

# Здания школ и образовательных организаций со стальным каркасом

АРСС

Ассоциация развития  
стального строительства

Инженерный центр  
Ассоциации развития стального строительства

**ЗДАНИЯ ШКОЛ И  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Москва 2019

**Издание подготовили:**

Инженерный центр Ассоциации развития  
стального строительства.

М **Здания школ и образовательных организаций со стальным каркасом /** Инженерный центр Ассоциации развития  
стального строительства; – Москва : АКЦИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2019. – 60 с. : ил.

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

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

## Оглавление

---

1. Эффект применения стальных конструкций в зданиях образовательных организаций. . . . .	6
2. Конструкции перекрытий. . . . .	11
• Сталежелезобетонные балки и сталежелезобетонные плиты с использованием профилированного настила в качестве арматуры. . . . .	12
• Перекрытие из балок, расположенных в одном уровне с плитой. . . . .	15
• Сталежелезобетонные плиты по перфорированным балкам, работающими совместно с плитой . . . . .	18
• Перекрытия из стальных балок, объединённых со сборными железобетонными плитами. . . . .	20
• Перекрытия с пустотными плитами без объединения с балками. . . . .	23
3. Колонны . . . . .	25
• Стальные колонны. . . . .	25
• Сталежелезобетонные колонны . . . . .	27
4. Устойчивость каркаса . . . . .	28
5. Огнезащита стальных конструкций. . . . .	30
• Нормативные требования . . . . .	30
• Типовые решения огнезащиты конструкций . . . . .	32
6. Фасадные системы . . . . .	34
• Фасадные стены с облицовкой из кирпича. . . . .	35
• Светопрозрачные фасады . . . . .	35
• Навесные фасады . . . . .	36
• Фасады с облицовочной плиткой или штукатуркой по утеплителю . . . . .	36
7. Российская и зарубежная практика строительства . . . . .	38
• Английская Школа Мартира в Хартпуле . . . . .	38
• Средняя школа Берта Парк в Перте (Шотландия). . . . .	42
• Здание химических лабораторий Университета в Оксфорде. . . . .	46
• Дальневосточный Федеральный Университет (остров Русский, РФ). . . . .	50
• Развитие Президентского кадетского корпуса в г. Кызыл для дополнительного обучения кадетов и воспитанниц. . . . .	53

## Эффект применения стальных конструкций в зданиях образовательных организаций

К проектам зданий общеобразовательных организаций предъявляются особые требования в отношении объёмно-планировочных решений, гибкости используемого пространства, виброзащиты и акустики. В современной практике актуальным является вопрос возможности перепланировки внутренних помещений под новые функции, возникает акцент на комфортное пребывание в здании учащихся и персонала. В связи с этим меняются требования к строительным технологиям, используемых для возведения и эксплуатации зданий.

Зачастую строительство зданий общеобразовательных организаций ведётся на площадке, примыкающей непосредственно к жилым районам города, что вынуждает застройщика принимать во внимание влияние строительных процессов на окружающую среду, необходимость снижать при монтаже уровни шума, загрязнения воздуха, вибрации и других раздражающих факторов. Перечисленные условия оказываются существенными при выборе строительной технологии и материалов.

Сроки возведения зданий общеобразовательных организаций обычно сжаты до 12 месяцев, и определяются началом нового учебного года. Необходимость выполнить работы к фиксированной дате заставляет застройщиков использовать конструкции заводского изготовления. Высокая скорость монтажа и полностью заводское изготовление конструкций являются отличительными преимуществами технологии стального строительства. Использование стальных конструкций заводского изготовления приводит к повышению безопасности строительной площадки, снижению отходов и загрязнения среды. К тому же, заводской контроль производства обеспечивает высокое качество конструкций.



На обложке эскиз Анны Костиной, победителя конкурса Steel2Real в архитектурной номинации

Особенности применения стальных конструкций в зданиях общеобразовательных организаций:

### Скорость строительства

График строительства, определяемый на одном этапе со стоимостью конструкций, оборудования и отделочных материалов, играет особую роль для застройщика, так как завершение строительства должно произойти до начала нового учебного года. Основным фактором, влияющим на скорость строительства, является конструктивная схема здания. Применение стальных конструкций позволяет достичь наибольшего темпа возведения здания.

### Гибкость планировочных решений

Выгодным преимуществом стальных балочных конструкций является возможность перекрывать большие пролёты зданий (до 18м). Это позволяет освободить внутреннее пространство здания от колонн и обеспечить полную свободу планировки помещений.

### Снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду

Данное условие чрезвычайно важно при новом строительстве вблизи жилых районов или при строительстве пристраиваемой части к зданию функционирующей школы. Применение стальных конструкций позволяет снизить шум и вредное воздействие строительных процессов за счёт таких факторов как:

- Заводское изготовление конструкций, включая изготовление отдельных модулей здания
- Снижение объёмов транспортировки сыпучих материалов и снижение отходов стройки
- Снижение шума и вибраций
- Сокращение периода строительства

### Взаимодействие с грунтами оснований

Важной характеристикой строительной площадки являются грунтовые условия. Зачастую площадка строительства располагается на слабых естественных грунтах, либо насыпных, насыщенных строительным мусором. При строительстве в центре города грунтовые условия осложняются наличием инженерных сетей, проходящих под землёй, а также линий метро. Всё это необходимо учитывать при выборе технологии строительства.

При сложных грунтовых условиях в общем случае рекомендуется сокращать количество фундаментов и, соответственно, колонн здания, что предполагает увеличение пролётов наземной части конструкции. Это ус-

ловие естественным образом наводит на использование стальных конструкций, вес которых в среднем в ~2 раза меньше аналогичного железобетонного каркаса.

Строительство в условиях плотной окружающей застройки может накладывать определённые ограничения, например, необходимость снизить габариты элементов конструкций, доставляемых на строительную площадку. В подобных случаях целесообразно использовать сталежелезобетонные конструкции перекрытий.

### Крановое оборудование

Как правило, многоэтажные здания возводятся с использованием башенных кранов. Количество кранов на площадке зависит от площади застройки, возможности разбить работы по строительству на отдельные фронты для нескольких кранов.

График монтажа конструкций значительно зависит от режима использования крана. В городских центрах в условиях плотной окружающей застройки часто используется один кран, который обслуживает все бригады на площадке одновременно, что может негативно повлиять на скорость строительства. В таких случаях необходимо заранее планировать работу всей площадки, определяя монтаж стального каркаса как главный приоритет для обслуживания краном.

### Нормативные показатели скорости монтажа здания

Средней нормой скорости возведения многоэтажного здания можно считать монтаж до 20-30 отправочных марок стальных конструкций (балки, колонны) в день. Соответственно, общая скорость строительства может возрасти до ~25% при планировании в проекте меньшего количества элементов конструкций. Например, снижение количества балок и колонн за счёт увеличения пролётов конструкции.

### Сталежелезобетонные перекрытия

Подобные перекрытия устраиваются, как правило, с использованием стального профилированного настила, который доставляется на этаж с помощью крана, а затем укладывается монтажниками в проектное положение. Балочная клетка перекрытия, покрытая профилированным настилом может служить в качестве рабочей площадки для непрерывного монтажа вышележащих конструкций. Из этого следует, что бетонирование перекрытий рационально начинать после завершения укладки настила на несколько смежных этажей (как правило, на группу из 3-х этажей).

**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 объёме 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 450мм. Дополнительные 150-200мм позволяют разместить также элементы системы пожаротушения, электрику и учесть нормативный прогиб конструкции перекрытия. Некоторые системы кондиционирования можно разместить в пространстве фальшпола.

Для компактного размещения инженерных систем в объёме конструкций перекрытия используются так называемые перфорированные балки, которые изготавливаются в заводских условиях путём сварки двух тавровых профилей, полученных путём 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 жёсткостью и несущей способностью, чем исходная для тавровых заготовок двутавровая балка.



Рисунок 1  
Уложенный профилированный настил создаёт удобную площадку для выполнения монтажных работ



Рисунок 2  
Размещение трубопровода инженерных систем в объёме перекрытия

**Динамические характеристики перекрытий**

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

**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

## 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 распространённым является требование свободной планировки в коммерческих зданиях, что достигается устройством большепролётных перекрытий. Существует опыт проектирования подобных конструкций пролётом 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 жёсткости, передавая горизонтальные нагрузки на систему связей или ядро жёсткости. Кроме того, все составляющие перекрытия (плита, балки) должны обладать требуемой огнестойкостью.

Как уже было отмечено, инженерные коммуникации могут располагаться в объёме конструкций перекрытия, либо под ним. В качестве отделки может использоваться цементно-песчаная стяжка с напольным покрытием, либо фальшполы, в которых проведены кабели различных инженерных систем.

### Наиболее распространёнными 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.

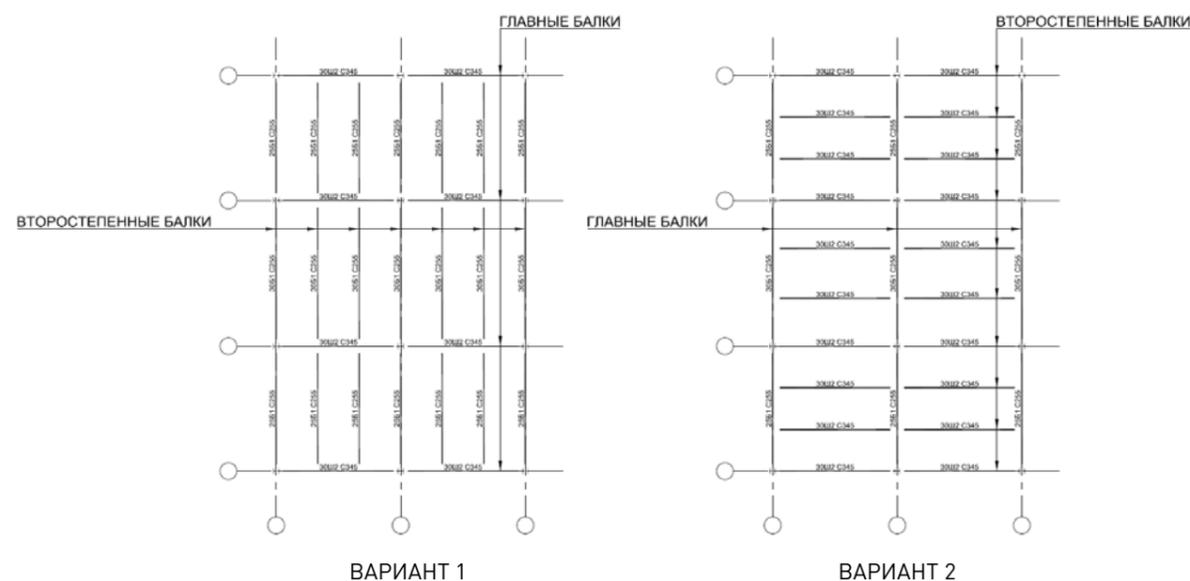


Рисунок 4  
Варианты расположения главных и второстепенных балок

### 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-ой (несущая способность и устойчивость) и 2-ой (прогибы и перемещение, трещиностойкость) групп.

Ветровые нагрузки передаются на ядро жёсткости здания через фасадную систему и плиты перекрытий. Конструктивные схемы с горизонтальными связями или рамный каркас применяются, как правило, для зданий высотой до 7 этажей.

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

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

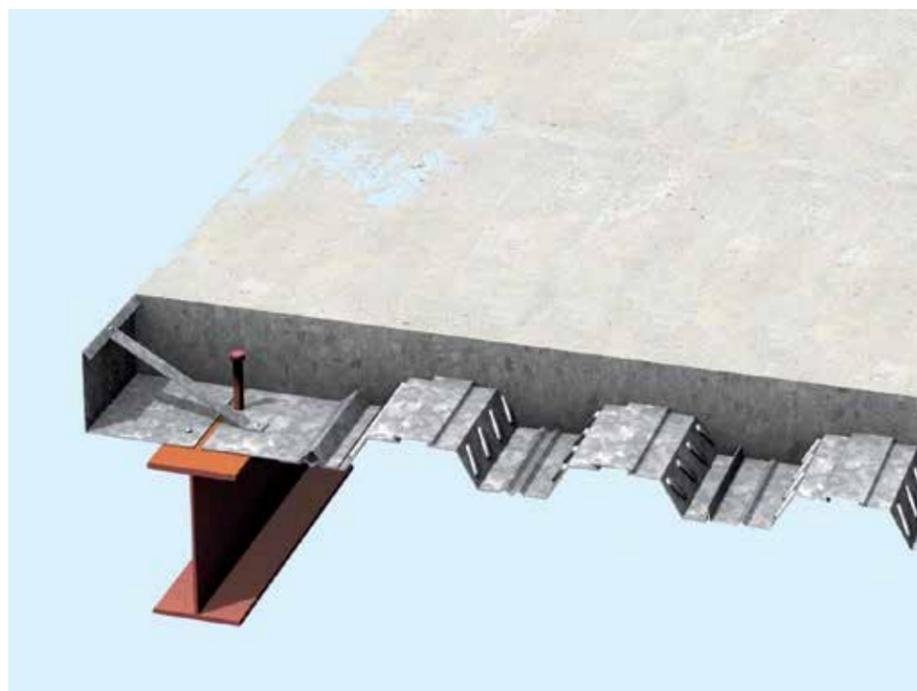


Рисунок 5  
Сталежелезобетонное перекрытие с профилированным настилом, работающим совместно с плитой

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 тяжёлый бетон (плотность 2400 кг/м<sup>3</sup>), реже – лёгкий бетон (плотность 1700–1950 кг/м<sup>3</sup>).

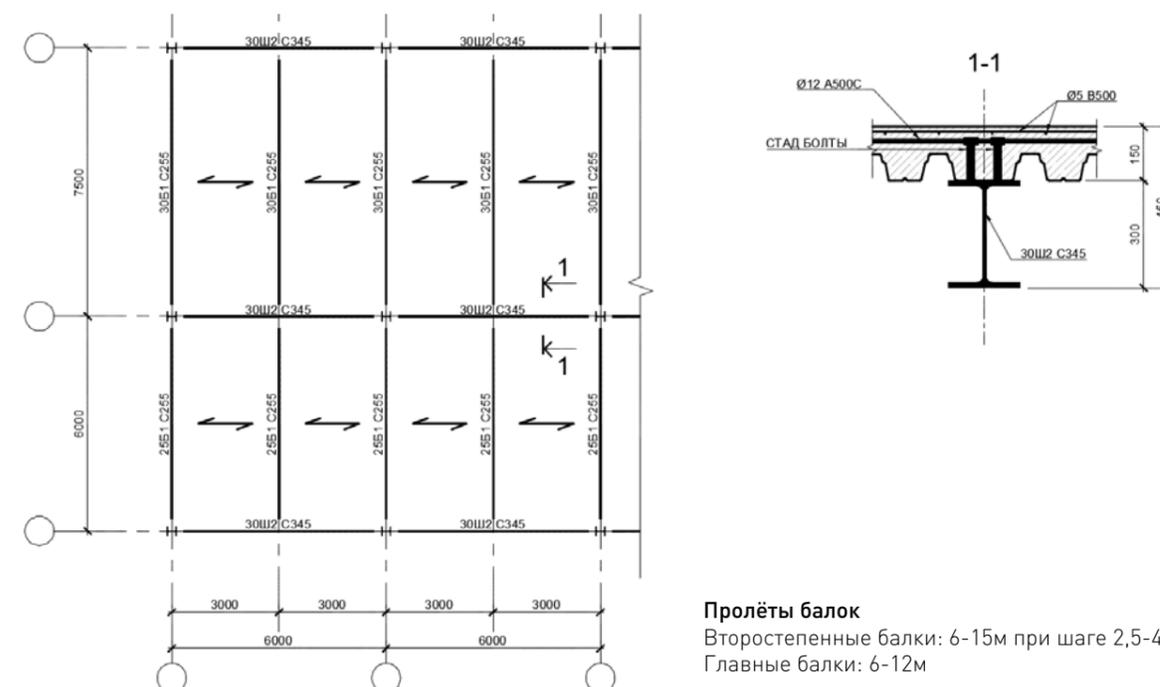
#### Описание

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 жёсткостью и несущей способностью, чем у использованной стальной балки, не объединённой с плитой.

Сталежелезобетонные плиты (профилированный настил, объединённый с бетоном) перекрывают пролёты 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 жёсткости.

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 пролётов. Сталежелезобетонная плита в общем случае проектируется с шарнирным соединением к балкам.



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

Рисунок 6  
Пример расположения балок перекрытия

<p><b>Основные положения при проектировании</b></p>	<p>Шаг второстепенных балок выбирается таким, чтобы исключить необходимость временных опор для профилированного листа на стадии бетонирования плиты. Второстепенные балки проектируют обычно большим пролётом, чем главные.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
<p><b>Преимущества</b></p>	<p>Меньший расход стали на балки по сравнению с вариантом без совместной работы плиты и балок, следовательно - лёгкость и экономичность конструкции.</p> <p>Балки производятся из широко распространённого горячекатаного двутаврового профиля</p>
<p><b>Размещение инженерного оборудования</b></p>	<p>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.</p>
<p><b>Дополнительные рекомендации по проектированию</b></p>	<p>Второстепенные балки пролётом 6-15м располагают с шагом 3 м. Пролёт главных балок назначается в 2-3 раза большим, чем шаг второстепенных, т.е. 6-9м.</p> <p>Определяют сечение профилированного листа и плиты перекрытия. Рекомендуется исключать необходимость временных опор для профлиста на стадии бетонирования. Железобетонная плита проверяется на соответствие требованиям огнестойкости.</p> <p>Расположение (шаг) анкерных упоров вдоль второстепенных балок назначается в зависимости от шага гофров профлиста и результатов расчёта прочности соединения плиты с балкой.</p> <p><b>Типовые размеры сечений балок</b> В первом приближении балкам назначают сечения высотой: «Пролёт/24» для второстепенных балок, «Пролёт/18» для главных.</p> <p><b>Класс прочности стали</b> Сталь для балок могут назначать в широком диапазоне: С245 – С440.</p> <p><b>Общая высота профиля перекрытия</b> Данный показатель может достигать ~1200мм при большой сетке колонн (например, 9м x9м) с фальшполом и трубопроводом, расположенным под балками перекрытия.</p> <p><b>Бетон</b> Тяжёлый бетон с плотностью 2400 кг/м<sup>3</sup>, лёгкий бетон с плотностью 1850 кг/м<sup>3</sup>. Тяжёлый бетон обладает лучшей звукоизолирующей способностью, поэтому распространён в проектах жилых зданий, больниц и пр. Преимущество лёгкого бетона в низком весе, что позволяет сократить металлоёмкость и расход материалов фундамента.</p> <p><b>Класс бетона</b> Как правило назначается класс прочности не ниже В20.</p>
<p><b>Огнезащита</b></p>	<p>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.</p> <p>Для защиты колонн распространённым решением является применение гипсоволокнистых плит толщиной до 15 мм (до 60 мин), до 25 мм (до 90 мин).</p>

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

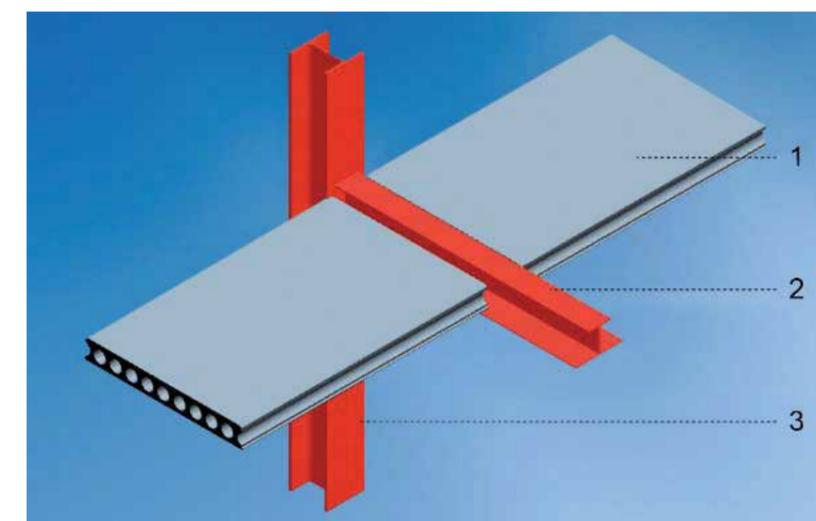


Рисунок 7

Пустотные плиты опираются на нижний пояс стальной балки.

1 – сборная железобетонная плита  
2 – стальная балка  
3 – стальная колонна

### Описание

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 путём составления из трёх 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 200-350мм. Пролёт балок как правило не превышает пролёта 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



### Пролёты балок

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

Рисунок 9

Пример расположения балок перекрытия

### 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 её 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 перекрытия и бетоном монолитных участков перекрытия, что позволяет снизить затраты на огнезащиту балок (незащищённым при этом остаётся 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 объём «мокрых» строительных процессов.

### Размещение инженерного оборудования

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 пролёт 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 расчёте 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, размещённого под балками для варианта с фальшполом.

### Огнезащита

Расположение балки в одном уровне с плитой и замоноличивание бетонном 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

### Описание

Перфорированные балки представляют собой стальные двутавровые балки с регулярными отверстиями в стенке. Балки могут быть сварными из трёх 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 рёбер жёсткости. Так же, как и в других системах перекрытий, перфорированные балки могут выполнять роль как главных, так и второстепенных.

**Пролёты 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 пролёт этих балок. При значительных пролётах 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-распределённых нагрузках.

### Преимущества

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

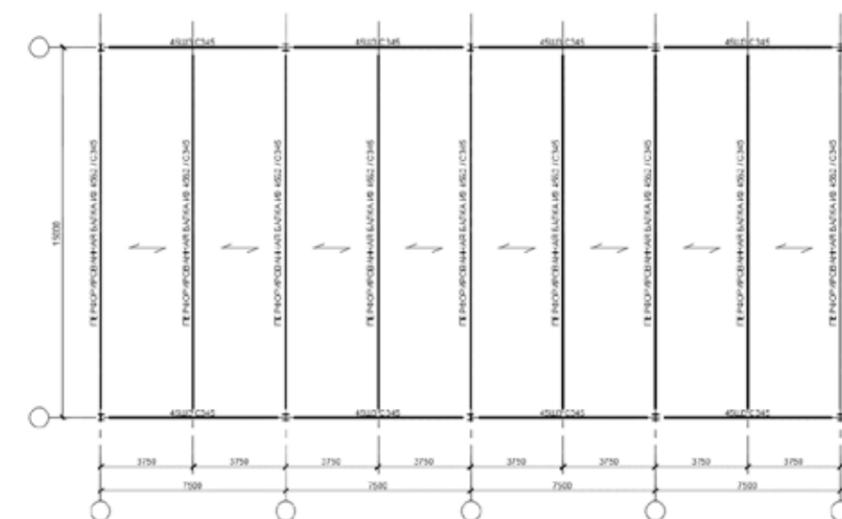
### Размещение инженерного оборудования

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

### Дополнительные рекомендации по проектированию

Перфорированные второстепенные балки рационально располагать в направлении наибольшего пролёта ячейки перекрытия с шагом 3–4 м. Пролёт главных 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.



ОБЩИЙ ВИД ПЕРФОРИРОВАННОЙ БАЛКИ

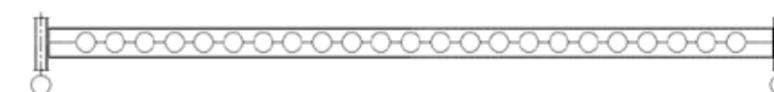


Рисунок 11  
Перфорированные балки

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 ~ «Пролёт/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 (пролёт балки ~15 м, наличие инженерных коммуникация, фальшпол).

### Огнезащита

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

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



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

### Описание

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 объём для замоноличивания анкерных упоров. Указанный объём 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.

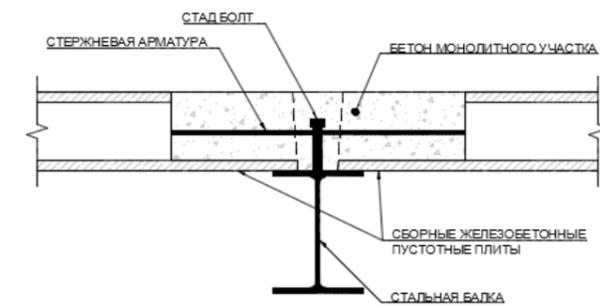
### Пролеты балок

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

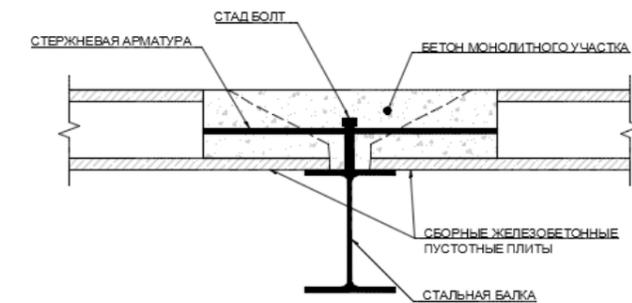
### Основные положения при проектировании

При проектировании используются стандартные пустотные плиты пролётом 6–9 м. Допускается применение плит без пустот пролётом 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 учёта совместной работы с плитой, однако и их соединяют с плитами с помощью анкерных устройств, чтобы обеспечить неразрывность диска перекрытия.

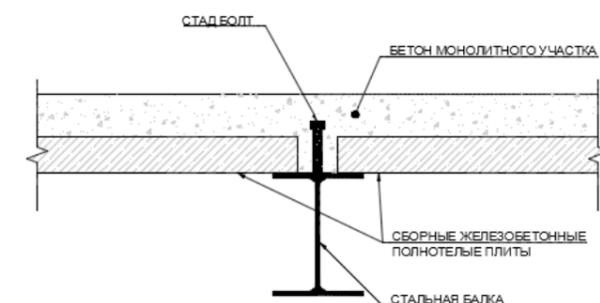
Балки необходимо рассчитывать с учётом крутящих усилий, предполагая этап монтажа, на котором балка загружена плитами с одной стороны. Зачастую этот фактор является определяющим при подборе сечения балки. Также необходимо учитывать, что верхний пояс балок до набора прочности бетона монолитного участка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



А) СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ БАЛКА С ПУСТОТНЫМИ ПЛИТАМИ



Б) СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ БАЛКА С УСЕЧЕННЫМИ ПУСТОТНЫМИ ПЛИТАМИ



В) СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ БАЛКА С ПОЛНОТЕЛЫМИ ПЛИТАМИ

Рисунок 13  
Варианты исполнения сталежелезобетонных балок со сборными плитами

<b>Преимущества</b>	Сокращение количества балок в перекрытии диктуется использованием плит сравнительно большой длины (6–9 м). Отсутствие несъёмной опалубки в виде профилированного листа позволяет приваривать анкерные упоры в заводских условиях.
<b>Размещение инженерного оборудования</b>	Крупное инженерное оборудование (фанкойлы – прим.) размещается в межбалочном пространстве под плитами.
<b>Дополнительные рекомендации по проектированию</b>	Рекомендуется использовать модульную сетку колонн со сторонами ячейки 6, 7,5, 9 м с балками пролётом до 18 м. Выбор сборных плит необходимо выполнять с учётом требований огнестойкости конструкций. Рекомендуется подбирать сечения крайних балок без учёта совместной работы с плитами. <b>Класс прочности стали</b> Сталь для балок может быть назначена в широком диапазоне: С245 – С440. <b>Общая высота профиля перекрытия</b> При использовании большепролётных плит (до 9 м) общая высота перекрытия может достигать 900 мм (без учёта инженерных коммуникаций).
<b>Огнезащита</b>	Поверхность балок может покрываться напыляемыми, вспучивающимися составами или плитами на основе гипсокартона.

## Перекрытия с пустотными плитами без объединения с балками



Рисунок 14  
Укладка большепролётных пустотных плит

### Описание

Сборные железобетонные пустотные плиты опираются на верхний пояс стальных балок, либо на элементы уголкового профиля, соединёнными 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.

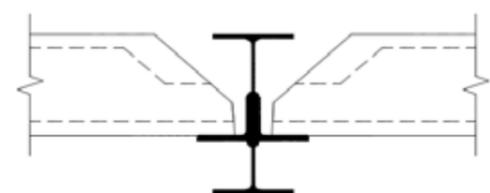
### Размеры ячеек балочной клетки

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

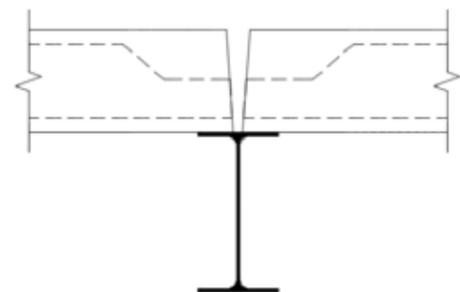
### Основные положения при проектировании

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

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



А) СБОРНЫЕ ПЛИТЫ НА УГОЛКАХ, ПРИВАРЕННЫХ К СТЕНКЕ БАЛКИ



Б) СБОРНЫЕ ПЛИТЫ НА ВЕРХНЕМ ПОЯСЕ БАЛКИ

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

**Преимущества**

Отсутствие «мокрых» строительных процессов

**Размещение инженерного оборудования**

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

**Дополнительные рекомендации по проектированию**

Выбор сборных плит необходимо выполнять с учётом требований огнестойкости конструкций.

Необходимо дополнительно учесть расчётные 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 7,5м (с учётом подвесного потолка).

**Огнезащита**

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

## Колонны

### Стальные колонны

Стальные колонны многоэтажных 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 пролётов перекрытий и количества этажей. В таблице ниже представлены ориентировочные размеры сечений двутавровых колонн в зависимости от количества этажей в случае стандартной сетки колонн (6м x 6м).

Количество этажей, передающих нагрузку на колонну	Размерный тип колонны из стандартного сортамента
до 4	20К
до 8	25К
до 15	30К
до 25	35К
до 40	40К

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.

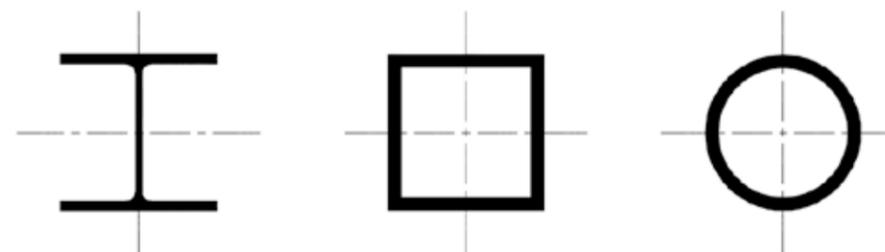


Рисунок 16  
Основные типы сечений колонн

Стыки колонн обычно располагают на ~600 мм выше отметки этажа для удобства выполнения болтовых либо сварных соединений в узле. Это также позволяет увести узел из зоны действия максимальных изгибающих напряжений (узел соединения балки с колонной). В случаях с крайними колоннами отметку стыка поднимают до 1100 мм от отметки этажа и устанавливают на этой высоте монтажные ограждения из соображений безопасности выполнения работ.

В связи с тем, что колонны нижних и верхних этажей загружены в разной степени, обычной практикой считается менять сечение колонн по высоте здания. При этом рекомендуется соблюдать вдоль всей высоты единый размерный тип. Например, 25К3 для нижних этажей, 25К2 для средних и 25К1 для верхних. Это позволит максимально унифицировать размеры балок перекрытий и снизить количество доборных элементов в узле.

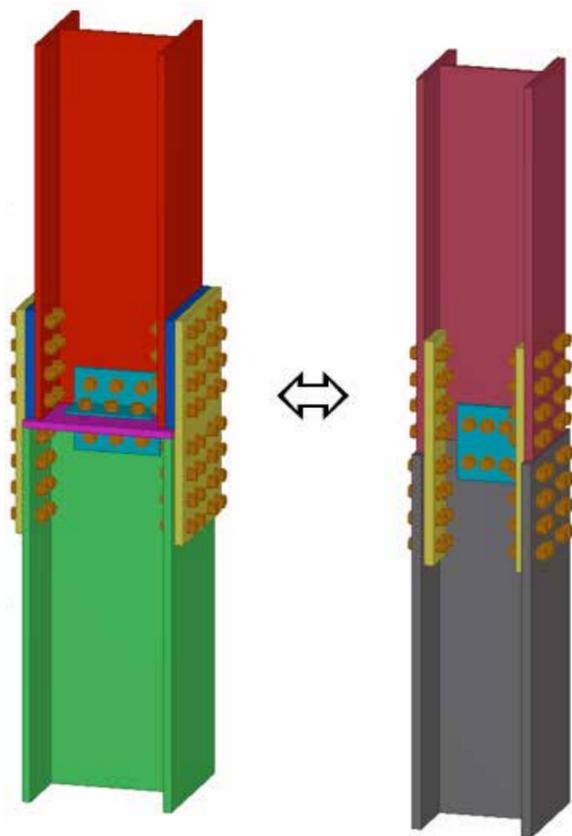


Рисунок 17  
Пример оптимизации стыка колонн за счёт назначения единого размерного типа сечений

## Сталежелезобетонные колонны

Сталежелезобетонные колонны представляют собой железобетонные элементы прямоугольного/квадратного сечения с жёсткой арматурой в виде стальных двутавров, а также стальные замкнутые профили, заполненные бетоном. На рисунках ниже приведены наиболее часто встречающиеся типы сечений.

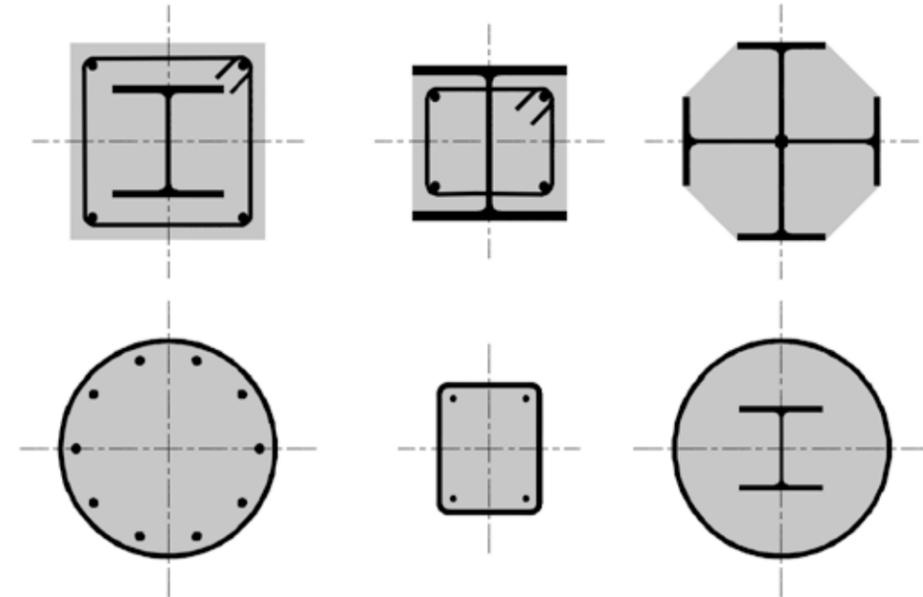


Рисунок 19  
Основные типы сечений сталежелезобетонных колонн

На начальных стадиях развития идеи использования сталежелезобетона в колоннах основной целью являлась эффективная огнезащита стальных профилей наружным слоем бетона. При этом при натурных испытаниях было определено существенное повышение прочностных и жёсткостных свойств сталежелезобетонных колонн по отношению к стальным. Это дало толчок развитию научно-исследовательской деятельности в направлении подробного анализа всевозможных решений использования сталежелезобетона в колоннах многоэтажных зданий, особенно, в проектах высотных зданий.

### Преимущества сталежелезобетонных колонн в сравнении со стальными:

- Экономия стали за счёт совместной работы стального и железобетонного сечений
- Высокая жёсткость и, соответственно, меньшая гибкость колонны, что повышает сопротивление потере устойчивости колонны
- Высокий предел огнестойкости
- Эффективная защита от коррозии

Основным стандартом проектирования сталежелезобетонных колонн в РФ является СП 266.1325800 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования.

## 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 жёсткости

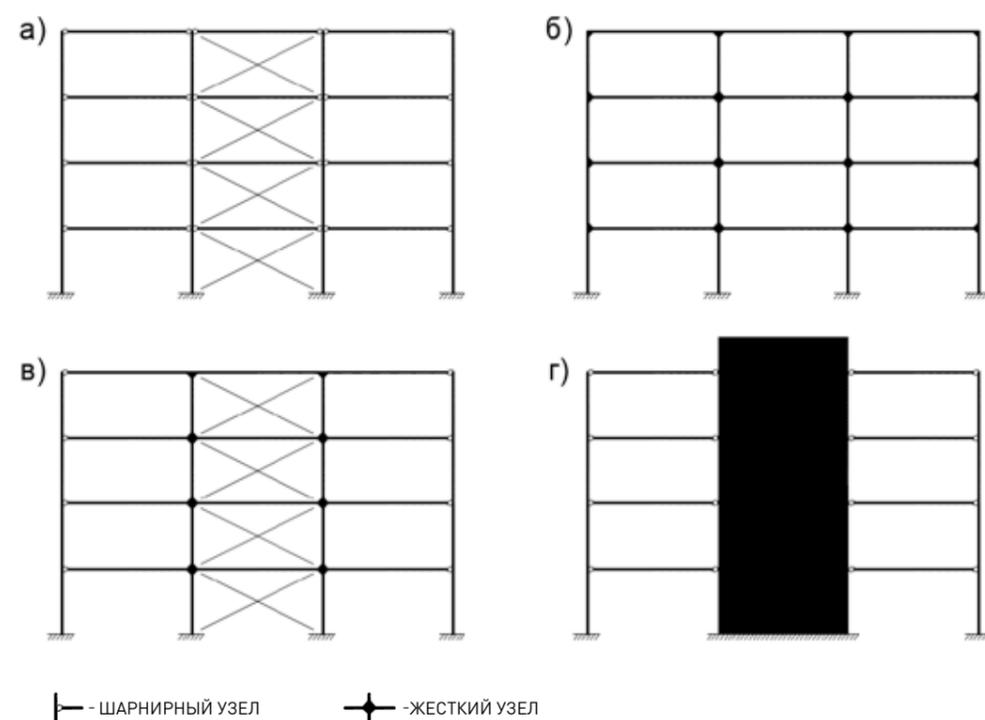


Рисунок 19

Схематичное изображение различных связевых систем.

а) связевая, б) рамная, в) рамно-связевая, г) с ядром жёсткости

Во всех многоэтажных зданиях требуется устройство одного либо нескольких лестнично-лифтовых узлов (ЛЛУ), состоящих из конструкций лестничных клеток и шахт лифтов. Как правило, это является определяющим фактором при выборе системы связей и принимается система с ядром(-ами) жёсткости.

Конструкции ЛЛУ позволяют устраивать в зданиях консольные и подвесные этажи. Как правило, ЛЛУ выполняют из железобетона, однако, существует практика и стального и сталежелезобетонного исполнения. ЛЛУ из стальных конструкций позволяет существенно ускорить процесс монтажа здания за счёт применения конструкций заводской готовности.



Рисунок 20

Ядро жёсткости, выполненное из стальных конструкций

## Огнезащита стальных конструкций

### Нормативные требования

Основные требования пожарной безопасности в части огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций для общеобразовательных зданий (класс функциональной пожарной опасности Ф4.1) изложены в СП 2.13130.2012 и СП 118.13330.2012.

Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности и наибольшую высоту зданий школ (общеобразовательных и дополнительного образования детей), учебных корпусов школ-интернатов, учреждений начального образования (Ф4.1), а также спальных корпусов школ-интернатов и интернатов при школах (Ф 1.1) следует принимать в зависимости от числа учащихся или мест в здании по таблице 1 [СП 2.13130.2012, СП 118.13330.2012]. Максимальная площадь этажа здания определяется по таблице 2 [СП 2.13130.2012].

Таблица 1

Число учащихся или мест в здании	Класс конструктивной пожарной опасности	Степень огнестойкости, не ниже	Допустимая высота здания, м (этажность)
До 270	не нормируется	не нормируется	3* (1)
	C1	III	3* (1)
До 350	C0	III	7 (2)
	C1	II	7 (2)
До 600	C0	II	11 (3)
До 1600	C1	I	11 (3)
Не норм.	C0	I	15 (4)
Спальные корпуса			
До 60	не нормируется	не нормируется	3* (1)
		IV	
До 140		IV	3* (1)
До 200		III	3* (1)
До 280		III	7 (2)
Не нормируется		I, II	15 (4)
<b>Примечание:</b>			
Для указанных зданий должна быть предусмотрена возможность установки ручных выдвижных пожарных лестниц.			
*В районах Крайнего Севера высота одноэтажного здания на свайном основании должна быть не более 5 м.			

Таблица 2

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности	Допустимая высота здания, м	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м, при числе этажей					
			1	2	3	4-5	6-9	10-16
I	C0	50	6000	5000	5000	5000	5000	2500
II	C0	50	6000	4000	4000	4000	4000	2200
II	C1	28	5000	3000	3000	2000	1200	-
III	C0	15	3000	2000	2000	1200	-	-
III	C1	12	2000	1400	1200	800	-	-
IV	C0	9	2000	1400	-	-	-	-
IV	C1	6	2000	1400	-	-	-	-
IV	C2, C3	6	1200	800	-	-	-	-
V	C1-C3	6	1200	800	-	-	-	-

**Примечание:**

1. Прочерк в таблице означает, что здание данной степени огнестойкости не может иметь указанное число этажей.
2. В зданиях IV степени огнестойкости высотой два этажа несущие элементы здания должны иметь предел огнестойкости не ниже R 45.

В зданиях и сооружениях должны применяться основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемому степени огнестойкости зданий, сооружений и классу их конструктивной пожарной опасности. Соответствие степени огнестойкости зданий и предела огнестойкости применяемых в них строительных конструкций приведено в таблице 3 [таблица 21 приложения к Федеральному закону 22.07.2008 г. №123-ФЗ].

Таблица 3

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее						
	НЕСУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЗДАНИЯ	НАРУЖНЫЕ НЕСУЩИЕ СТЕНЫ	ПЕРЕКРЫТИЯ междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				НАСТИЛЫ (в том числе с утеплителем)	ФЕРМЫ, БАЛКИ, ПРОГОНЫ	ВНУТРЕННИЕ СТЕНЫ	МАРШИ И ПЛОЩАДКИ ЛЕСТНИЦ
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется						

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

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»).

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).

На рисунках представлены наиболее типовые варианты огнезащитных покрытий.

Типовые решения огнезащиты конструкций

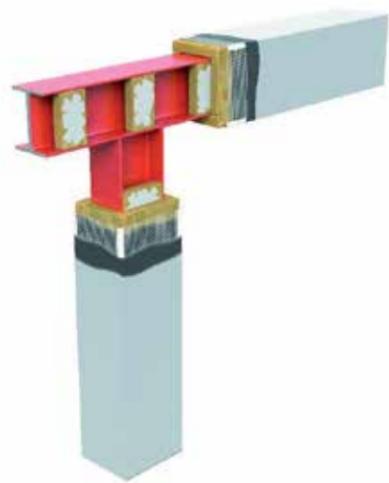


Рисунок 21  
Огнезащита минераловатными плитами



Защитно-декоративное покрытие  
Огнезащитное покрытие  
Антикоррозийное покрытие  
Защищаемая конструкция

Рисунок 22  
Двутавровая балка, покрытая вспучивающейся краской и покрывным составом

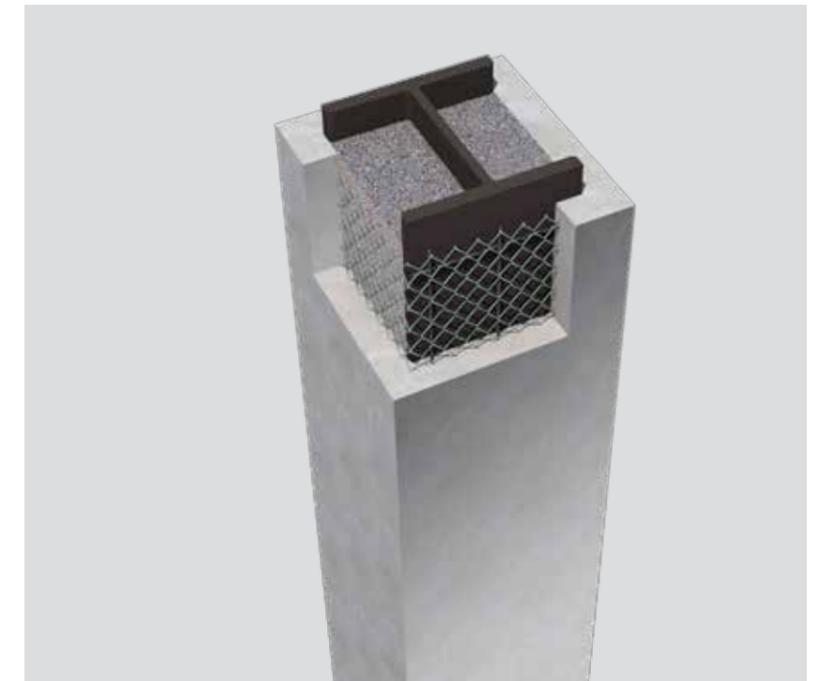


Рисунок 24  
Цементно-песчаная штукатурка

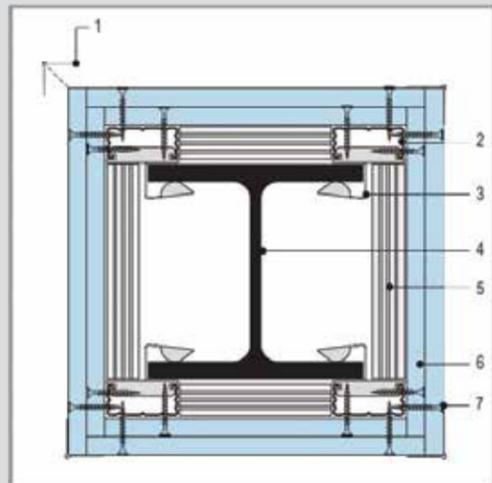


Схема каркасной облицовки стальной колонны с двухслойной обшивкой

1. КНАУФ-профиль углозащитный ПУ 31x31
2. КНАУФ-профиль ПП 60x27
3. Зажим для крепления КНАУФ-профиля ПП 60x27 к колонне
4. Стальная колонна
5. Вставка из КНАУФ-профиля ПП 60x27 на стыках панелей
6. Панель однослойная 12,5 мм
7. Винт самонарезающий (L=45)



Рисунок 23  
Решения Knauf

## Фасадные системы

Фасадные системы, используемые в многоэтажных 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 25. Основными типами фасадных систем являются:

- **Фасад из мелкоштучных материалов (кирпичная или каменная кладка, пеноблоки и т. д.).**  
В зданиях высотой до 3-х 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.



Рисунок 25  
Фасадная стена  
с тройными  
стеклопакетами

## 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 некоторую возможность вертикальной регулировки обычно за счет двух спаренных пластин с засечками на соприкасающихся поверхностях. На рисунке 26 изображены типовые детали крепления к стальным балкам, в которых кронштейны крепятся к пластине, приваренной между полками балки.

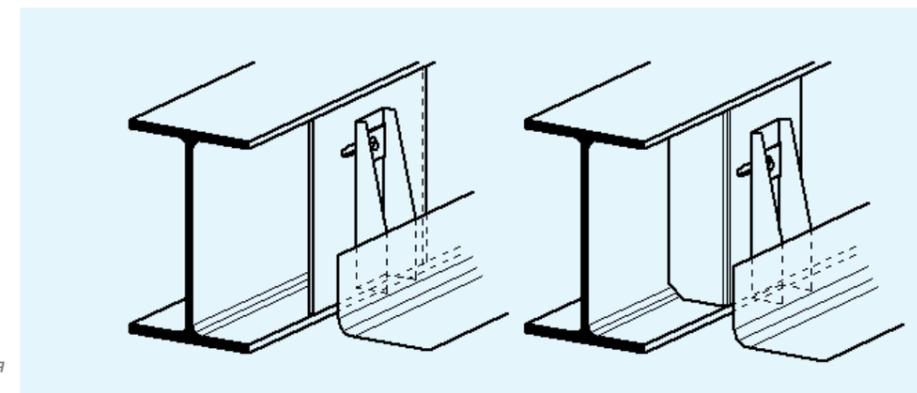


Рисунок 26  
Типовая деталь крепления  
к стальным элементам

На рисунке 27 изображены типовые детали крепления к торцу бетонной плиты. Кронштейн может устанавливаться на плиту сверху, либо может крепиться к специальным закладным профилям, замоноличенным в торец плиты.

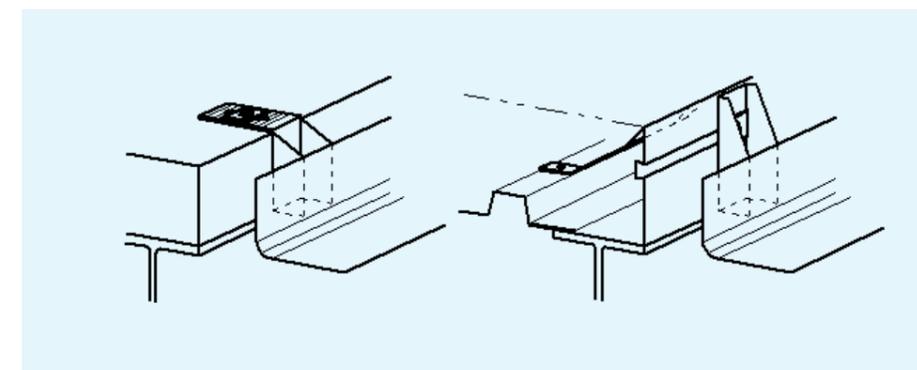


Рисунок 27  
Типовые детали  
крепления к бетонной  
плите

## Светопрозрачные фасады

Распространённым решением наружного ограждения здания со стальным каркасом является остекленный 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 фальш-пола 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 крепления 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 многоэтажных зданий, в которых изоляционный материал и облицовка крепятся к легкому стальному каркасу, как показано на рисунке 28. При условии качественной детализации 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 29.

Основным стандартом проектирования тонкостенных конструкций в РФ является СП 260.1325800.2016 Конструкции стальные тонкостенные из холоднугнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования.

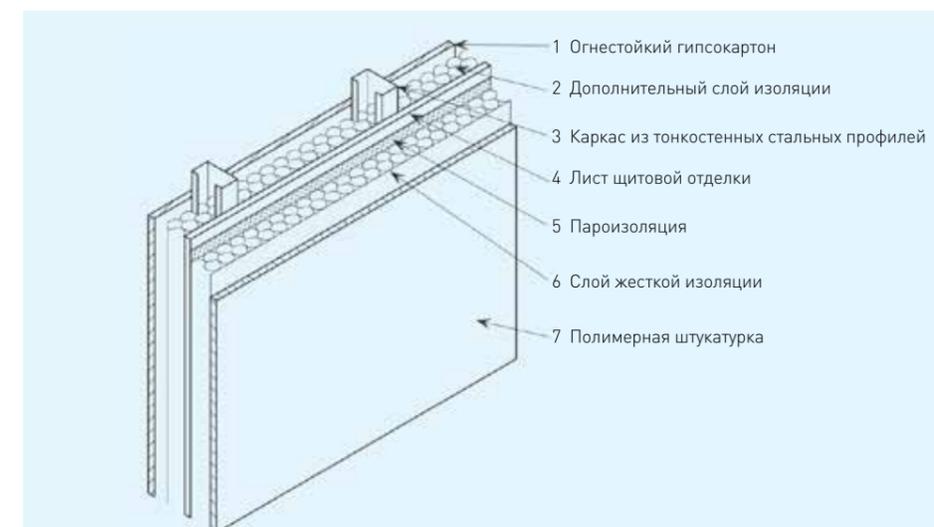


Рисунок 28  
Типовая фасадная конструкция со штукатуркой по утеплителю

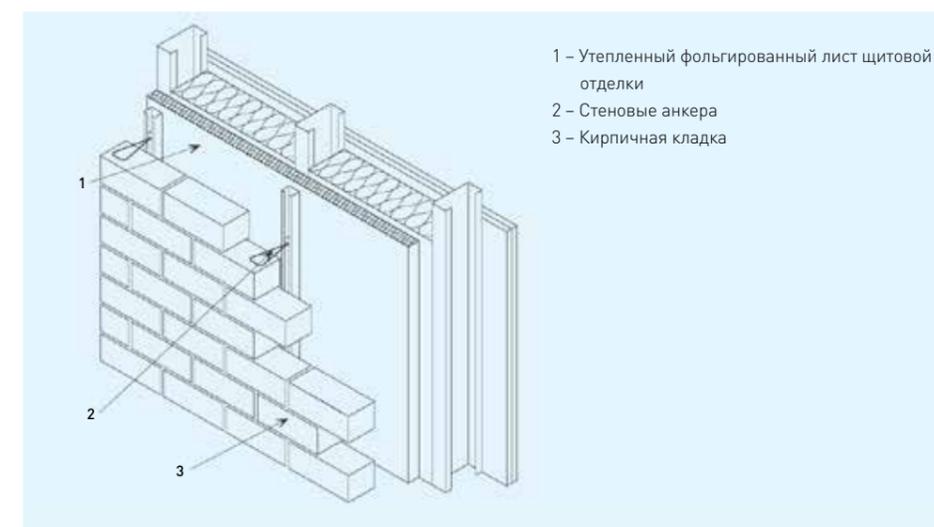


Рисунок 29  
Фасадная стена с кирпичной кладкой



## Российская и зарубежная практика строительства

### Английская Школа Мартира в Хартпуле

(фотографии предоставлены SCI, [www.steelconstruction.info](http://www.steelconstruction.info))



*Высокая скорость монтажа стального каркаса стала основной причиной выбора технологии стального строительства*

Строительство пяти новых школ на северо-востоке Англии было запланировано в соответствии с государственной программой. Фондовое агентство образования и повышения квалификации (ESFA) выбрало компанию BAM Construction в качестве генерального подрядчика первой очереди строительства школ на северо-востоке Англии. Проект четырёх средних школ со стальным каркасом предполагает строительство на площадках, на которых в настоящее время располагаются старые школьные корпуса. Пятый проект – здание начальной школы, было запроектировано модульным с применением тонкостенных стальных профилей. В соответствии с программой, две школы были запроектированы в Хартпуле и по одной в Дёрхэме, Хаутон Ле Спринге и Уикхэме (Ньюкасл).

Одним из двух проектов в Хартпуле стала Школа Мартира на западной окраине города. В апреле 2018 года BAM Construction начала работы на строительной площадке с целью завершить их в мае 2020 года. Помимо строительства здания новой школы, BAM Construction также демонтирует существующие корпуса, и построит на их месте новые спортивные площадки. Однако, два существующих здания не будут демонтированы и останутся частью нового комплекса: отдельно стоящий корпус подготовки к поступлению в университет и корпус для музыкальных занятий.

Здание новой школы запроектировано П-образным в плане, и включает в себя декоративный парк на первом этаже. Пространственная устойчивость здания обеспечивается устройством связевых блоков, скрытых в объёме перегородок и стен лестничных узлов. Общая длина здания вдоль двух крыльев составляет 81 м, ширина – 69 м.

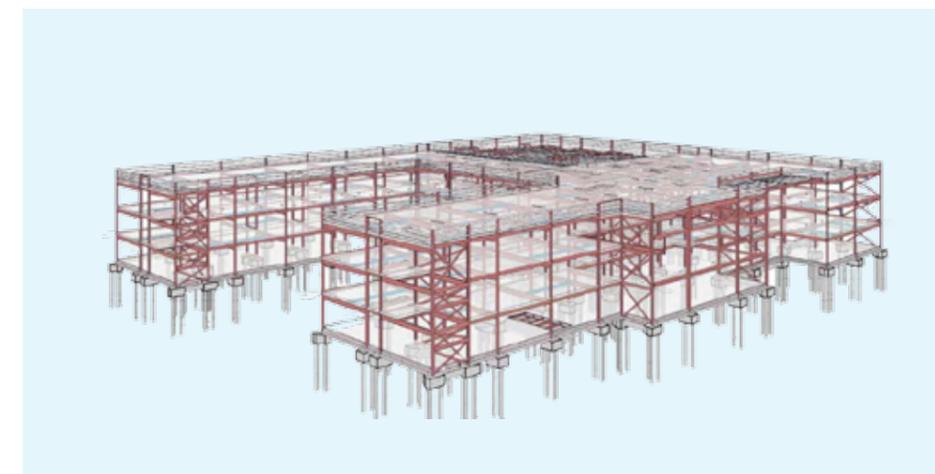
«Большинство зданий школ по заказу ESFA строятся с применением стального каркаса, так как это существенно ускоряет строительный процесс», – говорит руководитель проекта BAM Construction Джейсон Келли. «К тому же, эта технология является привычной для нашей компании, построившей достаточно зданий с похожим конструктивом».

Главный инженер BAM Construction Стюарт Хайнде соглашается: «За последние годы мы запроектировали большое количество средних школ, и в большинстве из них основные конструкции выполнены из стали. Соответственно, на всех новых проектах мы по умолчанию принимаем эту технологию за основную, что даёт нам возможность быстро выполнить следующий проект, при этом мы продолжаем оптимизировать многие наши типовые решения».

Использование стандартной практики проектирования позволяет BAM Construction использовать из проекта в проект один и тот же набор инструментов и решений. Всё это позволяет делать точные расчёты расхода строительных материалов для будущей стройки и ускоряет все зависимые от проекта операционные процессы. Возможность повторного применения реализованных ранее решений позволяет компании позиционировать себя экспертами в проектировании средних школ из-за типовых требований к функционалу помещений, при разумеющейся необходимости вносить изменения в новый проект в зависимости от местоположения объекта и архитектурного замысла.

«Помещения для учебных занятий расположены в школе в соответствии с нашим стандартным подходом – два ряда помещений, разделённых коридором в каждом крыле здания», отмечает Стюарт Хайнде. «В процессе оптимизации проектных решений мы выбрали сетку колонн 7,2 × 7,9 м, которая позволяет оптимально расставить колонны в здании». Пространство каждого помещения позволяет разместить всё необходимое оборудование, при этом, в случае необходимости, увеличить площадь помещения в будущем, перегородки можно быстро демонтировать.

Конструкции перекрытий и покрытий здания представляют собой сборные железобетонные плиты, уложенные на стальные балки основного каркаса. Такое конструктивное решение предполагает максимальную скорость монтажа конструкций, несмотря на неизбежную необходимость устройства монолитной стяжки поверх сборных плит. Подвесной потолок закрывает нижнюю поверхность плит, равно как и инженерные коммуникации, часть которых размещается под стальными балками.



*Пространственная модель каркаса здания*

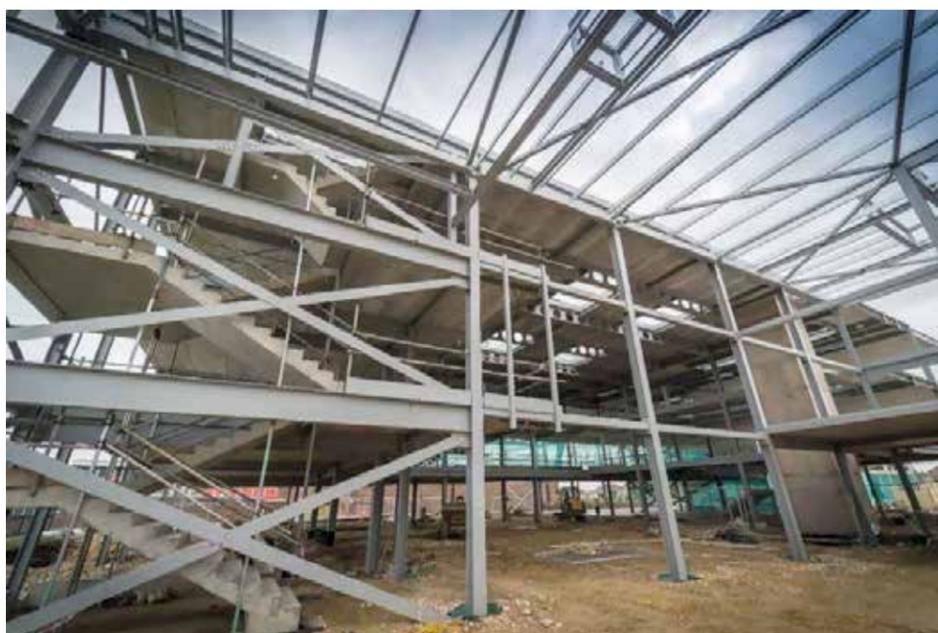
Перекрытия –  
стальные балки  
и сборные  
железобетонные  
плиты



Завершение  
строительства  
планируется на май  
2020 года



Пространственная  
устойчивость  
обеспечивается  
крестообразными  
связями



Помимо участков со стандартной сеткой колонн в здании запроектированы 3 большепролётных участка – спортивный зал и два многофункциональных помещения рядом с главным входом. Покрытие над этими помещениями запроектировано из стальных балок, покрытых стальным профилированным настилом, что считается наиболее эффективным решением для большепролётных конструкций. Стоит отметить также применение перфорированных стальных балок в конструкциях покрытия над помещениями с максимальными пролётами. Пролёт спортивного зала составляет 18,5 м, тогда как два других отмеченных помещения – 21,5 м.

Проект реализуется в соответствии с календарным планом без существенных задержек, несмотря на строительство в непосредственной близости от функционирующих корпусов школы. «Когда мы начали строить, в школе как раз начались экзамены», говорит Джейсон Келли. «Нам приходилось учитывать расписание экзаменов, периодически останавливая шумные процессы, например, такие как забивка свай».

В основании школы выполнен свайный фундамент, длина свай достигает до 17 м. После забивки всех свай на участке, на котором ранее располагались спортивные площадки, начался монтаж стальных конструкций, который должен закончиться в течение летних каникул. Производство и монтаж стальных конструкций Школы Мартира выполняет компания Harry Marsh (Engineers), которая сейчас совместно с BAM Construction работают над проектом другого образовательного учреждения в Хартпуле – Высшим колледжем науки Туннела.

<b>Архитектор</b>	Ryder
<b>Конструктор</b>	BAM Design
<b>Подрядчик по стальным конструкциям</b>	Harry Marsh (Engineers)
<b>Генеральный подрядчик</b>	BAM Construction
<b>Заказчик</b>	Фондовое агентство образования и повышения квалификации (ESFA)

## Средняя школа Берта Парк в Перте (Шотландия)

(фотографии предоставлены SCI, [www.steelconstruction.info](http://www.steelconstruction.info))



Монтаж основных конструкций здания

### Краткое описание

В посёлке Берта Парк, занимающего площадь порядка 800 акров на окраине Перта, началось строительство новой школы.

Строительство школы является частью проекта компании Springfield Properties, которая в 2016 году получила разрешение на строительство более 3000 жилых домов в этом районе в течение ближайших 30 лет. По предварительным оценкам, открытие новых коммерческих площадей, которые займут около 60 акров, и включают в себя магазины, офисы и рестораны, приведёт к созданию 2000 новых рабочих мест.

Одним из первых построенных на участке объектов станет средняя школа Берта Парк, стоимость строительства которой оценивается в 31 миллион фунтов. Вместимость школы составит 1100 учеников. Девелоперы надеются на повышение привлекательности объекта для потенциальных покупателей за счёт строительства школы на самой ранней стадии строительства всего посёлка.

«Проект этой школы отличается от остальных, указанных в Государственной программе шотландских школ, так как он реализуется не вместо существующего старого здания, а является новым объектом обслуживания постоянно растущего населения Перта», объясняет Робби Керр, представитель генерального подрядчика, компании Robertson. Отсутствие требования приспособления нового здания под существующий объект, используя тем самым площадку нового строительства, позволило авторам проекта придать зданию выразительный внешний вид.

### Основные положения при проектировании

Здание школы имеет трапециевидальную форму в плане, с основными размерами 70 м по длине и 40 м по ширине северного фасада. Ширина здания изменяется в южном направлении, сокращаясь до 20 м вдоль крайней оси. Кровля выполнена с односторонним уклоном 5 градусов от северного фасада. Таким образом, наклонная поверхность кровли создаёт переменную этажность здания, перекрывая третий этаж, и соединяясь с перекрытием второго этажа в плоскости фасада. Основные помещения третьего этажа, соответственно, занимают не всю площадь застройки, а только пять пролётов конструкции покрытия, где высота помещений достаточна для деятельности людей.

Главный вход в школу расположен в северной фасадной стене. Эта стена, как и более короткая южная, представляет собой полностью остеклённую поверхность, что создаёт контраст с двумя боковыми фасадными стенами из кирпича. «Форма здания позволяет с максимальным эффектом использовать особенности работы стального каркаса», объясняет директор архитектурного бюро NORR Кевин Купер. «Учебные помещения всех этажей располагаются вокруг большого многосветного амфитеатра – центральной общественной зоны школы».



Погодные условия не сказываются на скорости монтажа стальных конструкций

Монтаж стальных конструкций был выполнен компанией Walter Watson ещё в январе, но монтажники задержались на площадке на несколько недель для завершения остальной части своего подряда – монтажа сборных железобетонных ступеней лестниц и стального профилированного настила для перекрытий. С помощью мобильных подъёмных кранов монтаж стальных конструкций был выполнен раньше графика, несмотря на зимний период выполнения работ.

«При проектировании был выявлен целый ряд предпосылок для применения именно стальных конструкций; очевидной была необходимость быстрого монтажа, но и расположение объекта также имело существенное значение. Объект располагается на местности, где отсутствуют качественные подъездные дороги, что накладывало бы особые условия транспортировки конструкций из сборного железобетона; стальные же конструкции весят значительно меньше, и при доставке на площадку риск повредить их был гораздо ниже. К тому же, большепролётные конструкции над помещениями амфитеатра и спортивного зала (до 20м) сложно реализовать в любом другом материале», – считает Робби Керр.

Ещё до монтажа стальных конструкций генеральный подрядчик, компания Robertson, выполнила большой объём работ по перемещению грунта на площадке и устройству столбчатых фундаментов.

Помимо здания школы на площадке планируется построить здание энергоцентра (со стальным каркасом), автостоянку и спортивные площадки, включая площадку для всепогодных занятий. Среднюю школу Берта Парк введут в эксплуатацию осенью 2019 года.

#### Особенности проекта

Большинство колонн каркаса в проекте расположены в соответствии со стандартной сеткой 7,5 м x 7,5 м; в местах устройства более вместительных классов была принята сетка колонн 7,5 м x 9,0 м. Перекрытия запроектированы сталежелезобетонными – железобетонные плиты по стальному профнастилу, объединённые со стальными балками стержневыми анкерными упорами. Пространственная устойчивость обеспечивается устройством вертикальных связевых блоков, расположенных по всему зданию с регулярным шагом.

На первом этаже школы, помимо учебных классов, располагаются большой и малый спортивные залы, а также тренажёрный зал. Большой спортивный зал устраивается на высоту двух этажей с пролётом 20 м.

В центре первого этажа расположены амфитеатр, зоны отдыха и столовая, вместе образующие в здании самую большую зону со свободной планировкой помещений. Пространство над первым этажом пересекают пешеходные мостики, отделанные светопрозрачным покрытием для максимального освещения внутренних помещений естественным светом. В северной части амфитеатра располагается многоярусная трибуна для слушателей, конструкция которой сделана из сборных железобетонных плит, уложенных на лёгкий стальной каркас. Внутренняя стена за трибуной поднимается до самой кровли и отделяет трёхэтажную часть здания от двухэтажной.

#### Проектные решения

Одной из основных идей авторов проекта стала задача выполнить планировку и отделку помещений таким образом, чтобы создать максимально благоприятную среду для общения внутри всех возрастных групп как в учебных, так и в общественных зонах.

Проектными решениями в здании были обеспечены все условия для пребывания людей с ограниченными возможностями, что создаст комфортную среду для всех посетителей школы. Эта среда не только обеспечивает возможность свободного перемещения инвалидов колясок и устройства специальных туалетных комнат, но также включает меры, помогающие безопасно перемещаться в здании инвалидам по зрению и слуху. Планировка учебных классов предусматривает возможность устройства учебных мест для людей с ограниченными возможностями, а в инвентарных комнатах для них размещено специальное оборудование.

<b>Архитектор</b>	NORR
<b>Конструктор</b>	Gudsons Associates
<b>Подрядчик по стальным конструкциям</b>	Walter Watson
<b>Генеральный подрядчик</b>	Robertson
<b>Заказчик</b>	Городские власти Перта и Кинросса

Стремление достичь оптимальных показателей привело к выбору архитектурной формы здания и стальных конструкций, как наиболее эффективного решения этой формы



## Здание химических лабораторий Университета в Оксфорде

(фотографии предоставлены SCI, [www.steelconstruction.info](http://www.steelconstruction.info))



Каркас пристройки работает независимо от существующего здания

Университет Оксфорда уже более тысячи лет служит святилищем наук, являясь старейшим университетом в англоговорящем мире. Статус престижнейшего образовательного учреждения в мире обязывает университет проводить инвестиции в развитие самых передовых образовательных технологий. Одним из результатов реализации планов развития должен стать новый проект здания химических лабораторий университета.

Идея расширения существующего здания, построенного в 1960 году, возникла после заключения о необходимости увеличения учебных площадей, чему также способствовало наличие свободной площадки рядом со зданием. В настоящее время компания ISG ведёт строительство этой трёхэтажной пристройки со стальным каркасом для размещения студенческих лабораторий кафедры химических наук.

### Краткое описание

Существующее здание было построено в 1960 году с железобетонным каркасом, и выбор в пользу стали был сделан только после сравнительного анализа нескольких вариантов основных строительных материалов для каркаса пристройки. Несмотря на объединение с существующим зданием, новая конструкция работает независимо и не передаёт вертикальные нагрузки на конструкции старого корпуса. «В продольном направлении пристройка раскреплена вертикальными связями», поясняет ведущий специалист компании Four Bay Structures Тони Райт. «В поперечном направлении устойчивость конструкции обеспечивается связью с существующим зданием».

Площадь застройки имеет размеры 100 м в длину и 13 м в ширину. Нижний этаж А будет занимать полуподвальное помещение; учебные лаборатории будут находиться на этаже В, а на верхнем этаже С будет размещено технологическое оборудование и офисные помещения. Этаж А будет совмещен с нижним этажом существующего корпуса, а в совмещённом пространстве будут находиться вспомогательные помещения и склад оборудования. Лобби с остеклённым фасадом, покрытое жалюзийной крышей, разделяет здание пристройки на две части.

### Особенности проекта

Одной из первых задач ISG на площадке стало устройство котлована для подвала пристройки. Высота нижнего этажа составит 2 м, а в трёх его наружных стенах будут выполнены оконные проёмы для естественного освещения.

Сразу после забивки 10-метровых свай и выполнения ростверков Four Bay Structures приступили к монтажу стальных конструкций. Монтаж пришлось проводить в стеснённых условиях на площадке ограниченной существующим зданием и полями для игры в крикет. Тем не менее, Фор Бэй последовательно выполнили монтаж конструкций, начав с наиболее отдалённого от въезда на площадку фронта.



Главный фасад пристройки располагается со стороны поля для игры в крикет



12-метровый пролёт перекрыт перфорированными балками

Стальные колонны установлены с шагом 7,5 м x 12 м, в каркасе перекрытия были использованы перфорированные стальные балки. «На перекрытия будет приложена большая нагрузка, а перфорированные балки в таком случае являются оптимальным решением», говорит руководитель проекта из ISG, Джеймс Ховард.

Перекрытия пролётом 12 м позволяют разместить помещения со свободной планировкой на всех этажах пристройки. «Сравнительный анализ всевозможных конструктивных решений показал, что стальные конструкции наиболее эффективны для перекрытия таких больших пролётов», объясняет инженер компании AKS Ward Оливер Файсон. «Требования по высоте помещений от пола до потолка на первом этаже пристройки и необходимость провести внутренние коммуникации между старым и новым зданиями сказались на выборе стальных балок перекрытий с отверстиями в стенках, через которые будут проходить трубопроводы инженерных систем. Это решение также позволило выдержать высоты этажей пристройки такими же, как и в старом здании».

#### Проектные решения

Ряд стальных колонн вдоль существующего здания позволит исключить передачу вертикальной нагрузки с нового здания на существующее и устроить пешеходный коридор вдоль зданий.

Все перекрытия пристройки сталежелезобетонные, с использованием стального профилированного листа в качестве опалубки. Подобный стальной лист также будет использоваться в конструкции кровли. Для придания зданию большей выразительности архитекторы запроектировали необычный «вогнутый» фасад. Консольные балки длиной 3,5 м будут поддерживать ограждение этого фасада на уровне кровли.

Для университета Оксфорда важной целью стало достижение высоких показателей так называемого устойчивого развития здания. ISG рассчитывает получить наивысший рейтинг по системе BREEAM за реализацию проекта здания химических лабораторий в Оксфорде. Меры по обеспечению энергоэффективности здания включают установку на кровле фотогальванических панелей для защиты от солнечной радиации, современного оборудования для регенерации тепла в здании, подключённого к теплоэнергетическому узлу университета.

Завершение строительства пристройки планируется в апреле 2018 года.

Архитектор	FJMT
Конструктор	AKS Ward
Подрядчик по стальным конструкциям	Four Bay Structures
Генеральный подрядчик	ISG
Заказчик	Университет Оксфорда



Конструкция пристройки соединяется с существующим зданием болтовыми узлами

## Дальневосточный Федеральный Университет (остров Русский, РФ)



Полуостров Саперный  
острова Русский  
Владивостокского  
городского округа

Конструктивные решения на стальном каркасе в жилых и общественных зданиях впервые в России были применены при строительстве Дальневосточного Федерального Университета (ДФУ) на полуострове Саперный острова Русский Владивостокского городского округа (Годы разработки – 2009–2010. Годы реализации – 2009–2012). На территории площадью 200 га возведено около 500 тыс. кв.м. недвижимости.



Дальневосточный Федеральный  
Университет (ДФУ)

## Краткое описание

Ведущими научно-проектными институтами, такими как ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и ЦНИИЭП жилища, были запроектированы здания комплекса с различной сложной в плане формой, переменной этажностью. Сложные планировочные решения при пролетах от 3,3 до 40 метров, которые практически невозможно выполнить в монолитных железобетонных конструкциях, были выполнены унифицированными конструкциями и типовыми узлами. Сейсмичность площадки строительства варьируется от 6 до 7 баллов, в соответствии с микросейсморайонированием территории. Основания зданий относятся ко всем трем категориям грунтов (в соответствии с классификацией СП 14 «Строительство в сейсмических районах»), что обусловлено сложными геологическими условиями территории строительства.

## Особенности проекта

Одиннадцать общежитий комплекса рассчитаны на проживание 11000 студентов и преподавателей. Сетка колонн зданий общежитий комплекса – 3,6x5,4 м и 3,6x7,8 м, высота этажа составляет 3 метра. Архитектурные и объемно-планировочные решения оптимизированы таким образом, что здания своим интерьером и экстерьером ничем не отличаются от зданий, возведенных с использованием традиционных конструктивных материалов.

## Огнезащита

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

**Проектные решения**

Здание отличается оригинальной архитектурной формой и, вследствие этого, сложностью принятия конструктивных решений, а именно: передача нагрузки от грунта на каркас через подпорную стену высотой около 25 м, выполнение витражного фасада высотой ~ 54 м со сплошным остеклением, конструктивное решение многосветного трехуровневого атриума с эксплуатируемыми перекрытиями пролетом до 40 м, структурная система покрытия сложной формы пролетом до 40 м с консолями до 8 м.

<b>Архитектор</b>	Архитектурная мастерская Агаларова / ЦНИИЭП жилища
<b>Конструктор</b>	ЦНИИЭП жилища / ЦНИИСК им. Кучеренко
<b>Генеральный подрядчик</b>	ЗАО «Крокус Интернэшнл»
<b>Заказчик</b>	Дальневосточная дирекция Минрегиона



Витражный фасад на здании Дальневосточного Федерального Университета

## Развитие Президентского кадетского корпуса в г. Кызыл для дополнительного обучения кадетов и воспитанниц



Новый корпус Президентского кадетского училища

Новый корпус Президентского кадетского училища, построенный в южном микрорайоне Кызыла, привлекает внимание необычным строением с элементами буддийской архитектуры, и удачно дополняет современный облик тувинской столицы. Срок реализации проекта – 2015 – 2017 года.

Президентский кадетский корпус занимает территорию площадью 21,68 га. Сейсмичность площадки строительства составляет 7 баллов в соответствии с микросейсморайонированием территории.

Президентский Кадетский корпус в г. Кызыл предназначен для ведения образовательной, воспитательной деятельности; размещения, проживания, питания и организации досуга воспитанников; обеспечения учащихся (вещевое, медицинское, морально-психологическое и т.п.); размещения должностных лиц учебного заведения на оборудованных рабочих местах.



Здание учебного корпуса выполнено в виде каре

#### Особенности проекта

Здание учебного корпуса запроектировано одним объёмом. Принятая концепция – строгость форм, отражающая функциональное значение объекта, ясность пространственного решения, мягкость цветов и локализм внешней отделки. Так же при проектировании и строительстве были учтены не только национальные особенности тувинцев, но и личное мнение Главы Республики. Шолбан Кара-оол собственноручно нарисовал шесть пагод, разместив их по периметру крыши. Здание учебного корпуса тувинского училища на языке архитекторов называется каре. Это шестиугольник с внутренней открытой площадью и двумя арками.

#### Описание проекта

Для обеспечения жизнедеятельности и организации учебного процесса президентского кадетского училища выполнены:

- учебный блок, состоящий из пяти блоков:
  1. Спальный блок, состоящий из 2 спальных блоков (секций) (3 этажа) на 168 мальчиков с жилыми комнатами на 2 места, административно-хозяйственными и бытовыми помещениями;
  2. Учебный блок (3 этажа);
  3. Спальный блок, состоящий из 1 спального блока (секции) (3 этажа) на 80 девочек с жилыми комнатами на 2 места каждая, административно-хозяйственными и бытовыми помещениями;
  4. Столовая закрытого типа на 286 посадочных мест;
  5. Спортивный блок - универсальный спортивный зал;
- гараж для размещения 8 автомобилей;
- тир для стрельбы из лука (2 этажа);
- здание многофункционального спортивного комплекса с ледовой ареной (2 этажа);



Конструктивная схема зданий представляет собой рамно-связный каркас

**Проектные решения**

У конструкции есть тайный и явный смысл. В Туве резко континентальный климат. Зима холодная, безветренная, и длится с ноября по апрель. Температура порой достигает  $-45$  градусов. Лето сухое, с палящим солнцем, которое прогревает воздух до  $+40$ . Именно поэтому замкнутый многоугольник – лучшее решение. В сильный мороз кадеты могут жить, учиться и даже заниматься спортом, не выходя на улицу, передвигаясь между корпусами по предусмотренным тёплым переходам.

Конструктивная схема зданий представляет собой рамно-связный каркас. Несущими конструкциями здания являются металлические рамы, образованные колоннами и балками, вертикальные связи, горизонтальные связи, прогоны. Колонны выполнены металлическими с двутавровым сечением.

Каркасы зданий горизонтально вытянуты в плане, состоят из независимых блоков, разделённых сейсмическими швами. Схема каждого блока рамно-связевая с продольным расположением рам, поперечным расположением вертикальных связей, системой шарнирно опертых второстепенных балок перекрытий, шарнирно опертых второстепенных балок покрытия и шарнирно опертых прогонов. Наружные стены выполнены из газобетонных блоков толщиной 300 мм с наружным минераловатным утеплителем. Междуетажные перекрытия – монолитные железобетонные толщиной 130 мм по профилированному настилу.

**Огнезащита**

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

Президентское кадетское училище



<b>Подрядчик по стальным конструкциям</b>	АО «ГУОВ»
<b>Генеральный подрядчик</b>	АО «ГУОВ»
<b>Заказчик</b>	Министерство обороны Российской Федерации

## ЗДАНИЯ ШКОЛ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

Методическое пособие

**Издание подготовили:**

Инженерный центр Ассоциации развития стального строительства.

**Верстка:**

ООО «АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН»

Подписано в печать . .2019. Формат печатного листа 480\*330/2. Усл.печ.л. .

Заказ № . Бумага мелованная матовая, гарнитура DINPro.

Допечатная подготовка макета ООО «АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН». Тираж: экз.

ООО «АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН», Москва, 2-й Кожевнический пер., д. 12, стр. 2

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

© Ассоциация развития стального строительства, 2019 г., Москва, ул. Остоженка, д. 19 стр. 1.

ISBN 978-5-6040878-9-3



9 785604 087893

Москва – 2019

УДК  
ББК



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)