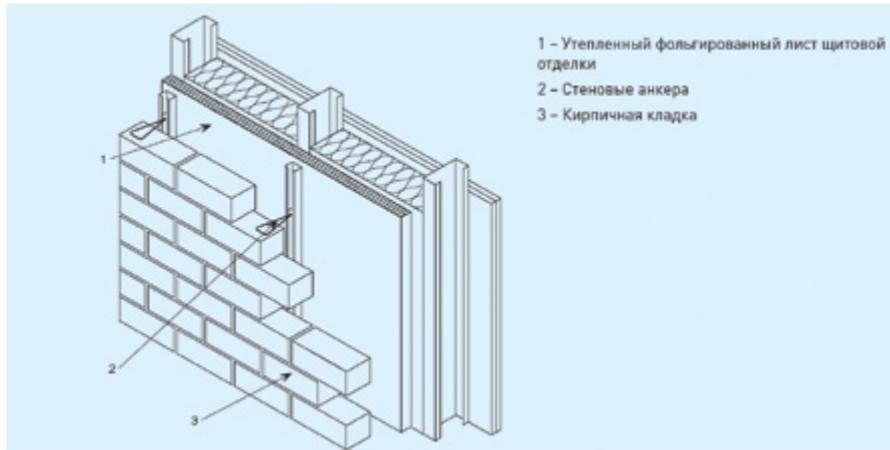


Рисунок 25. Фасадная стена с кирпичной кладкой.

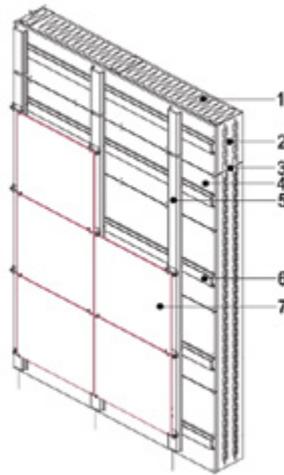


Рисунок 26. Каркасно-обшивная стена (КОС): 1 – основной теплоизоляционный слой (между стойками каркаса), 2 – стойки каркаса стены, 3 – стык модульной конструкции КОС, 4 – наружная обшивка КОС, 5 – стальные профили обрешетки (вертикальные), 6 – стальные профили обрешетки (горизонтальные), 7 – облицовка (фасадная отделка).

# РОССИЙСКАЯ ПРАКТИКА СТРОИТЕЛЬСТВА МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

## Гостиница из модулей КНАУФ (Ступино, Московская обл.)

(Материалы предоставлены ООО «Новый дом».)



При строительстве гостиницы впервые в России была применена prefab-технология компании «Новый дом» – дочернего предприятия группы КНАУФ. Технология, позволяющая значительно сократить сроки и стоимость строительства, минимизировать отклонения от проекта и объем строительного мусора, предусматривает сборку домов из готовых модулей КНАУФ непосредственно на строительной площадке.

Модули для строительства гостиницы были изготовлены на экспериментальной сборочной линии предприятия КНАУФ в Новомосковске Тульской области.

Проектированием данного здания занимались специалисты компании ООО «Строй-снаб» ТМ YellowTeamProject, а заказчиком выступала компания АФК «МЕРА».

Типовые prefab-модули компании «Новый дом» состоят из следующих элементов и материалов:

- несущая металлическая рама (ЛМК),
- каркас из металлических профилей (ЛСТК),
- утеплитель (минеральная вата КНАУФ Инсулейшн),
- гидро-ветрозащитная мембрана,
- пароизоляционная пленка,
- цементная плита АКВАПАНЕЛЬ®,
- фанерный лист,
- КНАУФ-лист «Сапфир».

Все материалы сертифицированы, а конструкции панелей успешно прошли испытания по звукоизоляции, пожарной безопасности и долговечности.

Prefab-модули Красногорского завода компании «Новый дом» обладают внешней и внутренней черновой отделкой с интеграцией в панелях пола, потолка и стен всех инженерных систем (электрика, отопление, холодное и горячее водоснабжение, канализация, вентиляция, системы оповещения, интернета, видеонаблюдения и т. д.).



Внутри гостиничного модуля есть зоны для работы и отдыха, ванная комната и мини-кухня. Смонтированный модуль отвечает современным требованиям по тепло- и звукоизоляции, пожарной безопасности и экологичности. Стоимость квадратного метра модульного жилья со всеми коммуникациями и отделкой составляет ориентировочно 50 тыс. рублей.

Параллельно с производством модулей для гостиницы в Ступино были разработаны стандарты установки модулей на фундамент, ственных соединений, лестничных модулей и т. д. Уровень сейсмостойкости перегородок и модулей составляет до 9 баллов. Все материалы КНАУФ, использованные при производстве модулей, сертифицированы. Срок службы конструкций составляет не менее 50 лет.

Поставщиками дополнительных отделочных материалов, инженерных и фасадных систем для гостиничных модулей являются ведущие российские и международные компании, чья продукция отличается высоким качеством и производится на территории России.

К строительству двухэтажной гостиницы на 16 номеров в индустриальном парке Ступино инвестиционно-строительная компания МЕРА приступила в декабре 2018 года. После завершения фундаментных работ началась сборка здания. Два этажа были возведены за три дня, а затем начались работы по отделке фасадов, внутреннему оформлению номеров и благоустройству территории. Проект полностью завершен и гостиница принимает первых постояльцев – гостей и резидентов особой экономической зоны «Ступино Квадрат».

Проект модульного строительства был анонсирован компанией КНАУФ в начале 2015 года. Для компании это новый проект международного уровня, не имеющий аналогов на российском рынке. Его важной особенностью является возможность участия заказчика в конструировании здания на этапе проектирования – для определения внешнего вида дома, этажности, выбора различных опций инженерных систем, типов отделок и многого другого.

Область применения модульного строительства необыкновенно широка. С помощью готовых модулей КНАУФ можно строить малоэтажные здания, таунхаусы, детские сады, школы и другие социальные объекты в любых климатических условиях – от тропиков до Крайнего Севера. А наличие встроенных инженерных систем, внешней и внутренней отделки в готовом модуле позволяет начать эксплуатацию здания сразу после его установки.

Группа КНАУФ – международная компания, с 1993 года осуществляющая инвестиционную деятельность в России и странах СНГ. Сегодня группа КНАУФ является одним из крупнейших в мире производителей строительных отделочных материалов.

[www.noviy-dom.ru](http://www.noviy-dom.ru)

## 4-этажный жилой дом (Калужская обл.)

(Материалы предоставлены ООО «Андромета».)



Год ввода в эксплуатацию – 2018.

Район строительства: Калужская область.

Собственный девелоперский проект компании «Андромета», задачей которого была полномасштабная промышленная апробация металлокаркасной домостроительной технологии СТИЛТАУН®, подтверждение проектных характеристик зданий и отработка технологических регламентов их возведения. В Калужской области, вблизи города Обнинска был построен жилой комплекс, состоящий из 6-этажного и 4-этажного домов на несущих каркасах из стальных холодногнутых профилей с заполнением сверхлегким неавтоклавным пенобетоном.

Участники проекта: генподрядчик – ООО «Андромета», застройщик – ООО «СтойСитиГрупп»

### Характеристики здания

- размеры: 14,08 x 76,65 x 12,655 м
- общая площадь дома, кв. м: 5 146,75
- площадь жилого фонда, кв. м: 3 095,7
- высота жилых этажей – 3,0 м
- количество квартир: 71, из них
  - 1-комнатных – 48
  - 2-комнатных – 23
- площади квартир: от 31 до 6 кв. м

### Конструктивные решения

Дом представляет собой трехсекционное прямоугольное в плане здание с каркасом из холодногнутых профилей и монолитно-каркасными плитами перекрытия из пенобетона. В каждой секции имеется по одному лестнично-лифтовому узлу из кирпичной кладки толщиной 380 мм, включенному в работу зданий в качестве стволов жесткости.



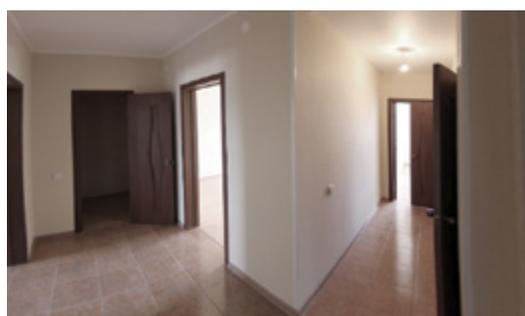
Каркас – из стальных холодногнутых оцинкованных профилей по ТУ 1122-001-82866678-2011 из стали 350 по ГОСТ Р 52246-2004 с цинковым покрытием 1-й категории (275 г/кв. м).

Теплоизоляция:

- основная – сверхлегкий неавтоклавный пенобетон 200 – 300 кг/куб. м,
- дополнительная – минераловатные плиты 60 кг/куб. м.

Кровля: рулонная малоуклонная.

Фасадные решения: отделочный кирпич, навесная фасадная система (керамогранит).



## Жилые дома «ПрофСтальПрокат» (Московская обл.)

(Материалы предоставлены ООО «ПрофСтальПрокат».)

### Индивидуальный жилой дом, Внуково, Московская область



Частный 3-этажный дом в стиле hi-tech с четырьмя спальнями, двумя гостиными, двумя верандами, кабинетом и мастерской, а также с гаражом на два автомобиля.

Общая площадь дома – 376 кв. м.

Металлоемкость каркаса здания из ЛСТК – 19 тонн;

Стоимость квадратного метра дома «под ключ»: 60 000 рублей.

### Многоквартирный дом, 3 этажа, Новый Уренгой



Металлоемкость 3-этажного дома на 27 квартир:

- ЛСТК для каркаса здания – 125 тонн;
- профнастил для межэтажных перекрытий и кровли – 18,5 тонн.

Общая площадь 3-этажного дома: 2300 кв. м.

Стоимость квадратного метра под чистовую отделку: 43 000 рублей.

## МАЛОЭТАЖНЫЕ ЖИЛЫЕ ЗДАНИЯ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

Издание подготовлено  
Инженерным центром Ассоциации развития стального строительства.

Все права защищены. Ни одна часть брошюры не может быть опубликована, воспроизведена или размножена любым другим способом без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© Ассоциация развития стального строительства, 2020 г., Москва, ул. Остоженка, д. 19, стр. 1.

Москва – 2020

УДК [69.059:[727:373]]:624.012.45  
ББК 38.53 + 38.38.6

ISBN 978-5-6042872-2-4



АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ  
СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

+7 (495) 744-02-63

[info@steel-development.ru](mailto:info@steel-development.ru)

[www.steel-development.ru](http://www.steel-development.ru)