

Технический документ МСРМА № 13  
Публикация SCI P300

ИСПРАВЛЕННОЕ И  
ДОПОЛНЕННОЕ ИЗДАНИЕ

# КОМБИНИРОВАННЫЕ БАЛКИ И ПЕРЕКРЫТИЯ ПО ПРОФНАСТИЛУ: ПЕРЕДОВАЯ ПРАКТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МОНТАЖА

АРСС

Ассоциация развития  
стального строительства



Институт стальных конструкций (SCI) является ведущим независимым экспертом, предлагающим услуги на основе технических знаний и опыта. Институт делится лучшими практическими методами работы в области стального строительства. В партнерстве с заказчиками, членами организации и коллегами в отрасли мы помогаем создавать бизнес и обеспечивать конкурентные преимущества за счет применения наших знаний в коммерческой сфере. Мы находим решения, отвечающие принципам устойчивого развития и экологической ответственности, а также содействуем их продвижению.

Мы предлагаем услуги по следующим пяти направлениям.

#### **Членство**

- Индивидуальное и корпоративное членство
- Техническая информация
- Курсы и образовательные программы
- Публикации
- Интерактивные справочные пособия
- Нормы и стандарты

#### **Решения в области монтажа**

- Экоустойчивость
- Разработка продукции
- Исследования
- Технические решения

#### **Коммуникационные технологии**

- Веб-сайты
- Сообщества
- Средства проектирования

#### **Аттестация**

- Аттестация Институтом стальных конструкций

Институт стальных конструкций (SCI)  
Silwood Park, Ascot, Berkshire, SL5 7QN  
Тел.: +44 (0) 1344 636525  
Факс: +44 (0) 1344 636570  
Эл. почта: [membership@steel-sci.com](mailto:membership@steel-sci.com)  
Веб-сайт: <http://www.steel-sci.org>



Ассоциация производителей металлических панелей и кровельных материалов (MCRMA) объединяет ведущих производителей в индустрии металлического кровельного материала и панелей. Ассоциация стремится оказывать содействие заказчикам и конечным пользователям и помогать им лучше понять, как наиболее эффективно использовать строительную продукцию, элементы и конструкции из металла.

Со дня своего создания MCRMA является ведущим представителем отрасли и тесно сотрудничает с различными отраслевыми организациями и комитетами по стандартизации с целью постоянного соблюдения передовых практических рекомендаций. Деятельность ассоциации, направленная на повышение уровня технических знаний, нашла свое отражение в серии общепринятых и широко используемых руководств по техническому проектированию. Эти руководства представлены в свободном доступе на сайте MCRMA, обеспечивая максимальное распространение рекомендуемой передовой практики.

Благодаря экологичности и надежности металла, а также новейшим разработкам в области цветовых и геометрических решений металлические конструкции все чаще применяются в строительстве. MCRMA стремится быть в авангарде новейших разработок в сфере технологий строительства с использованием металлоконструкций и в дальнейшем оказывать поддержку заказчикам при создании оригинальных и инновационных проектов в области строительства, предлагающих экономичные и экологичные решения на благо будущих поколений.

The Metal Cladding And Roofing Manufacturers Association Limited (Общество с ограниченной ответственностью «Ассоциация производителей металлических панелей и кровельных материалов»)

18 Mere Farm Road, г. Прентон, р-н Виррал, гр. Чешир SN43 9TT  
Тел.: +44 (0) 151 652 3846  
Факс: + 44 (0) 151 653 4080  
[www.mcrma.co.uk](http://www.mcrma.co.uk)

# Комбинированные балки и перекрытия по профнастилу: передовая практика проектирования и монтажа (исправленное и дополненное издание)

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

**Г. Х. Каучман.** Магистр, доктор философии (PhD), дипломированный инженер (CEng) участник Института гражданских инженеров (MICE)

**С. Дж. Хикс.** Инженер-строитель (B Eng), доктор философии (PhD) (Cantab)

Публикация:

**Ассоциация производителей металлических панелей и кровельных материалов**  
*совместно с*

**Институтом стальных конструкций (SCI)**

© 2009. Институт стальных конструкций совместно с Ассоциацией производителей металлических панелей и кровельных материалов.

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

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

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

Издания, реализуемые участникам Института на льготных условиях, не предназначены для перепродажи.

Номер публикации: технический документ MCRMA № 13; публикация Института стальных конструкций (SCI) P300. Исправленное и дополненное издание.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТНЫЙ КНИЖНЫЙ НОМЕР (ISBN): 978-1-85942-184-0

Запись каталога о данной публикации имеется в Британской библиотеке.

# ВСТУПЛЕНИЕ

Комбинированные конструкции широко используются в строительстве благодаря сочетанию высоких прочностных характеристик конструкции и скорости монтажа, что позволяет предложить экономичные конструктивные решения для самых разных типов зданий. Сфера применения комбинированных конструкций включает в себя коммерческие, промышленные и жилые здания.

В настоящем руководстве описывается проектирование и монтаж комбинированных перекрытий и балок, а также приведены практические рекомендации для проведения указанных работ. Настоящий документ является дополненной версией руководства MCRMA/SCI от 2000 года. В обновленную версию были включены самые актуальные практические рекомендации, а также информация о проектировании в соответствии с европейскими стандартами по строительству (Еврокодами). Также была исключена большая часть более ранних практических рекомендаций по устройству настилов по причине их включения в отдельные документы BCSA: «Руководство по монтажу глубокого настила, публикация № 44/07» и «Практическое руководство по устройству металлических настилов и приварке стоек, публикация № 37/04».

Рекомендации по проектированию и конструированию систем перекрытий *Slimdek* приведены в отдельной части руководства ввиду их значительного отличия от более «традиционных» конструкций из комбинированных балок и перекрытий.

В качестве основных авторов данной публикации выступают д-р Дж. В. Рэхэм, д-р Г. Х. Каучман и д-р С. Дж. Хикс (Институт стальных конструкций). Авторы были частью группы взаимодействия, ответственной за содержание публикации, в которую также входили следующие участники:

- |                      |                                   |
|----------------------|-----------------------------------|
| – г-н А. Дж. Шеперд  | Richard Lees Steel Decking Ltd;   |
| – г-н Дж. Тернер     | Structural Metal Decks Ltd;       |
| – г-н А. Воллворк    | Corus Panels and Profiles Ltd;    |
| – г-н Д. Ст. Куинтон | Kingspan Structural Products Ltd; |
| – г-н Д. Маллет      | Studwelders Ltd;                  |
| – г-н Д. Э. Симпсон  | The Concrete Society.             |

Дополнительную информацию предоставили д-р У. И. Симмс и г-н А. Уэй (Институт стальных конструкций).

Настоящее руководство подготовлено при финансовой поддержке и по заказу Ассоциации производителей металлических панелей и кровельных материалов (MCRMA).

Данный документ предоставлен  
компанией Kingspan Structural Products,  
производящей стальные настилы  
MultiDeck.



# ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |            |
|--|------------|
| <b>ВСТУПЛЕНИЕ</b> .....  | <b>3</b>   |
| <b>СВОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> .....  | <b>5</b>   |
| <b>1 ВВЕДЕНИЕ</b> .....  | <b>6</b>   |
| 1.1 Преимущества использования комбинированных конструкций.....              | 7          |
| 1.2 Сфера применения .....   | 8          |
| 1.3 Цели публикации.....   | 8          |
| <b>2 ПРОЕКТНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ГРУППА</b> .....                                  | <b>9</b>   |
| 2.1 Участники проекта.....   | 9          |
| 2.2 Распределение обязанностей при проектировании и выполнении монтажа ..... | 10         |
| 2.3 Порядок проектирования и монтажа .....                                   | 12         |
| <b>3 ОБМЕН ДАННЫМИ</b> .....   | <b>15</b>  |
| 3.1 Этап проектирования.....   | 15         |
| 3.2 Этап монтажа.....  | 16         |
| <b>4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСТИЛА И ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ</b> .....                      | <b>20</b>  |
| 4.1 Стальной настил .....  | 20         |
| 4.2 Комбинированные плиты перекрытий .....                                   | 31         |
| 4.3 Звукоизоляция .....  | 53         |
| 4.4 Охрана труда и промышленная безопасность.....                            | 54         |
| 4.5 Дополнительная информация.....   | 57         |
| <b>5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БАЛОК</b> .....                          | <b>59</b>  |
| 5.1 Этап монтажа.....  | 60         |
| 5.2 Проектирование .....   | 61         |
| 5.3 Соединение плит с балками .....  | 68         |
| 5.4 Дополнительная информация.....   | 77         |
| <b>6 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ</b> .....   | <b>80</b>  |
| 6.1 Поставка бетона.....   | 80         |
| 6.2 Укладка бетона.....  | 81         |
| 6.3 Нагрузки на настил на этапах бетонирования и эксплуатации .....          | 86         |
| 6.4 Дополнительная информация.....   | 87         |
| <b>7 ПЕРЕКРЫТИЯ Пониженного Профиля</b> .....                                | <b>90</b>  |
| 7.1 Введение.....  | 90         |
| 7.2 Проектирование.....  | 93         |
| 7.3 Практика выполнения строительных работ .....                             | 105        |
| 7.4 Дополнительная информация.....   | 108        |
| <b>8 ИСТОЧНИКИ</b> .....   | <b>110</b> |

# СВОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящем руководстве рассматриваются вопросы проектирования и конструирования комбинированных перекрытий, при этом особое внимание уделяется современной строительной практике. В документе описаны преимущества комбинированных конструкций и наиболее распространенная область их применения. Как следствие, определены роли и обязанности сторон, участвующих в процессе проектирования и монтажа. Также в документе определены требования к обмену информацией в процессе проектирования и монтажа.

Руководство содержит подробное описание проектирования комбинированных перекрытий и балок в соответствии с европейскими стандартами по строительству (Еврокодами) и Британским стандартом BS 5950. Помимо общих вопросов, касающихся предельной несущей способности и предельного состояния по эксплуатационной пригодности, в документе также рассматриваются практические вопросы, относящиеся к проектированию, такие как устройство отверстий в плитах перекрытий, узлы опирания, меры противопожарной защиты и устройство закладных деталей в плитах перекрытий. Приведены рекомендации по звукоизоляционным характеристикам типовых комбинированных перекрытий. Обязанности проектировщиков определены в соответствии с «Правилами планирования и управления строительством» (CDM Regulations).

Рассмотрено практическое применение конструкций *SlimdDek* как пример использования глубокого настила и двутавровых балок несимметричного сечения. Проиллюстрированы типовые узлы конструкции, приведены указания по устройству отверстий в балках и плитах перекрытий.

# 1 ВВЕДЕНИЕ

Конструкция комбинированных плит перекрытий включает в себя стальной настил и железобетонную плиту, выполняемую на строительной площадке. Настил выступает в качестве несъемной опалубки, а также может быть использован в качестве внешней арматуры плиты. По мере набора прочности бетоном элементы конструкции образуют систему, называемую комбинированной конструкцией.

В сочетании с перекрытиями применяются комбинированные балки. Как правило, это горячекатаные или сварные стальные профили. Объединение указанных элементов в комбинированную конструкцию обеспечивается путем установки анкерных упоров, работающих на сдвиг. Указанные анкерные упоры обычно выполняются в виде стержневых анкеров. Согласно стандартной практике, принятой в Великобритании, анкерные упоры приваривают к балкам сквозь настил до укладки бетонной смеси. За счет применения анкерных упоров, между балкой и бетоном возникает сдвиговое соединение в продольном направлении балки, а балка и бетон образуют комбинированную конструкцию.

Сфера применения комбинированных перекрытий и балок (в сочетании с колоннами стального каркаса): здания торгового, промышленного назначения, объекты досуга и здравоохранения, а также жилые здания. Выбор в пользу комбинированных перекрытий и балок обусловлен высокой скоростью монтажа и экономичностью конструктивных решений. Помимо стального каркаса, в качестве опоры для комбинированных перекрытий также могут выступать кирпичная кладка или железобетонные стены (балки).

Пример раскладки настила при устройстве комбинированного перекрытия изображен на рис. 1.1. Места расположения комбинированных балок можно определить по рядам анкерных упоров.



**Рис. 1.1.** Пример устройства комбинированного перекрытия.  
В данном примере настил опирается на стальной каркас

## 1.1 Преимущества использования комбинированных конструкций

В строительной индустрии Великобритании применение комбинированных перекрытий в значительной мере способствовало широкому распространению зданий торгового назначения со стальным каркасом. Можно выделить следующие преимущества использования комбинированных конструкций.

### *Высокая скорость монтажа*

Обеспечивается за счет возможности пакетного складирования настила на конструкции каркаса при помощи крана с последующей раскладкой отдельных листов вручную. Данная методика позволяет свести к минимуму использование крана и обеспечить скорость монтажа более 400 м<sup>2</sup> в день силами одной бригады, в зависимости от формы и размера площади пятна застройки. При этом настил может выполнять функцию монтажной площадки, что позволяет сократить продолжительность монтажа и приступить к последующим работам в более ранние сроки. Заливка бетоном больших участков плиты обеспечивается в сжатые сроки ввиду минимального количества стержневой арматуры. Процесс бетонирования происходит практически непрерывно. Применение фибробетона позволяет добиться еще более быстрого монтажа, а значит, сократить сроки строительства.

### *Безопасный процесс строительства*

Настил не только выполняет функции надежной монтажной площадки, но и защищает рабочих от возможного падения предметов, выступая в качестве навеса.

### *Снижение веса конструкции*

Комбинированные перекрытия обладают гораздо большей жесткостью и прочностью, чем другие системы перекрытий, при меньшем весе и размере несущих конструкций, а значит и меньших размерах фундамента.

### *Снижение затрат на транспортировку*

Настил обладает небольшим весом и поставляется в упаковках с плотно уложенными в пакеты листами. В среднем один грузовой автомобиль способен вместить более 1000 м<sup>2</sup> настила. Это позволяет сократить количество перевозок по сравнению с другими видами конструкций.

### *Обеспечение устойчивости*

Настил способен обеспечивать надежное раскрепление балок каркаса при условии надежного крепления настила, рассчитанного на монтажную нагрузку. Также настил может быть спроектирован как горизонтальная связь жесткости перекрытия для перераспределения ветровых нагрузок на этапе монтажа, а комбинированное перекрытие может выступать в качестве связи жесткости на этапе эксплуатации здания. Конструкция перекрытия обладает высокой прочностью благодаря совместной работе настила, арматуры, бетона и конструкцией каркаса.

### *Снижение габаритов конструкций*

Благодаря высокой изгибной жесткости комбинированных балок толщина комбинированных перекрытий как правило меньше, чем у конструкций без объединения балок с плитами в единую систему. В зданиях с комбинированными перекрытиями при меньшей высоте этажа обеспечивается возможность для размещения инженерных сетей в межбалочном пространстве перекрытий. Это также позволяет увеличить этажность здания в пределах требуемой общей высоты здания. Это особенно актуально для конструкций с перекрытиями малой толщины, в которых высота балки не превышает высоту плиты перекрытия (см. раздел 7).

### *Экоустойчивость*

Сталь обладает способностью к многократной переработке без снижения ее свойств. Поэтому комбинированные конструкции на основе стального каркаса являются экологи-

чески рациональным решением. Экоустойчивость — важный критерий, которым руководствуются заказчики. Продукция из стали отвечает этому критерию, поскольку не менее 94 % стальных конструкций подлежат повторному использованию или переработке после сноса здания. Более подробная информация об экоустойчивости конструктивных систем комбинированных перекрытий содержится в документе «Конструктивные системы комбинированных перекрытий: экоустойчивые решения в строительстве»<sup>[1]</sup>.

### Удобство размещения инженерных сетей

Профиль настила имеет очертание «ласточкин хвост», позволяющее подвешивать кабельные лотки и трубы при помощи специальных фиксаторов. Это облегчает прокладывание инженерных сетей, таких как электрические сети, телефонные линии и кабели сетей передачи информации. Фиксаторы также упрощают монтаж подвесных потолков и вентиляционного оборудования (см. раздел 4.2.8).

Перечисленные преимущества (более подробное описание приводится в публикации Института стальных конструкций «Оптимальные решения для стальных конструкций: комбинированные перекрытия»<sup>[2]</sup>) в большинстве случаев позволяют снизить затраты по сравнению с другими видами перекрытий. Согласно публикации Института стальных конструкций «Сравнительный анализ стоимости основного несущего каркаса современных многофункциональных общественных зданий»<sup>[3]</sup> проектные решения с применением комбинированных конструкций связаны с меньшими затратами, чем при использовании альтернатив из стали и бетона. Это применимо как к типовым четырехэтажным общественным зданиям, так и к элитным восьмиэтажным общественным зданиям с атриумом.

## 1.2 Сфера применения

Согласно устоявшейся практике, комбинированные перекрытия наиболее часто применяются при строительстве общественных зданий со стальным каркасом. При этом комбинированные перекрытия также применяются для строительства следующих типов зданий.

- Здания торгового назначения.
- Здания промышленного назначения и склады.
- Объекты досуга.
- Стадионы.
- Больницы.
- Школы.
- Кинотеатры.
- Жилые дома: частные и многоквартирные.
- Проекты реконструкции зданий.

## 1.3 Цели публикации

Настоящая публикация содержит указания по проектированию и монтажу комбинированных плит перекрытий и комбинированных балок. Она включает в себя полезную информацию для широкого круга читателей, занятых в сфере проектирования и строительства зданий. Также в настоящем документе приведены указания по назначению ответственности сторон, осуществляющих проектирование и монтаж, и требования организации взаимодействия между сторонами.

Основной целью указаний по проектированию, приведенных в данной публикации, является решение задач, возникающих в процессе проектирования и строительства указанных конструкций. Для получения подробных указаний по решению указанных задач читатель может обратиться к другим источникам, в том числе к Британским стандартам и Еврокодам.

## 2 ПРОЕКТНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ГРУППА

В настоящем разделе описываются обязанности участников проектирования и строительства здания с использованием комбинированных конструкций. При этом распределение обязанностей в каждом конкретном случае зависит от специфики конкретного проекта, с которой все участники должны быть заранее ознакомлены.

Согласно основополагающему требованию «Правил планирования и управления строительством»<sup>[4]</sup>, организация, на которую возлагается обязанность по проектированию, планированию и подготовительным работам, в соответствии с упомянутыми «Правилами», обязано осуществлять оценку рисков безопасности строительного процесса на всех этапах реализации проекта.

Аналогичное требование относится и к обязанностям на этапе строительства: *«Лицо, на которое возлагается обязанность на этапе строительства, в соответствии с настоящими положениями, обязано обеспечивать, насколько это практически достижимо, соблюдение правил безопасности проведения строительных работ»*. Указания по вопросам, связанным с обязанностями каждой из сторон в соответствии с «Правилами планирования и управления строительством», перечислены в справочных материалах, п. 5.

### 2.1 Участники проекта

С учетом специфики отдельных договоров подряда, для обозначения основных участвующих сторон принята следующая общая терминология.

**Заказчик** — лицо (организация), приобретающее здание у стороны, поставляющей строительные материалы и осуществляющей строительство.

**Архитектурный подрядчик** — лицо (организация), ответственное за интеграцию инженерных решений в проект здания или сооружения, и, в частности, за функциональность и эстетику здания.

**Инженер-проектировщик** — лицо (организация), ответственное за конструктивные разделы проектирования объектов капитального строительства. В качестве инженера-проектировщика может выступать консалтинговая компания, подрядчик по проектированию и строительству, субподрядчик по производству стальных конструкций и т. д. Часто инженер-проектировщик делегирует часть ответственности за проектирование. Например, консалтинговая компания может делегировать часть работ по проектированию производителю профилированных настилов. В этом случае производитель является субподрядным проектировщиком и несет ответственность за назначение характеристик профилированного настила. Также он может быть ответственным за проектирование плит перекрытий. В таких случаях необходимо заранее предусмотреть порядок обмена проектной документацией между проектировщиком и производителем.

**Субподрядный проектировщик** — лицо (организация), обладающее специальными техническими знаниями, которому делегируется часть работ по проектированию, выполняемых основным инженером-проектировщиком. В этом случае субподрядному проектировщику должна быть предоставлена исходная проектно-конструкторская документация, например, расчетные нагрузки на комбинированные плиты перекрытий.

**Генеральный подрядчик** — организация, ответственная за строительство объектов капитального строительства и всех связанных с ними временных конструкций.

**Координатор планирования и управления строительством** — лицо, на которое возлагаются обязательства в отношении вопросов обеспечения безопасности, связанных с проектированием. Данные вопросы определены в «Правилах планирования и управления строительством» (см. раздел 2.2 «Безопасность»).

## 2.2 Распределение обязанностей при проектировании и выполнении монтажа

### *Конструкции перекрытия*

Решение конструкции перекрытия и разработка схемы расположения балок и колонн входит в объем работ архитектурного подрядчика и инженера-проектировщика. В компетенции архитектурного подрядчика входят объемно-планировочные решения здания, например, расположение колонн, строительная высота перекрытий и внешний вид поверхности плит, открытых для обзора.

Инженер-проектировщик определяет нагрузки, которые необходимо учесть при проектировании конструкций, в зависимости от типа помещений, указанного архитектурным подрядчиком/заказчиком. Для определения отдельных видов нагрузок, например, нагрузок от инженерных сетей, может потребоваться участие специалистов смежных отделов. На инженера-проектировщика также возлагаются обязанности по эскизному проектированию с целью разработки решений по выбору балок и плит перекрытий в соответствии с имеющимися параметрами пролетов согласно требованиям архитектурного подрядчика.

### *Комбинированные балки*

Рабочее проектирование металлоконструкций комбинированных балок (раздел 5) входит в обязанности инженера-проектировщика, который должен учитывать взаимосвязь процессов проектирования балок и плит перекрытий, в том числе профилированного настила и стержневой арматуры. При проектировании комбинированных балок необходимо учитывать расчетные варианты нагружения на этапе монтажа.

Для получения практических рекомендаций по размещению анкерных упоров, может потребоваться консультация с производителем профилированного настила. Тем не менее за окончательный выбор типа и необходимого количества анкерных упоров, отвечает инженер-проектировщик.

При принятии решения о конструкции комбинированных балок инженер-проектировщик должен учитывать существующие практические рекомендации, такие как требования к доступности сварочного оборудования для приварки упоров (см. раздел 5.3.1) и требования к минимальной ширине полок, обеспечивающей достаточную несущую способность настила (см. раздел 4.1.4). Эти требования могут серьезно повлиять на стоимость монтажа.

### *Комбинированные плиты перекрытия*

Проектирование комбинированных плит перекрытий (раздел 4) входит в обязанности инженера-проектировщика. Особое внимание следует уделить участкам перекрытия, подверженным особым нагрузкам, например, нагрузкам от транспортных средств, нагрузкам от глухих перегородок и резервуаров. Необходимо также учитывать нагрузки, которые воздействуют на конструкции на этапе монтажа, особенно сосредоточенные нагрузки от техники и оборудования, необходимых для безопасного монтажа строительных конструкций. При расчете и конструировании стержневой арматуры инженер-проектировщик должен убедиться, что проект предусматривает возможность установки стержней с учетом толщины перекрытия, и что обеспечен достаточный защитный слой бетона в плите.

Рекомендуется также включить в объем работ инженера-проектировщика разработку опалубочных чертежей перекрытий (в дополнение к чертежам стальных конструкций). В этих чертежах должны быть указаны, в частности, контуры и толщина перекрытий. Опалубочные чертежи служат основой для схем расположения настила и чертежей армирования.

Помимо перечисленного, инженер-проектировщик должен подготовить схемы армирования для каждого участка перекрытия. Чертежи должны включать информацию о классе арматуры, расположении стержней, их длине, минимальной длине нахлеста и минимальном защитном слое бетона (в случае применения фибробетона необходимо также указать параметры фибры). Во время работ на строительной площадке эти схемы будут использоваться для проверки расположения арматуры)

Обязанности по определению состава бетонной смеси, обеспечивающей требуемые проектные характеристики, обычно возлагаются на генерального подрядчика.

### **Назначение характеристик профилированного настила**

За выбор настила и схему его раскладки отвечает инженер-проектировщик. При проектировании необходимо учитывать требования к огнестойкости перекрытия (которая может зависеть от типа настила), устойчивость настила и комбинированного перекрытия к нагрузкам, временным опорам схему установки временных опор и прогибы от нагрузок как на этапе монтажа, так и в процессе эксплуатации (комбинированных перекрытий). Помимо указанных условий, выбор профиля настила может повлиять на проектирование комбинированных балок.

При выборе настила обычно используются расчетные данные, предоставляемые производителем настила, поскольку параметры настила сложны и чаще всего определяются в результате испытаний. Инженер-проектировщик должен убедиться в достаточности информации, предоставленной субподрядным проектировщиком (поставщиком/производителем настила). В случае сомнений рекомендуется обратиться к поставщику/производителю настила за консультацией. В случае нестандартного применения настила «справочная» информация о конструкции не всегда может быть применима (см. раздел 4).

### **Расположение настила и узлы**

Обязанность по подготовке схем расположения настила (раздел 3.2), как правило, возлагается на субподрядчика по производству настила, который в этом случае выступает в качестве субподрядного проектировщика. Инженер-проектировщик проверяет опалубочные чертежи и передает субподрядному проектировщику дополнительные требования к настилу. К таким требованиям может относиться, например, необходимость в установке дополнительных креплений в случаях, когда настил выступает в качестве связи жесткости для распределения ветровых нагрузок, а также любые требования к порядку монтажа. Инженер-проектировщик проверяет назначенные субподрядным проектировщиком анкерные упоры на соответствие конструктивным требованиям и требованиям правил монтажа.

В ходе разработки схем расположения настила субподрядчик по изготовлению настила может посчитать целесообразным внести изменения в конструкцию. Например, может потребоваться изменить некоторые неразрезные участки настила на разрезные. Подобное изменение может повлиять на схему расстановки временных опор настила на этапе монтажа.

Выступая в качестве временной монтажной площадки и опалубки, настил может подвергаться нагрузкам, действующим на него на этапе монтажа. Эти нагрузки должны быть указаны на схемах расположения настила или в «Общих примечаниях». Нагрузки, воспринимаемые комбинированным перекрытием, следует также указать на схемах компоновки настила и соответствующих схемах бетонирования (указанные схемы будут включены в пакет документов по охране труда и промышленной безопасности в качестве справочной информации и будут доступны в течение всего срока службы здания). Важным условием является донесение всей доступной информации о предполагаемых нагрузках и критериях проектирования субподрядчику по изготовлению настила.

### **Временные монтажные конструкции**

По возможности следует свести к минимуму использование временных опор, поскольку это снижает скорость монтажа, что отражается на порядке монтажа и стоимости строительства. Если использование временных опор необходимо, их следует устанавливать равномерно для обеспечения распределения нагрузки, передаваемой временными опорами на нижележащие конструкции. При этом временные опоры позволяют перекрывать настилом пролеты большей ширины там, где это позволяет последовательность монтажа. Основная часть обязанностей по определению требований к временным опорам возлагается на инженера-проектировщика (на основе данных, предоставленных субподрядным проектировщиком). Тем не менее устройство временных опор в отдельных местах может быть изменено после уточнения субподрядным проектировщиком детальных схем компоновки настила. Схемы настила

проверяются инженером-проектировщиком на сосредоточенные нагрузки от системы временных опор.

Расположение временных опор или других опорных конструкций должно указываться на схемах раскладки настила. Ответственность за проектирование и монтаж временных опор возлагается на генерального подрядчика, при этом системы временных опор должны быть оснащены креплениями для обеспечения временным опорам требуемой жесткости. Демонтаж временных опор должен производиться только после достижения бетоном требуемой прочности или, если это предусмотрено контрактом, после получения разрешения непосредственно от инженера-проектировщика.

Помимо этого, для содействия генеральному подрядчику в подготовке схем расположения временных опор, инженер-проектировщик должен предоставить генеральному подрядчику информацию о нагрузках на временные опоры, а также установленную постоянную нагрузку. При разработке схемы временных опор необходимо учитывать несущую способность нижележащих перекрытий при действии сосредоточенных нагрузок от временных опор (см. рекомендации по нагружению в разделе 6). Дополнительные рекомендации по проектированию и монтажу временных опор приведены в разделе 4.2.7.

### **Противопожарная защита**

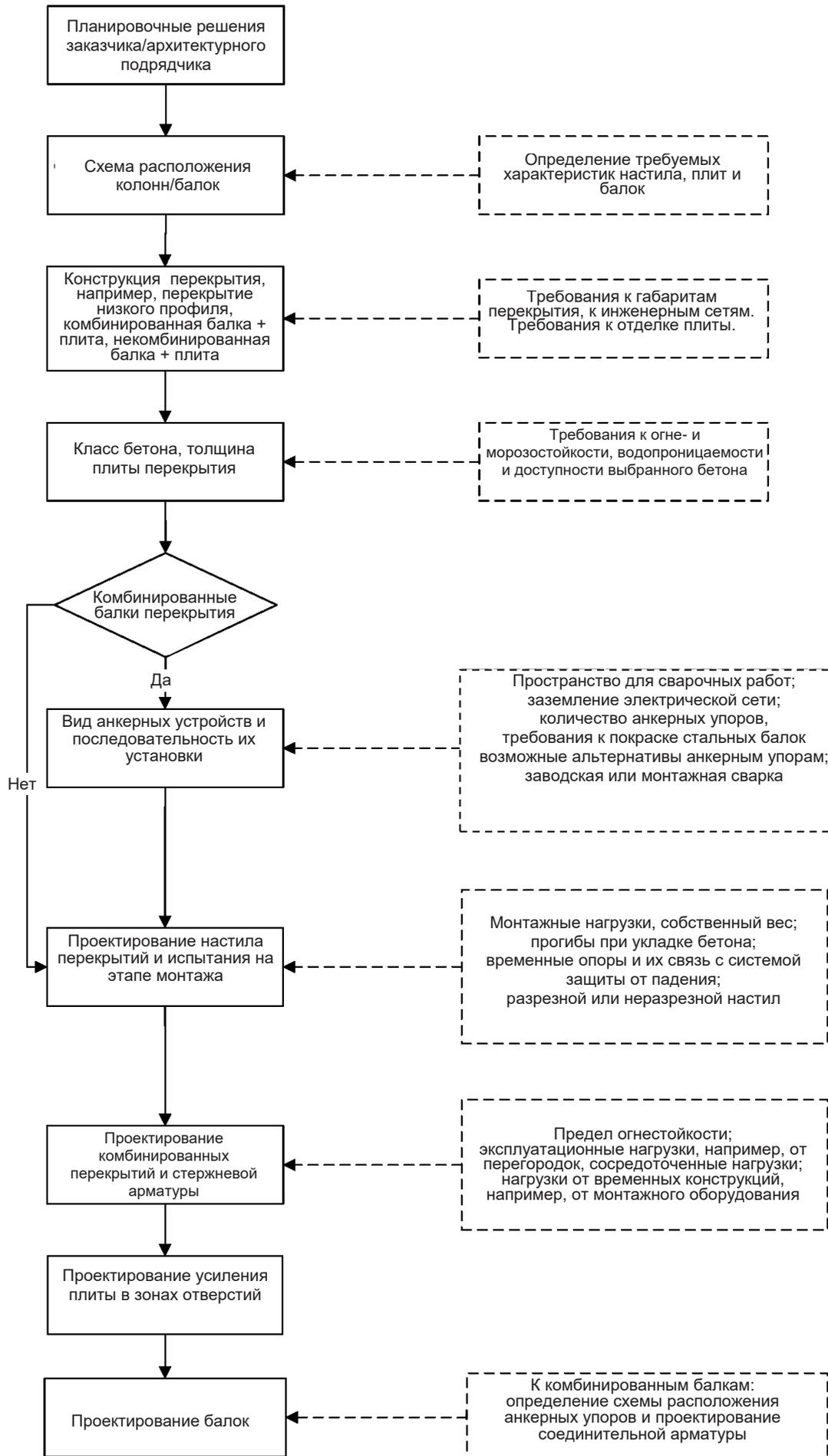
Ответственность за определение предела огнестойкости здания и выбор типа противопожарной защиты, как правило, возлагается на архитектурного подрядчика. Инженер-проектировщик (часто в этой роли выступает субподрядный проектировщик (специализированный субподрядчик)) отвечает за обеспечение противопожарной защиты. Помимо этого, инженер-проектировщик должен определить, на каком этапе следует заполнять пустоты между профилированным настилом и стальными балками и отразить соответствующую информацию на схемах (см. раздел 5.2.3).

### **Безопасность**

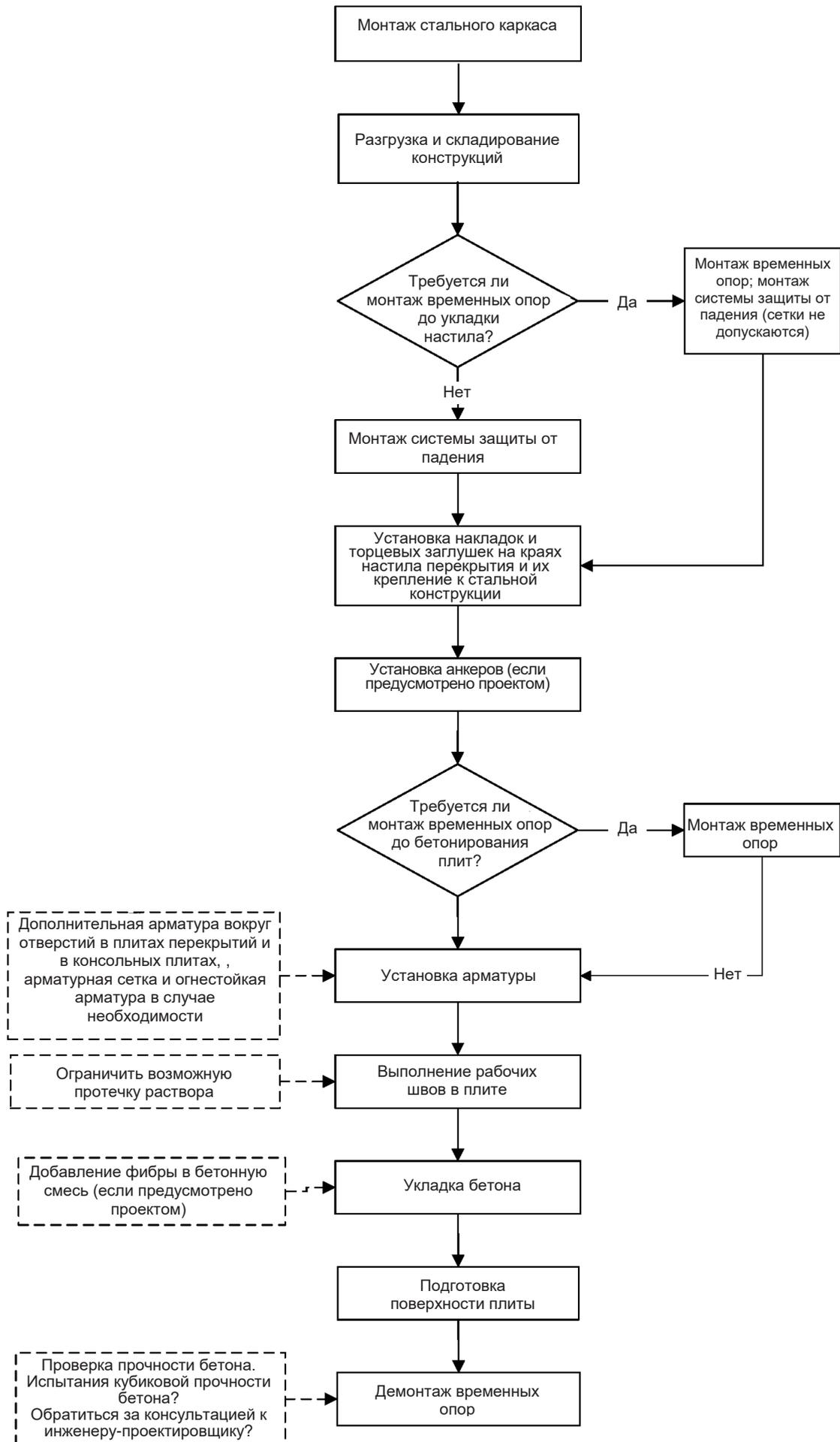
Ответственность за обеспечение безопасности монтажа в равной мере несут все стороны, участвующие в процессе проектирования и строительства. Однако координатор по планированию и управлению строительством имеет ряд специальных обязанностей, предусмотренных «Правилами планирования и управления строительством»<sup>[4, 5]</sup>. [Должность координатора по планированию и управлению строительством учреждена взамен упраздненной должности инспектора по планированию, учрежденной в соответствии с предыдущей версией «Правил»]. В указанные обязанности входит планирование охраны труда и промышленной безопасности и подготовка пакета документов по ОТиПБ. Целью плана ОТиПБ является информирование вовлеченных лиц о возможных угрозах их здоровью и безопасности. В частности, инженер-проектировщик должен предоставить подробную информацию о любых ожидаемых рисках на этапе строительства, которая будет включена в план. Комплект документов по ОТиПБ предназначен для лиц, выполняющих работы по техническому обслуживанию, и включает в себя такую информацию, как исполнительные чертежи. Инженер-проектировщик должен проинформировать подрядчика о любых остаточных факторах риска (факторах, подлежащих устранению подрядчиком на этапе строительства) в случае применения нестандартных методов строительства и о мерах, которые будут приняты для содействия подрядчику в их устранении. Координатор планирования и управления строительством обязуется проводить консультации и оказывать содействие проектировщикам, обеспечивать выполнение ими своих обязанностей, учитывать вопросы охраны труда и промышленной безопасности, сотрудничать со сторонними организациями и предоставлять всю необходимую информацию.

## **2.3 Порядок проектирования и монтажа**

Приведенные ниже блок-схемы иллюстрируют стандартный порядок проектирования (рис. 2.1) и монтажа (рис. 2.2) при устройстве комбинированных перекрытий.



**Рис. 2.1.** Последовательность проектирования



**Рис. 2.2.** Порядок монтажа

## 3 ОБМЕН ДАННЫМИ

Учитывая тот факт, что работы по проектированию здания распределены между несколькими исполнителями (стандартные требования по распределению обязанностей приведены в разделе 2), очень важно, чтобы вся информация передавалась своевременно и в согласованной форме. Помимо обязанностей, определенных в настоящем документе, требования по обмену информацией для основных сторон (как на этапе проектирования, так и на этапе монтажа) определены в соответствии с «Правилами планирования и управления строительством»<sup>[4]</sup>.

### 3.1 Этап проектирования

Проектные решения в области комбинированных балок и перекрытий напрямую зависят от требований к перекрытию пролетов, а также нагрузок на комбинированные балки и перекрытия. Помимо сетки колонн, важно, чтобы на раннем этапе проектирования были определены все нагрузки. К сожалению, ряд данных, включая нагрузки от инженерных сетей, часто отсутствуют на данном этапе, вследствие чего инженерам-проектировщикам приходится использовать консервативные решения для обеспечения возможности внесения изменений в проект на более поздних этапах по мере проектирования инженерных сетей.

Данные о расположении инженерных сетей также представляют важность, поскольку на их основе принимается решение о необходимости наличия отверстий в стенках балок и/или перекрытиях. Отверстия могут значительно влиять на сопротивление элемента конструкции.

Приведенный ниже перечень включает данные, необходимые при проектировании комбинированных перекрытий и балок.

- Расположение колонн и балок.
- Контур плит перекрытия.
- Статические и динамические нагрузки временного характера (включая любые временные сосредоточенные нагрузки, создаваемые техникой/оборудованием, которые могут применяться в ходе монтажа).
- Нагрузки от инженерных сетей и отделки.
- Специальные нагрузки (например, от стен, ветровые нагрузки на связи жесткости).
- Предел огнестойкости.
- Тип настила (неглубокий или глубокий, с профилем типа «ласточкин хвост» или трапециевидным профилем).
- Ограничения по толщине плиты перекрытия.
- Требования к минимальной массе (для обеспечения достаточной звукоизоляции).
- Расположение отверстий.
- Требования к внешнему виду нижней части поверхности перекрытия и среде эксплуатации в целом.
- Требования к крепежу инженерных сетей.
- Требования к креплению ограждающих панелей (этот пункт может повлиять на конструирование кромки перекрытия).
- Строительные допуски.
- Предельные значения прогиба.
- Требования к временным опорам или применимые к ним ограничения.
- Любые данные, связанные с ограничениями на приварку сквозь настил.

Для подготовки схем расположения настила субподрядному проектировщику необходимы следующие данные.

- Класс бетона.
- Характеристики анкерных упоров.
- Способ крепления ограждающих конструкций.

Проектирование настилов и комбинированных перекрытий часто основывается на данных, представленных в справочной литературе производителей настилов. Важно, чтобы таблицы и текстовые пояснения в справочниках содержали исчерпывающую информацию. Например, таблицы соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок должны давать ответы на следующие вопросы.

- Приведенные нагрузки являются нормативными или расчетными?
- Каковы допуски (при наличии таковых) на нагрузки от инженерных сетей и другие нагрузки?
- Какие характеристики огнестойкости содержатся в указанных таблицах?
- Учитывают ли приведенные требования к арматуре возможность предупреждения образования или раскрытия трещин?
- Обеспечивают ли данные в таблицах достаточную жесткость и прочность, и если да, то каковы предполагаемые ограничительные критерии?

В случае делегирования части обязанностей инженера-проектировщика по проектированию перекрытий проектной организации производителя настила (субподрядный проектировщик), необходимо обеспечить предоставление всей необходимой проектно-конструкторской информации.

## 3.2 Этап монтажа

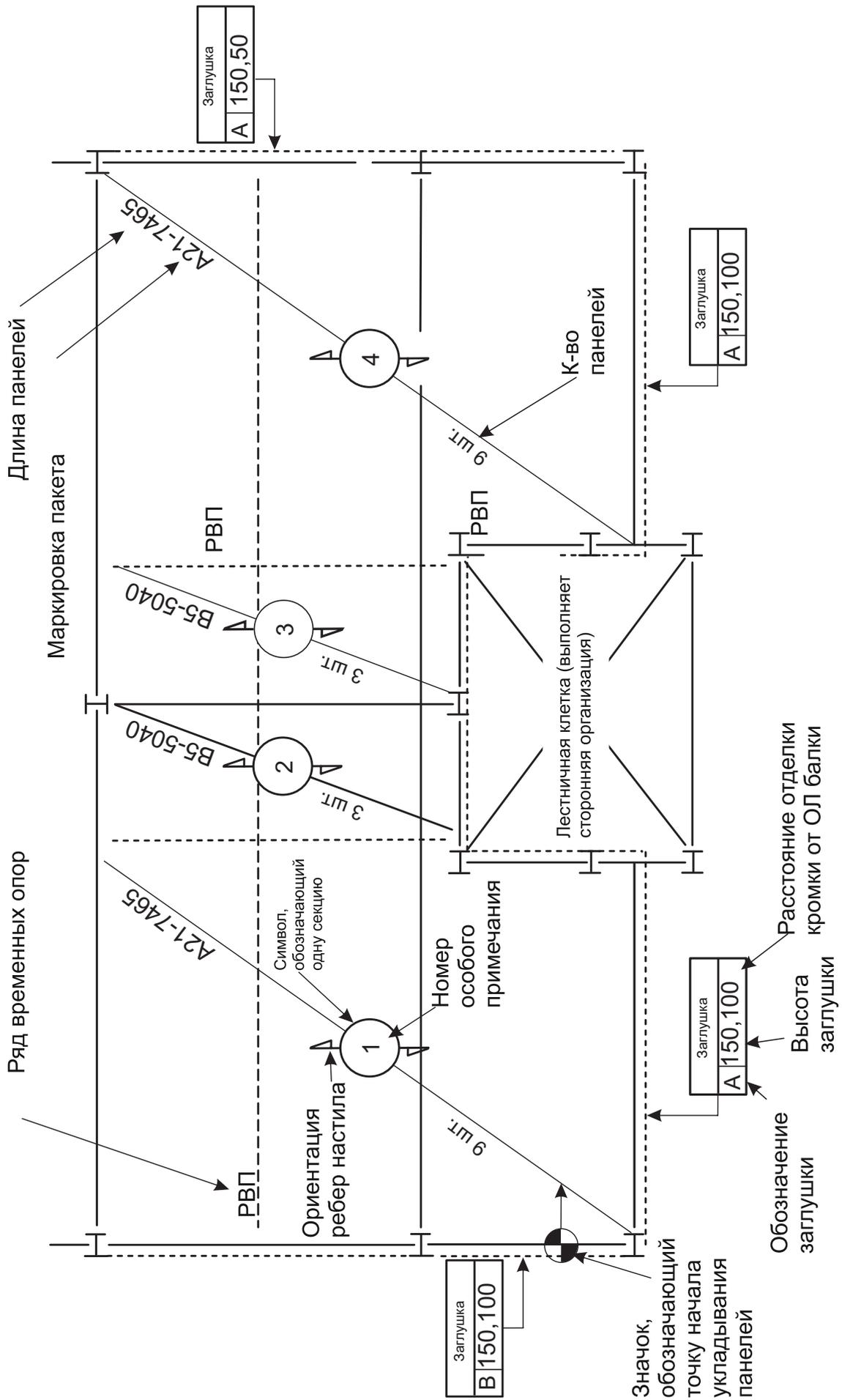
Отсутствие обмена необходимой информацией между проектной и строительной группами может привести к задержкам или, в худшем случае, к отступлениям от проекта и нарушению безопасности монтажа.

Персонал, участвующий в работах на строительной площадке, должен проверить предоставленную информацию и убедиться в ее полноте перед передачей соответствующим субподрядчикам. Информация о любых изменениях, производящихся на строительной площадке и способных отразиться на конструкции, должна быть доведена до сведения инженера-проектировщика.

### *Схемы расположения настила*

Схемы расположения настила должны своевременно передаваться бригадам, осуществляющим подъем настила, для обеспечения размещения пакетов с элементами настила на конструкции несущего каркаса. В первую очередь данные схемы должны быть доступны для бригады, осуществляющей укладку настила.

Подробные схемы, подготовленные разными подрядчиками по изготовлению настила, могут отличаться по оформлению. Тем не менее схемы должны содержать изображение каждого перекрытия (в целом), разделенного на секции, где секция — это участок перекрытия, на который уложены элементы настила из пакета как отдельный блок. Как правило, на схеме секции отмечаются диагональной линией. На диагональной линии должно быть указано количество листов и их длина. Также на диагональной линии может быть указано наименование пакета. Другие примечания, относящиеся к конструкции секции, могут приводиться в виде цифр в кружках, отмеченных на диагональных линиях, как показано на рис. 3.1. На приведенном рисунке показан пример схемы компоновки настила. Анкерные упоры и крепежные элементы условно не показаны. Для получения подробной информации следует обратиться к документации подрядчиков.



**Рис. 3.1.** Пример схемы раскладки настила (анкерные упоры и крепежные элементы условно не показаны)

На схемах необходимо указать расположение стартовой точки укладки настила, а также направление укладки настила. Должны быть обозначены все опорные конструкции (капитальные или временные), а также указан этап, на котором должен выполняться их монтаж (до или после укладки настила). Аббревиатура «РВП» обычно используется для обозначения рядов временных опор. Также должны быть показаны колонны и ориентация их сечений в плане. Также на схемах должен быть указан тип и толщина настила, а также прочность материала настила.

Контур плит перекрытий и отверстий должны быть изображены с размерной привязкой к положению вертикальных опор. На схемах также указываются выноски с текстом под заголовком с указанием номера позиции элементов настила, толщины плиты перекрытия и расстояния от края перекрытия до осевой линии ближайшей вертикальной опоры. При этом инженер должен руководствоваться документацией подрядчиков по изготовлению настилов.

Расположение анкерных упоров следует указать на схемах настила или, для большей наглядности, оформить в виде отдельных чертежей. При этом необходимо указать следующую информацию: тип анкерного упора, длину, ориентацию (для элементов, устанавливаемых строительным пистолетом), а также положение относительно ребер жесткости гофр настила. Кроме того, должно быть указано минимальное расстояние от осевой линии анкерного упора и края настила. В распоряжении лиц, осуществляющих работы на строительной площадке, должна находиться подробная информация о подготовке, креплении и проверке анкерных упоров. Более подробная информация об анкерных упорах приводится в разделе 5.3 настоящей публикации и в публикации BCSA 37/04<sup>[6]</sup>.

На схемах должна быть указана информация о болтовых соединениях для крепления настила. Эта информация должна включать тип соединения и максимальный шаг между элементами крепления (или минимальное количество креплений на метр). В тех случаях, когда по замыслу инженера-проектировщика настил предназначается для раскрепления балок каркаса, что подразумевает наличие дополнительного крепежа, помимо предусмотренного стандартной схемой крепления производителя настила, эта информация указывается на схеме расположения настила и/или в пункте «Общие примечания».

В общих примечаниях должны быть также указаны расчетные нагрузки, на которые рассчитан настил как часть конструкции. В публикации BCSA 37/04<sup>[6]</sup> приведены рекомендации по предотвращению перегрузок перед укладкой бетонной смеси.

Генеральный подрядчик должен иметь в своем распоряжении копию схем компоновки настила, чтобы проверить наличие временных опор везде, где это необходимо. Генеральный подрядчик также должен обращаться к детальным схемам для получения информации о предельных монтажных нагрузках и любых особых нагрузках.

### **Маркировка настила**

Каждый пакет с настилом, доставляемый на строительную площадку, должен быть снабжен биркой с идентификационной информацией. Как правило, на бирке указывается следующая информация.

- Количество листов, их длина и толщина.
- Общий вес пакета.
- Местоположение плиты перекрытия, для которого предназначен пакет.
- Тип настила.
- Маркировка пакета.

Также в распоряжении лиц, выполняющих работы на строительной площадке, должно иметься техническое описание настила, включая высоту гофр настила и расстояние между ними, а также другая техническая информация.

### ***Информация, необходимая для выполнения арматурных работ, бетонирования плиты и ее последующей эксплуатации***

Инженер-проектировщик должен подготовить схемы армирования для каждого отдельного участка плиты перекрытия. На схемах должны быть указаны расположение, длина, минимальный нахлест и минимальная величина защитного слоя бетона. Следует также указать класс стержневой арматуры. Проверка класса материала осуществляется согласно бирке с идентификационной информацией, которая имеется на каждой упаковке стержневой арматуры, поставляемой на строительную площадку. При необходимости использования фибробетона следует указать соответствующую информацию о фибре.

Важную информацию о стержневой арматуре (например, положение рабочих швов, опорных конструкций, информация об отверстиях и кромках) также следует нанести на схему.

Требования к технологическим качествам бетона или подробная информация о составе бетонной смеси (включая любую информацию о фиброарматуре), требования к отделке поверхности, горизонтальные допуски, а также любые ограничения, связанные с расположением рабочих швов, должны быть отражены на чертежах общего расположения плит перекрытия (или в спецификации). Также следует указать минимальную прочность бетона, по достижении которой разрешается демонтировать временные опоры; минимальную прочность бетона, по достижении которой бетон становится способным воспринимать кратковременные строительные нагрузки, а также при необходимости максимально допустимую нагрузку на ось транспортного средства (для сдвига при пробивании). Минимальная прочность бетона может быть указана в пересчете на количество дней после бетонирования.

### ***Временные опоры***

Как указано в разделе 2.2, для планирования временных опор инженер-проектировщик должен предоставить генеральному подрядчику данные о весе конструкции перекрытия.

## 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАСТИЛА И ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

Настоящий раздел описывает принципы и методики проектирования, правила конструирования, закрепленные законодательством, а также содержит практические рекомендации по проектированию и конструированию. Наряду с разделом 5 настоящий раздел предназначен в первую очередь для инженеров-проектировщиков, а также субподрядных проектировщиков.

### 4.1 Стальной настил

Стальной настил выполняет две основные конструктивные функции.

- В ходе бетонных работ настил воспринимает нагрузки от веса бетонной смеси и стержневой арматуры, а также кратковременные нагрузки, связанные с монтажом. Как правило, настил позволяет избежать необходимости установки временных опор.
- В процессе эксплуатации полученная комбинированная конструкция из настила и бетона воспринимает нагрузки на плиту перекрытия. Совместная работа обеспечивается за счет сопротивления сдвигу и механического соединения бетона с настилом. Это достигается за счет рифленой поверхности настила (аналогично деформациям стержневой арматуры в составе арматуры железобетонной плиты перекрытия) и элементов профиля настила типа «ласточкин хвост» (которые препятствуют скольжению между настилом и бетоном).

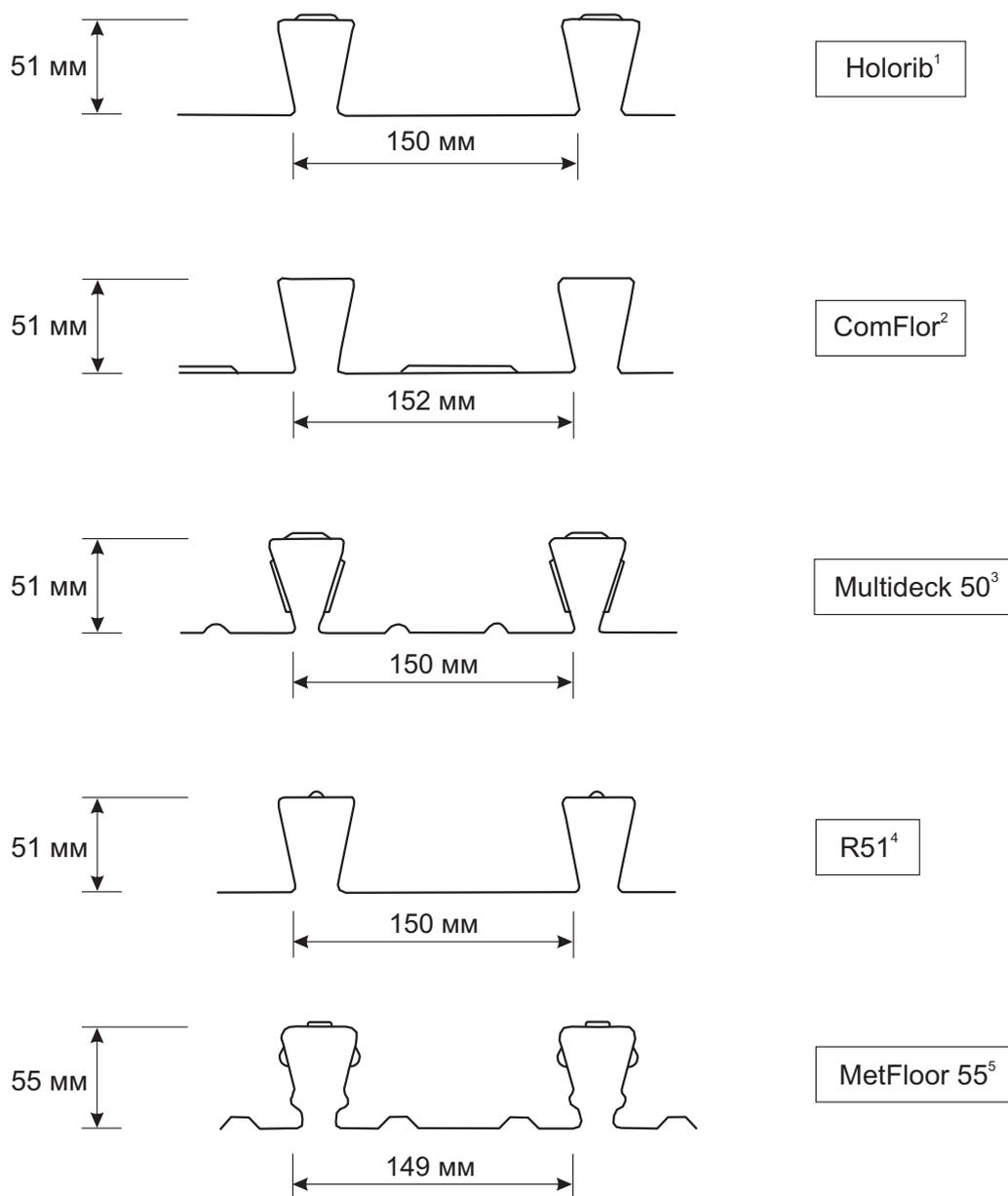
Еще одной возможной функцией настила является обеспечение устойчивости балок и предотвращение крутильно-изгибной потери устойчивости в процессе монтажа. Также настил может действовать как связи жесткости (там, где это предусмотрено конструкцией и где имеются достаточные крепления), распределяющая ветровые нагрузки на стены и колонны, обеспечивая устойчивость здания в целом<sup>[7]</sup>. Также настил в сочетании со сварной арматурной сеткой, уложенной в верхней части плиты перекрытия, или стальной/синтетической фиброй, распределенной по всей плите перекрытия (см. раздел 6.2.1), способствует контролю за трещинообразованием в бетоне, вызванным усадкой.

#### 4.1.1 Виды настила

Ряд производителей Великобритании изготавливает настил различного профиля. Несмотря на сходство, форма и размеры профилей зависят от конкретного производителя. Неглубокий настил представлен двумя универсальными типами: гнутый профиль типа «ласточкин хвост» или трапециевидный профиль. Примеры настила с профилем типа «ласточкин хвост» приведены на рис. 4.1. Примеры настила с трапециевидным профилем с высотой плеча до 60 мм (без учета верхнего элемента жесткости) приведены на рис. 4.2, а аналогичные профили с высотой плеча больше этой величины — на рис. 4.3.

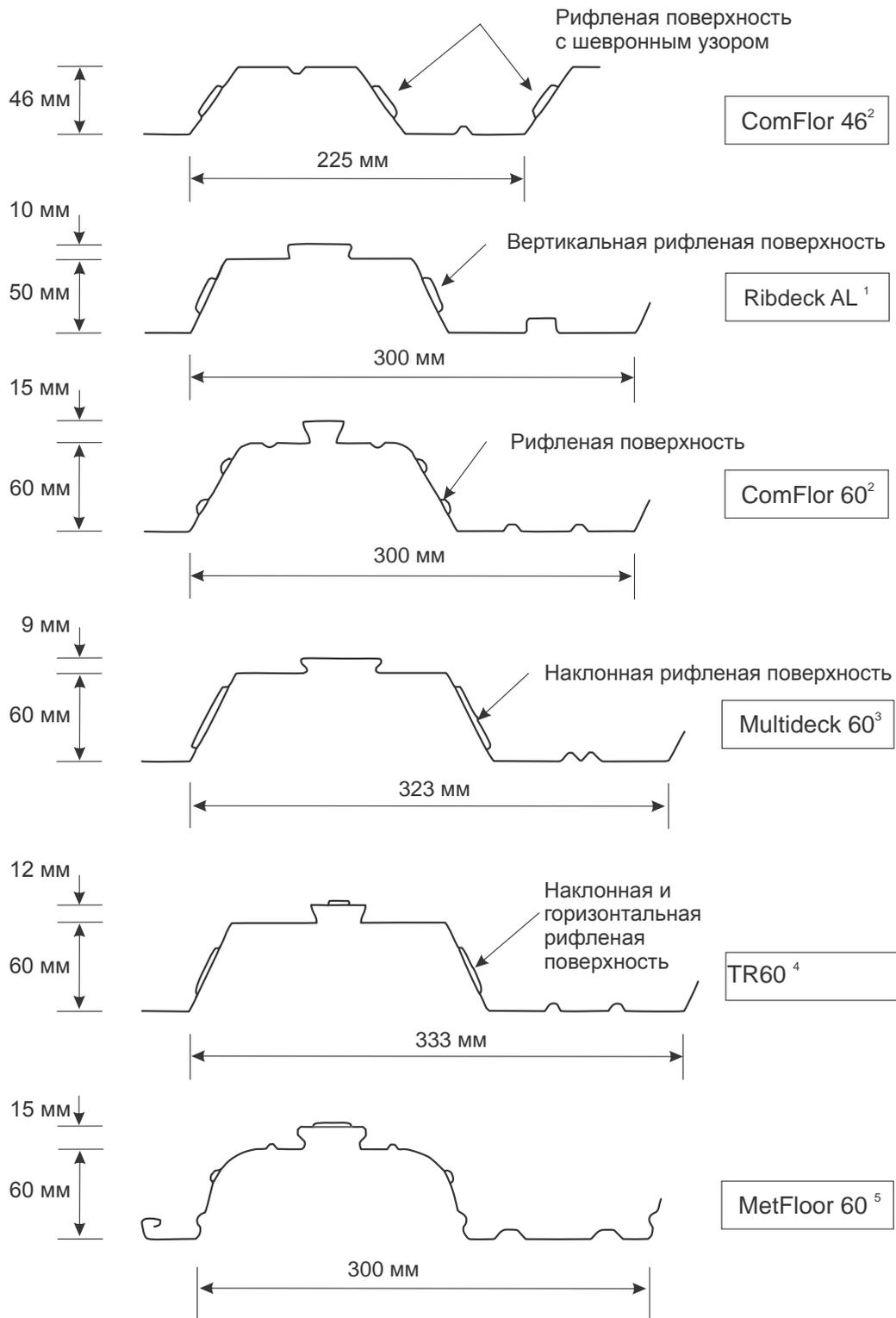
Традиционные профили неглубоких настилов имеют высоту от 45 до 60 мм, а шаг между ребрами обычно составляет от 150 до 333 мм. Этот тип настила позволяет перекрывать пролеты шириной 3 м, создавая каркасные сетки 9 x 9 м или аналогичных размеров, при помощи второстепенных балок с шагом 3 м, не требующим временных опор. На сегодняшний день разработаны профили общей высотой до 95 мм, позволяющие перекрывать настилом пролеты шириной более 4,5 м без использования временных опор. Обычно настил укладывается непрерывно, перекрывая сразу несколько пролетов. Это позволяет добиться большей прочности и жесткости, чем на одном пролете. Последние разработки в области настилов включают настил с профилем общей высотой 160 мм, способный перекрывать пролеты до 6 м в свободно лежащем состоянии без применения временных опор.

На рынке также представлены глубокие настилы высотой 200 мм и более. Настил такого типа обычно используется для конструкций с перекрытиями малой толщины, которые рассматриваются отдельно в разделе 7 настоящего руководства.



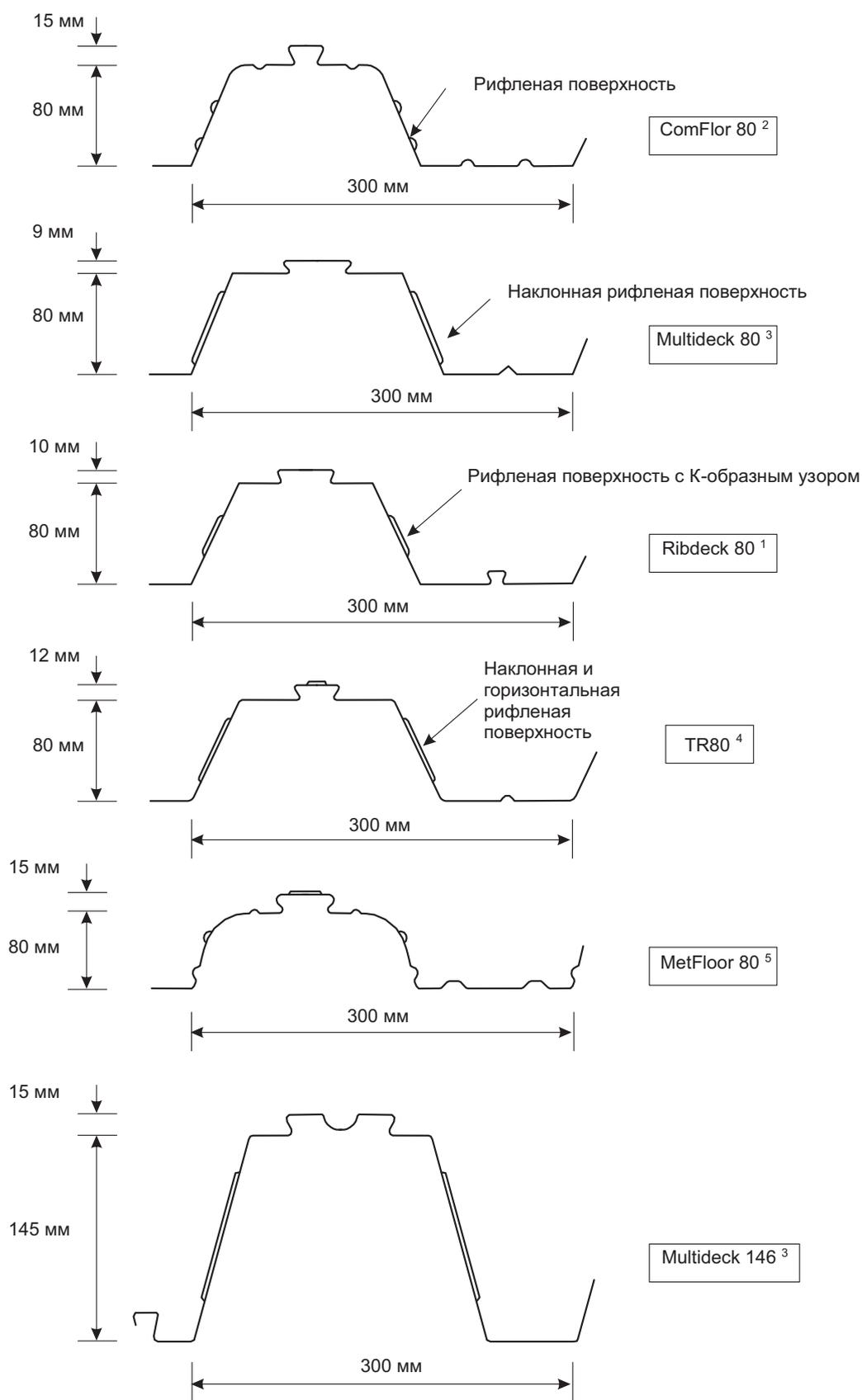
**Рис. 4.1.** Примеры настила с профилем типа «ласточкин хвост», применяемого с комбинированными перекрытиями, поставляются следующими производителями.

1. Richard Lees Steel Decking Ltd.
2. Corus Panels and Profiles
3. Kingspan Structural Products Ltd.
4. Structural Metal Decks Ltd.
5. CMF Ltd.



**Рис. 4.2.** Примеры настила с трапециевидным профилем высотой до 60 мм (без учета верхнего элемента жесткости), применяемого с комбинированными перекрытиями, поставляются следующими производителями.

1. Richard Lees Steel Decking Ltd.
2. Corus Panels and Profiles
3. Kingspan Structural Products Ltd.
4. Structural Metal Decks Ltd.
5. CMF Ltd.



**Рис. 4.3.** Образцы настила с трапециевидным профилем высотой более 60 мм (без учета верхнего элемента жесткости), применяемого с комбинированными перекрытиями, поставляются следующими производителями.

1. Richard Lees Steel Decking Ltd.
2. Corus Panels and Profiles
3. Kingspan Structural Products Ltd.
4. Structural Metal Decks Ltd.
5. CMF Ltd.

Марки стали, из которой изготовлен настил, приведены в британском стандарте BS EN 10326<sup>[8]</sup>. В Великобритании широко применяется марка стали S350 (число в обозначении стали — это предел текучести стали в Н/мм<sup>2</sup>).

Как правило, настил изготавливается прокатным способом из листовой стали толщиной 0,9–1,2 мм. Чем больше толщина стали, тем больше ширина пролетов, перекрываемых данным профилем настила, при этом пропорциональной зависимости от прочностных характеристик стали не наблюдается. Сталь перед формовкой подвергается оцинковке, на что указывает обозначение GD в марке стали, за которым следует число, соответствующее содержанию цинка в граммах на м<sup>2</sup>. Стандартная спецификация GD 275 означает 275 граммов цинка на м<sup>2</sup>. Это количество обеспечивает толщину покрытия около 0,02 мм на каждой грани (что достаточно для достижения оптимального расчетного срока службы в случае установки внутри зданий с умеренной средой эксплуатации). Также доступны цинковые покрытия большей толщины (содержание цинка 350 г/м<sup>2</sup> и более, до 600 г/м<sup>2</sup>), предназначенные для применения в особых условиях, требующих повышенной надежности стали. Однако для спецификаций, отличных от GD 275 (содержание цинка 275 г/м<sup>2</sup>), могут возникнуть сложности при заказе, а именно большой объем минимального заказа. Это также может затруднить приварку сквозь настил. Поэтому, с целью увеличения срока службы может потребоваться нанесение полиэфирной краски поверх слоя, полученного методом цинкования. Если настил планируется применять в умеренных или жестких условиях эксплуатации, рекомендуется обратиться к поставщику/производителю за консультацией. Дополнительные рекомендации по эксплуатации комбинированных перекрытий в агрессивных условиях приведены в AD 247<sup>[9]</sup>.

*В большинстве случаев цинковое покрытие стандартной толщины (275 г/м<sup>2</sup>) обеспечивает оптимальный расчетный срок службы элементов, устанавливаемых внутри здания. При заказе элементов с цинковым покрытием нестандартной толщины могут возникнуть сложности, поэтому их не следует рассматривать в качестве практического способа увеличения надежности конструкции.*

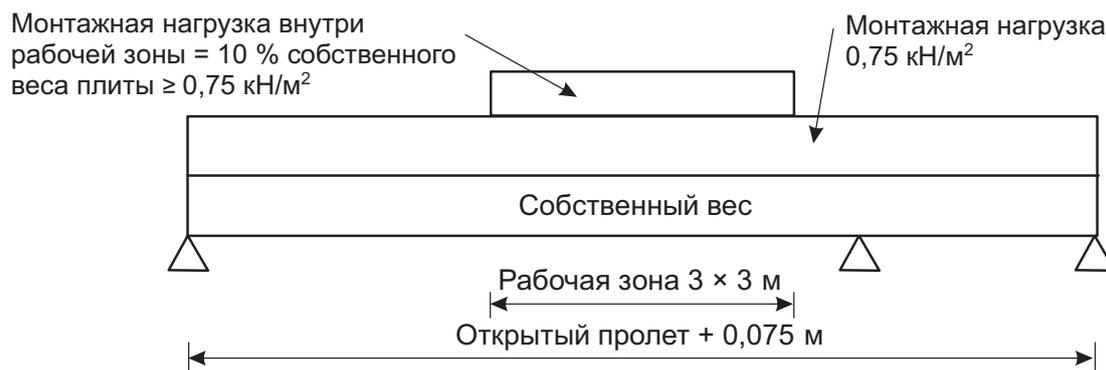
#### 4.1.2 Расчет на прочность

Как правило, решающим фактором при выборе профиля настила является его способность выдерживать кратковременные строительные нагрузки.

Если расчеты выполняются в соответствии с Еврокодами, технологические монтажные нагрузки, которые должны учитываться при проектировании настила, определены в Британском стандарте EN 1991-1-6<sup>[10]</sup> и Национальном приложении к нему. В связи с наличием некоторой неясности в положениях указанного стандарта требуется уточнение: под рекомендуемой строительной нагрузкой подразумевается следующая временная нагрузка:

- (i) основная монтажная нагрузка 0,75 кН/м<sup>2</sup>;
- (ii) дополнительная временная нагрузка, составляющая 10 % собственного веса плиты перекрытия, но не менее 0,75 кН/м<sup>2</sup> в рабочей зоне 3 × 3 м. Наименее благоприятный расчетный случай предполагает воздействие в данной зоне динамической нагрузки от веса укладываемой бетонной смеси.

Схема нагрузок показана на рис. 4.4.



**Рис. 4.4.** Нагрузки, действующие на настил на этапе монтажа в соответствии с Британским стандартом EN 1991-1-6

В случае, если расчеты выполняются в соответствии с Британским стандартом BS 5950-4<sup>[11]</sup>, монтажная нагрузка определяется следующим образом.

- Равномерно распределенная нагрузка  $1,5 \text{ кН/м}^2$ , действующая на один пролет. На пролетах шириной менее 3 м нагрузку следует увеличить до  $4,5/L_p$ , где  $L_p$  — расчетная длина пролета, перекрываемого настилом.
- Приведенная нагрузка на соседние пролеты  $0,5 \text{ кН/м}^2$ .

В обоих случаях строительные нагрузки действуют в сумме с собственным весом плиты перекрытия (который обычно составляет  $2\text{--}3 \text{ кН/м}^2$ ). При этом к собственному весу может понадобиться допуск на дополнительную нагрузку от перелива бетона (см. раздел 4.1.3). Если проект предусматривает укладку бетона методом сплошной заливки, необходимо следить за тем, чтобы предположения в отношении толщины бетона были учтены при расчете прогиба плиты перекрытия и двутавровых балок несимметричного сечения. Приведенные выше значения нагрузочной способности рассчитаны на нагрузки во время монтажных операций, выполняемых рабочими: удары, падение бетона во время бетонирования, падение ручных инструментов, а также малогабаритного оборудования и подручных материалов. Указанные значения нагрузочной способности не рассчитаны на сильные удары или падение большого количества бетона, трубопроводов или нагрузки от насосного оборудования.

Плотность бетонной смеси согласно Еврокодам указана в Британском стандарте EN 1991-1-1<sup>[12]</sup>, однако приведенные в нем значения носят информационный характер. Это связано с тем, что указанные данные относятся к конструкциям с большим процентом армирования, характерным для традиционных железобетонных конструкций. Согласно Национальному приложению к Британскому стандарту указанные значения разрешается применять на практике при условии, что плотность сухой бетонной смеси в комбинированной конструкции перекрытия составляет  $24 \text{ кН/м}^3$  для тяжелого бетона и  $19 \text{ кН/м}^3$  для легкого бетона (для влажной бетонной смеси указанные значения должны быть увеличены до  $25 \text{ кН/м}^3$  и  $20 \text{ кН/м}^3$  соответственно). Вес стержневой арматуры учитывается отдельно. Собственный вес бетонной смеси рассматривается как временная нагрузка на этапе монтажа, а вес стержневой арматуры — как статическая нагрузка.

Согласно Британскому стандарту BS 5950-4 плотность влажной бетонной смеси составляет  $2400 \text{ кг/м}^3$  (тяжелый бетон) и  $1900 \text{ кг/м}^3$  (легкий бетон), а плотность сухой бетонной смеси составляет  $2350 \text{ кг/м}^3$  (тяжелый бетон) и  $1800 \text{ кг/м}^3$  (легкий бетон). Собственный вес влажной бетонной смеси рассматривается как постоянная нагрузка.

Проектирование неглубокого настила описывается в Британском стандарте EN 1991-1-3<sup>[13]</sup>. Момент сопротивления поперечного сечения определяется на основе модели рабочей ширины, которая учитывает сжатие тонких элементов стальных конструкций. Для увеличения рабочей площади сечения в профиль настила часто встроены ребра жесткости (в виде складок). Подход, включающий использование модели рабочей ширины, является относительно консервативным ввиду сложности характеристик поперечного сечения по причине местной потери устойчивости. В связи с этим прогнозирование свойств поперечного сечения представляет сложность, а точность прогнозируемых значений является труднодостижимой. Проектирование настилов также рассматривается в Британских стандартах BS 5950-4 и BS 5950-6<sup>[11]</sup>, где применяется аналогичный подход.

В качестве альтернативы аналитическим методикам определения эксплуатационных характеристик настила стандарты также допускают их определение путем испытаний. При этом возможно увеличение максимально допустимой ширины пролетов, спрогнозированной на основе упрощенного расчета упругого деформирования с использованием модели рабочей площади поперечного сечения, на  $10\text{--}15 \%$ . По этой причине таблицы соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок, предоставляемые производителями настила, часто основаны на испытаниях, а не на расчете упругого деформирования.

Помимо испытаний равномерным нагружением настил обычно подвергают испытаниям на устойчивость к сосредоточенным нагрузкам. Это позволяет получить данные об устойчивости к точечной нагрузке, действующей на настил сверху, а также о максимально допустимых нагрузках стоек и временных опор.

*Проектные решения по настилу, полученные на основе испытаний, более целесообразны экономически, чем проектные решения на основе аналитических моделей. Поэтому следует по возможности использовать данные производителя (эмпирические данные).*

*Не используйте эмпирические данные, если условия проекта не предусмотрены испытаниями, на которых основаны полученные эмпирические данные. Таблицы соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок, как правило, включают в себя только равномерно распределенную нагрузку.*

### 4.1.3 Контроль допустимых прогибов

На этапе монтажа требуется свести к минимуму прогиб настила, тем самым ограничив количество бетона, укладываемого на настил, поскольку слишком интенсивный прогиб приводит к повышенной нагрузке от перелива бетона, что в свою очередь увеличивает постоянные нагрузки на конструкцию. Информация о предельно допустимом прогибе настила содержится в стандартах Британских стандартах EN 1994-1-1<sup>[4]</sup> и BS 5950-4. Согласно стандарту EN 1994-1-1, если прогиб листа настила  $\delta$  превышает величину, равную  $1/10$  толщины перекрытия, необходимо предусмотреть допуск на нагрузку от перелива бетона. В этом случае нормативная толщина слоя бетона на всем пролете может быть увеличена на  $0,7\delta$ .

Согласно Британскому стандарту EN 1994-1-1 рекомендуемая величина прогиба стального листового настила под собственным весом плюс вес влажной бетонной смеси для предельного состояния по эксплуатационной пригодности:  $\delta_{s, \text{макс}}$  составляет  $L/180$  (где  $L$  — расчетная длина пролета между опорами). Согласно Британскому стандарту BS 5950-4 предельное значение остаточной деформации нижней поверхности настила (после бетонирования) также рассчитывается по формуле «длина пролета/180» (при этом оно не должно превышать 20 мм). Если проектом предусмотрен прогиб от перелива бетона, данное значение может быть увеличено до «длина пролета/130» (но не более 30 мм).

Нормативный прогиб может быть увеличен в случае доказанного отсутствия негативных последствий для прочностных характеристик и параметров эффективности перекрытия при интенсивном прогибе, однако такое решение принимается в редких случаях. В качестве дополнительной меры рекомендуется предусмотреть в проектом решении по опорной конструкции увеличенный вес бетона (при переливе бетона) на случай, если ожидаемый прогиб без учета веса бетонной заливки превысит одну десятую от общей толщины плиты перекрытия.

Что касается определения предельного состояния профилированного листа настила по пригодности к эксплуатации (SLS), согласно Британскому стандарту EN 1994-1-1 достаточно лишь протестировать прогиб настила под весом влажной бетонной смеси, игнорируя тип деформации при прогибе (является ли деформация пластичной или нет). Тем не менее рекомендуется также убедиться в отсутствии преждевременной местной потери устойчивости профиля под весом влажной бетонной смеси и под действием строительных нагрузок. Это позволит предотвратить необратимые деформации. Особенно это касается участков неразрезных пролетных строений, где устанавливаются промежуточные опоры.

*Значительные прогибы настила (и балок) могут привести к переливу бетона и, следовательно, к увеличению собственного веса плиты перекрытия. При определении требований к настилу и временным опорам необходимо исключить перелив бетона.*

### 4.1.4. Опорные конструкции

#### *Минимальная длина площадки опирания*

Длина площадки опирания — это длина горизонтального участка настила или перекрытия, находящегося в непосредственном контакте с опорой. Эта длина должна быть достаточной, чтобы удовлетворять следующему критерию. Для настила этот критерий заключается в предотвращении интенсивной деформации ребер или нарушения целостности стенок балок в районе опор в ходе монтажа. Для перекрытия этот критерий заключается в обеспечении необходимой несущей способности комбинированного перекрытия в процессе эксплуатации.

Рекомендации по минимальной длине площадки опирания приведены на рис. 4.5. Указанные на рисунке значения определены на основе требований Британского стандарта EN 1994-1-1, однако в BS 5950-4 содержатся аналогичные требования. Приведенные предельные значения применимы и к временным опорам. Предельно допустимые значения — это нормативные значения, которые должны учитываться при проектировании и конструировании. Эти значения включают поправки на строительные отклонения, способные привести к незначительному уменьшению указанных значений во время работ на строительной площадке.

Рекомендуемая длина площадки опирания зависит от материала опор (сталь, бетон и т. д.), а также от их расположения (внутренние и наружные (торцевые) опоры). Стандартные значения и особенности опор указаны на рис. 4.5.

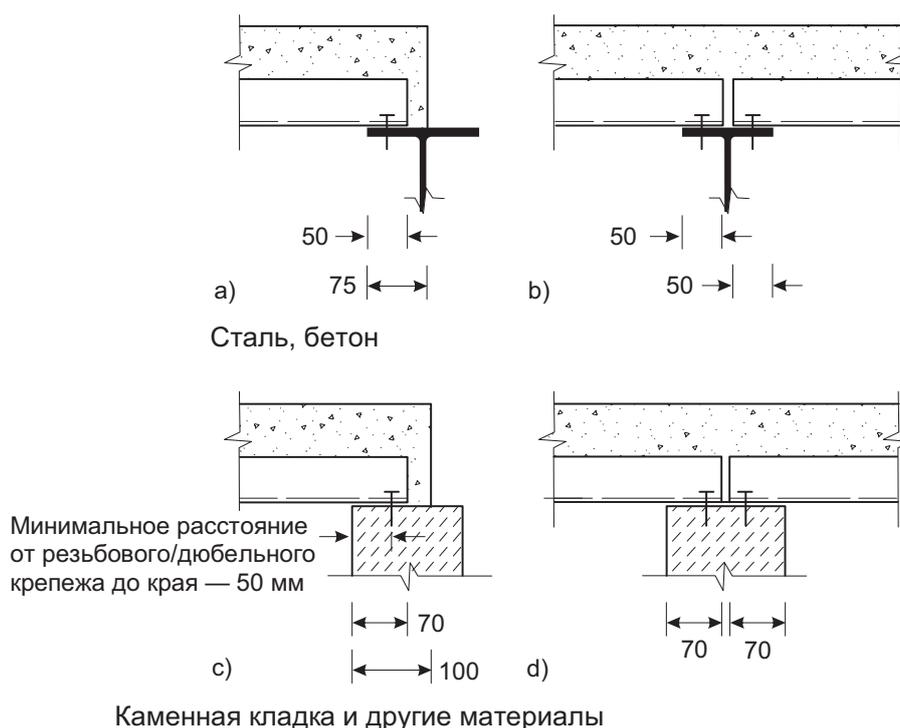
- **Стальные или бетонные опоры** — комбинированные перекрытия, устанавливаемые на стальные или бетонные опоры, должны иметь длину площадки опирания не менее 75 мм для плиты перекрытия и не менее 50 мм для настила (см. рис. 4.5(a) и 4.5(b)). Для неразрезного настила общая длина площадки опирания должна составлять не менее 75 мм.
- **Опоры из каменной кладки и другого материала** — комбинированные перекрытия, устанавливаемые на опорах из других материалов, кроме стали и бетона, должны иметь длину площадки опирания не менее 100 мм для плиты перекрытия и не менее 70 мм для настила (см. рис. 4.5(c) и 4.5(d)). Для неразрезного настила общая длина площадки опирания должна составлять не менее 100 мм.

Необходимо выбирать двутавровые балки несимметричного сечения с шириной полки, обеспечивающей минимальную длину площадки опирания с расчетом на то, что допуски на монтаж суммируются неблагоприятным образом.

Подробное описание процедуры крепления настила к опорам приведено в публикации BCSCA № 37/04<sup>[6]</sup>.

Существует вероятность, что размеры, указанные на рис. 4.5, придется увеличить (см. рис. 5.9), если крепление настила подразумевает приварку стоек сквозь настил с целью усиления поперечной арматуры (см. раздел 5.3.2).

В случаях, когда по замыслу проекта перекрытие не просто располагается в верхней части стены, а выполняет функцию передачи нагрузки от стен с этажа на этаж, с целью соответствия проектным требованиям рекомендуется минимизировать объем пустот в перекрытии за счет использования настила с профилем типа «ласточкин хвост».

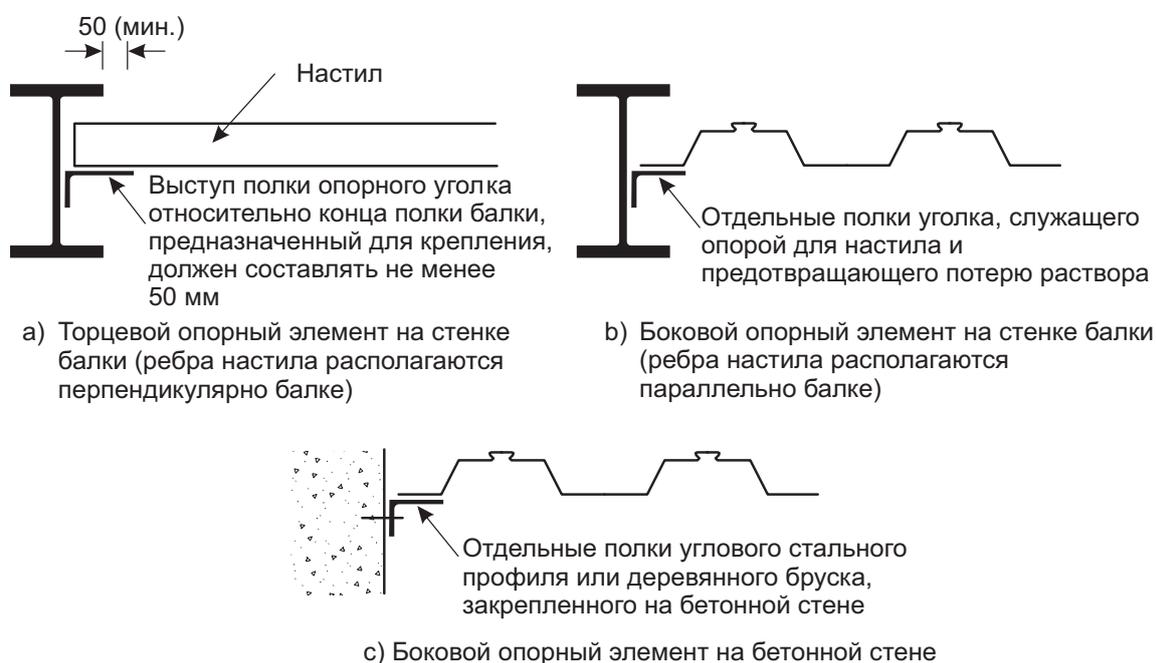


**Рис. 4.5.** Минимальная длина опорной площадки капитальных опор

### Рекомендуемые варианты опор

Помимо стандартного варианта, при котором плита перекрытия опирается на стальную балку или стену, существует ряд других условий опирания, которые необходимо учитывать на этапе проектирования. Это позволит избежать сложностей и задержек во время работ на строительной площадке. Некоторые типовые варианты условий опирания показаны на рис. 4.6.

В месте стыка между настилом и балками могут использоваться торцевые опоры (рис. 4.6(a)) или боковые опоры (рис. 4.6(b)). В обоих случаях в качестве опоры настила обычно используется опорный уголок из стали. Рекомендуется закрепить уголок во время изготовления. Угловые карнизные планки не пригодны для этой цели. Для обеспечения возможности крепления настила, особенно в случае применения торцевой опоры, полка углового профиля должна выступать за полку балки не менее чем на 50 мм. Опорные угловые профили должны быть неразрезными и располагаться как можно ближе к местам соединения балок. Это позволит уменьшить длину безопорных участков настила.

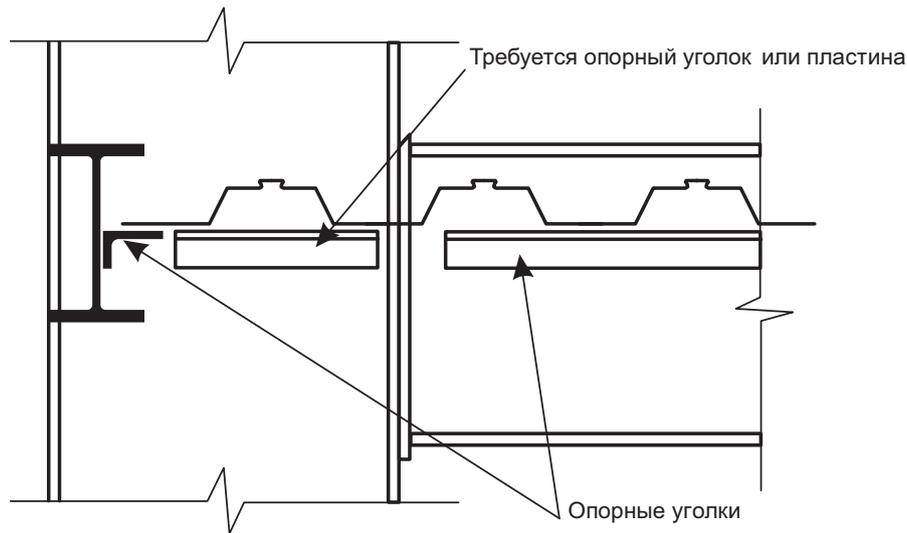


**Рис. 4.6.** Вид опорных элементов настила на стенке балки и бетонной стене

Опорные элементы также необходимы в местах контакта настила с бетонной стеной. В этом случае используется стальной угловой профиль, карнизная планка или деревянный брус, которые крепятся к стене, предпочтительно с использованием закладных крепежных деталей (рис. 4.6(c)). При этом в районе между стеной и перекрытием может потребоваться непрерывное армирование.

Настил, работающий перпендикулярно опорному элементу, не должен выступать за него более чем на 600 мм (или на  $\frac{1}{4}$  длины пролета в зависимости от того, какое значение меньше). При настиле, работающем в параллельном направлении, выступ невозможен без установки дополнительной опоры, при этом возможен выступ заглушки на небольшое расстояние (см. раздел 4.2.6).

Также может возникнуть необходимость в опорах под настилом в районе проемов, поскольку проемы сокращают (вплоть до нуля) длину опорной площадки. Эти опоры должны быть частью капитальной стальной конструкции, для этой цели могут применяться косынки или угловые профили. Такие опоры необходимы, например, в случае прохода сквозь настил колонн шириной более 250 мм (без входящих балок на обеих осях) или в случае колонн с опорой на балки. На рис. 4.7 изображен рекомендуемый вариант опор с использованием уголка под настил по периметру колонны.



**Рис. 4.7.** Крепление настила к стенке двутавра

Возможен вариант конструкции, при котором колонна опирается на балку, однако данный вариант используется редко. В этом случае может потребоваться конструирование для обеспечения достаточной опорной площадки для настила по периметру колонны. Если настил работает перпендикулярно балке, в некоторых случаях обеспечить минимально необходимую длину опорной площадки (50 мм) для поддержки торца настила не представляется возможным из-за базы колонны. В таком случае может потребоваться увеличить полку балки путем приварки пластин по бокам полки в районе колонны, как показано на рис. 4.8(а). Если положение колонны не совпадает со стыком листов настила, сплошной лист настила допускается обрезать, чтобы подогнать его по периметру колонны. В таком положении настил следует рассматривать как элемент с шарнирной опорой, в отдельных точках которого могут понадобиться временные опоры. Аналогичная ситуация может возникнуть со стыковыми полками балки при креплении балки к верхней части стального профиля, как показано на рис. 4.8(б).

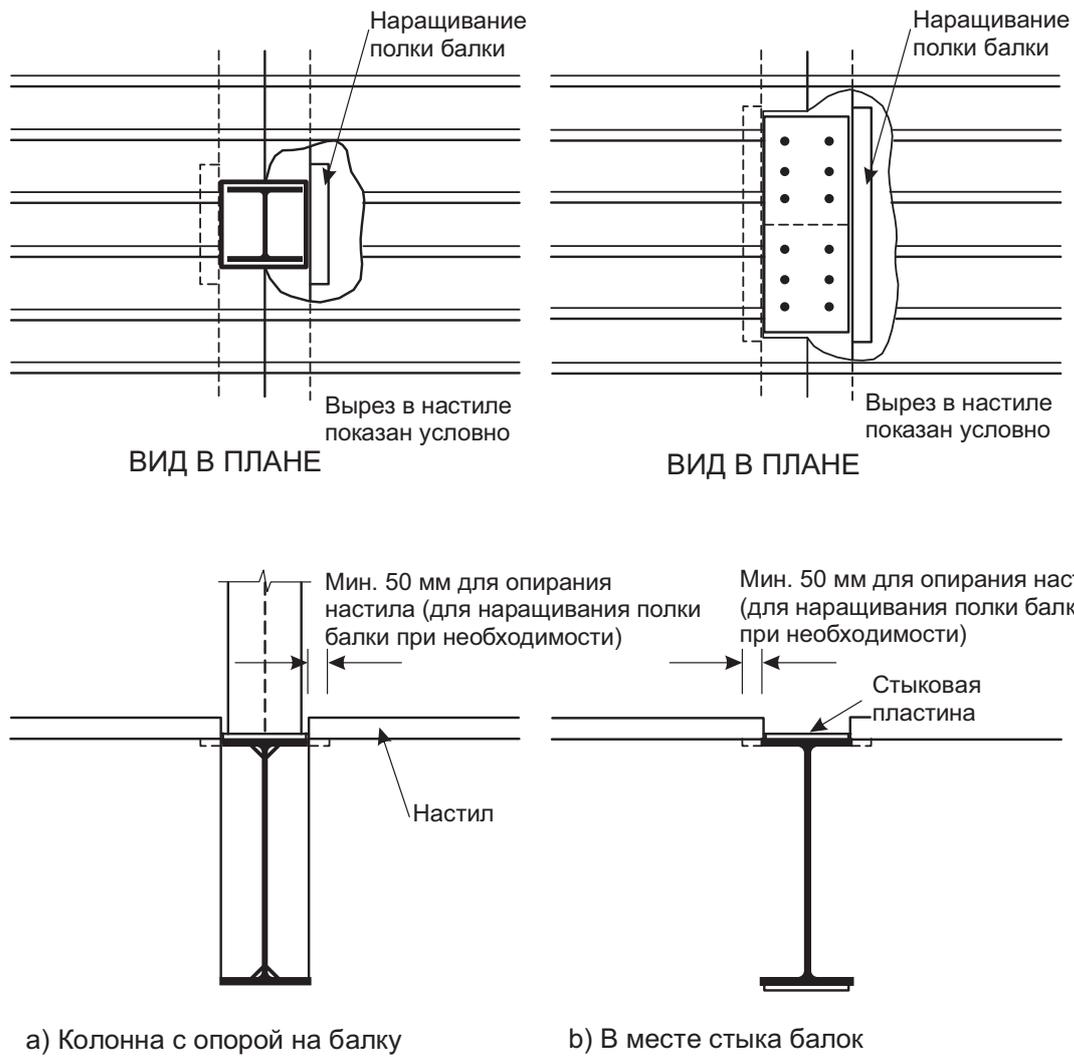
Необходимость в установке временных опор может также возникнуть в случае прохода через настил временных конструкций (в зависимости от размера отверстий прохода). Во избежание проблем в подобных ситуациях, крайне важное значение имеет взаимодействие генерального подрядчика, на которого возлагается ответственность за устройство временных конструкций, и инженера-проектировщика, ответственного за выбор подходящих для этой цели стальных конструкций.

Настил необходимо обрезать по периметру каждого отверстия. Типовой вид отверстия с проходящей через него колонной показан на рис. 4.9.

Если проект предполагает установку временных опор по периметру отверстия, то очевидно, что эти временные опоры устанавливаются на время монтажа, т. е. они служат временной опорой для настила. Готовая плита перекрытия может потребовать дополнительного армирования, например, по периметру отверстия в железобетонной плите, не отделанного накладками (см. раздел 4.2.6), с целью обеспечения восприятия эксплуатационных нагрузок. Выбор арматуры осуществляется инженером-проектировщиком.

### **Длина листов**

Допуск по длине для листов стального неглубокого настила обычно принимается в диапазоне от +0 мм до -3 мм. Использование положительного нулевого допуска связано с предупреждением накапливания длины при стыковке большого количества листов один за другим. В процессе укладки длинных листов встык положение стыка может сильно смещаться, в результате приводя к недостаточному опиранию крайних листов. Чтобы этого избежать, можно выполнить подрезку листов на строительной площадке. Процедура укладки настила упрощается, если листы несколько короче необходимого. Небольшой зазор между листами над двутавровыми балками несимметричного сечения не оказывает влияния на конструкцию.



**Рис. 4.8.** Схемы расположения настила в местах установки колонны на балку и в месте стыка балок каркаса



**Рис. 4.9.** Пример укладки настила при пересечении с колонной

## 4.2 Комбинированные плиты перекрытий

Комбинированные перекрытия обычно используются для перекрытия пролетов длиной от 3 до 4,5 м. Комбинированные перекрытия устанавливаются на двутавровые балки несимметричного сечения или стены. Как правило, длина пролетов определяется способностью настила выдерживать монтажные нагрузки без необходимости установки временных опор (в случае использования временных опор длина пролетов может быть увеличена). Стандартная толщина плит перекрытия составляет от 100 до 250 мм при использовании неглубокого настила и от 280 до 320 мм при использовании глубокого настила.

По окончании набора требуемой прочности бетон, в сочетании с настилом, образует комбинированное перекрытие. В целом, комбинированное перекрытие можно рассматривать как железобетонную плиту, в которой настил выступает в качестве внешней арматуры.

Несущая способность комбинированных перекрытий напрямую зависит от сопротивления сдвигу и механического соединения бетона с настилом (а не от деформации настила). Как показывают испытания, сопротивление сдвигу обычно нарушается в случае «проскальзывания» (смещения настила относительно слоя бетона) величиной 2–3 мм на концах пролета. На практике, в условиях нагрузок, не превышающих предельные значения, такого «проскальзывания» не происходит. Однако начальное проскальзывание, связанное с разрушением химических связей, может произойти при более низкой нагрузке. Таким образом, сопротивление сцеплению обусловлено рельефным профилем настила (который заставляет бетон «скользить» по настилу) и элементов профиля настила типа «ласточкин хвост» (которые препятствуют скольжению между настилом и бетоном).

Британский стандарт EN 1994-1-1<sup>[14]</sup> и BS 5950-4<sup>[11]</sup> содержат рекомендации по повышению изгибной жесткости комбинированных перекрытий за счет увеличения количества арматуры или установки концевых крепежных элементов, работающих на сдвиг.

Если в ходе монтажа временные опоры не устанавливаются, то воздействию собственного веса влажной бетонной смеси и монтажных нагрузок подвергается только настил. Нагрузки, возникающие впоследствии, воспринимаются комбинированным профилем. Если под плиту перекрытия установлены опоры, то комбинированный профиль воспринимает все указанные выше нагрузки. Как ни странно, это может привести к снижению способности перекрытия воспринимать временную нагрузку. Это связано с увеличением горизонтального сдвига на границе между настилом и бетоном. Тем не менее независимо от наличия или отсутствия временных опор существует возможность разработки проектного решения, обеспечивающего высокое сопротивление воздействию нагрузок, превышающее требования, предъявляемых к большинству зданий.

В большинстве случаев комбинированные перекрытия проектируются как элементы с простой опорой, рассчитанные на нормальные условия эксплуатации, при этом целостность, обеспечиваемая за счет установки дополнительной арматуры в районе опор, не учитывается. Существует два общепризнанных метода проектирования перекрытий. Оба метода основаны на информации о сопротивлении плиты перекрытия сдвигу за счет равномерного распределения нагрузки, полученной эмпирическим путем. Более традиционным методом, который упоминается в Британском стандарте (BS) EN 1994-1-1 и BS 5950-4, является так называемый метод «*t* и *k*» (эмпирические коэффициенты) (см. раздел 4.2.3). Однако этот метод подразумевает некоторые ограничения и не подходит для расчета параметров сосредоточенной линейной и точечной нагрузки. В качестве альтернативного метода Еврокодом предусмотрен метод расчета, основанный на принципах частичного сдвигового соединения. Этот метод представляет собой более логичный подход к определению сопротивления перекрытия воздействию сосредоточенных линейных или точечных нагрузок. Обычно проектировщикам нет необходимости подробно вникать в методику расчета, поскольку большинство производителей представляет расчетные данные в виде таблиц соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок. Однако следует учесть, что такие данные применимы только для равномерного нагружения.

## 4.2.1. Бетон

### Типы бетона

В комбинированных перекрытиях применяется как тяжелый, так и легкий бетон. Согласно актуальным версиям Еврокодов легкий бетон в настоящее время носит название «легкого заполнителя». Для изготовления тяжелого бетона используются натуральные тяжелые заполнители<sup>[15]</sup>. В состав легкого бетона входят искусственные заполнители, например, гранулы порошкообразной топливной золы. Содержание цемента и воды в легком бетоне выше ввиду гигроскопических свойств заполнителя. Используемый тяжелый бетон обычно имеет класс прочности C25/30, C28/35 или C32/40; легкий бетон обычно имеет класс прочности LC25/28, LC28/31 или LC32/35.

Предпочтение, как правило, отдается легкому бетону по причине очевидного преимущества в виде облегчения конструкции на 25 % и, как следствие, большей экономичности конструкции здания и фундамента в целом (для получения информации о плотности бетона, необходимой при проектировании, см. раздел 4.1.2). Также легкий бетон по сравнению с тяжелым бетоном обладает повышенной огнестойкостью при меньшей толщине перекрытия, что является решающим фактором при проектировании перекрытий, важным требованием для которых является огнестойкость (см. раздел 4.2.5). Однако на практике использовать легкий бетон возможно не всегда, ввиду его недоступности в некоторых регионах Великобритании. Кроме того, использование легкого бетона может оказаться нецелесообразным в местах с интенсивным движением, поскольку для придания частицам легкого заполнителя стойкости к износу требуется специальная обработка поверхности путем нанесения дополнительного плотного слоя раствора с последующим тщательным заглаживанием поверхности. Еще одним недостатком легкого бетона являются его худшие звукоизоляционные характеристики по сравнению с тяжелым бетоном.

*Легкий бетон обладает рядом эксплуатационных преимуществ, однако он недоступен в некоторых регионах Великобритании.*

### Марка бетона

Инженер-проектировщик составляет спецификацию бетона, исходя из расчетных требований. При выборе спецификации бетона учитываются следующие условия:

- общие требования к конструкции;
- требованиям к отделочному слою перекрытия;
- среда эксплуатации.

Согласно BS EN 206-1<sup>[16]</sup> и BS 8500<sup>[17]</sup> класс прочности бетона представляет собой прочность бетонного образца в виде цилиндра или куба на сжатие (с гарантированной обеспеченностью на 95 %) через 28 дней. Прочность образца, выполненного в виде цилиндра, составляет около 80 % от прочности куба с гранью 150 мм. Информация о зависимости расчетной прочности бетона от его марки приводится в стандартах по проектированию.

В общем случае минимальная прочность бетона должна соответствовать классам C25/30 или LC25/28. Для бетона с поверхностью, незащищенной от механических повреждений, минимальная прочность должна соответствовать классу C28/35 (или C32/40, что предпочтительнее).

### Отделка поверхности

Существует два основных варианта условий эксплуатации бетона, которые подразумевают работу бетона в качестве верхнего настила (поверхности износа) или укладку поверх бетона фальшпола, стяжек, коврового покрытия, плитки, листов винила и т. д. Для работы в качестве верхнего настила поверхность бетона должна быть подвергнута механической затирке. Перед выполнением механической затирки необходимо дождаться начала твердения бетона. В ходе механической затирки материал поверхности сжимается и полируется, что позволяет придать поверхности большую твердость и прочность. Рекомендации по механической затирке приведены в BS 8204<sup>[18]</sup> и Техническом отчете общества бетона № 34<sup>[19]</sup>.

Если проект не предусматривает использование бетона в качестве верхнего настила (поверхности износа), рекомендуется выполнить отделку поверхности бетонного покрытия при помощи деревянного валька, заглаживание или механическую затирку.

### **Высушивание**

Так как бетон контактирует только с одной поверхностью комбинированного перекрытия, его высушивание может занять более длительное время, чем в случае традиционной железобетонной плиты. В случае применения настилов и/или клеевых составов, чувствительных к влажности, процесс высушивания перекрытия до состояния, при котором применение указанных материалов станет возможным, может занять много месяцев. Если график работ, установленный контрактом, не предусматривает указанного количества времени для высушивания бетона, необходимо предусмотреть такие меры, как применение специальных бетонных смесей, подсушка бетона или применение паронепроницаемой прослойки.

При использовании паронепроницаемой прослойки влага удерживается в перекрытии. Это, однако, не оказывает негативного влияния на бетон или настил, поскольку сталь, контактирующая с поверхностью бетона, обладает стойкостью к коррозии за счет высокого уровня рН. Такой метод ускорения высушивания бетона, как проделывание отверстий или перфорации в настиле является неэффективным, поскольку площадь отверстий является недостаточной, чтобы существенно повлиять на время высушивания.

Дополнительные указания по обеспечению испарения влаги при высушивании бетона содержатся в документе AD 163<sup>[20]</sup>.

### **Выверка конструкций**

Следует учитывать, что идеально горизонтальное и ровное перекрытие является трудновыполнимым требованием ввиду того, что рельсы для трамбовки обычно располагаются вдоль двутавровых балок несимметричного сечения, которые деформируются под собственным весом завершеного перекрытия. Поэтому не рекомендуется указывать это требование в проекте перекрытия, кроме случаев крайней необходимости. Для обеспечения большей точности необходимо определить величину прогиба в центральной части балок и располагать рейки для выверки вдоль каждой балки с учетом этого прогиба. Однако точно определить величину деформации часто не представляется возможным, поскольку на практике деформация балок может быть ниже прогнозируемой (например, за счет жесткости соединений балки с колонной). Оптимальным вариантом будет располагать рельсы на том основании, что деформация балок будет на 30 % меньше, чем деформация, прогнозируемая на основе элементарной теории.

При использовании временных опор прогиб возникает после демонтажа временных опор. При этом, чем раньше был произведен демонтаж временных опор, тем больше будет прогиб (ввиду меньшей жесткости свежееуложенного бетона). Не демонтируйте временные опоры до набора расчетной прочности бетонной смеси.

Ввиду зависимости величины отклонения уровня от величины прогиба комбинированного перекрытия и двутавровых балок несимметричного сечения допуски на прогиб предусматриваются только для мест с незначительным прогибом опорной конструкции, т. е. в местах расположения колонн. В случае превышения допустимой величины деформации в других местах, генеральный подрядчик практически не имеет возможности устранить данную проблему.

Рекомендуется соблюдать следующие требования к допускам:

- уровень верхней поверхности бетона отн. абсолютного уровня  $\pm 15$  мм;
- уровень верхней поверхности стальных двутавровых балок несимметричного сечения отн. абсолютного уровня  $\pm 10$  мм.

В силу указанных выше причин допуск на толщину следует закладывать только в местах расположения колонн. В случае крайней необходимости определить абсолютный уровень верхней поверхности допуск на толщину рассчитывается путем сложения допусков верхнего и нижнего уровня согласно методике, описанной в BS 5606<sup>[21]</sup>. Согласно данному методу,

допуск на толщину перекрытия составляет  $\pm 18$  мм. Для большего ограничения величины допусков на толщину необходимо определить уровень бетона относительно уровня опорных стальных конструкций.

Суммарный прогиб настила и балок делает задание жестких допусков на ровность комбинированных перекрытий нецелесообразным. В BS 8204<sup>[18]</sup> указаны три класса допуска на ровность перекрытий (см. таблицу 4.1 ниже). Отклонение определяется при помощи 3-метровой эталонной рейки, прикладываемой к поверхности сверху, путем измерения максимального зазора между рейкой и поверхностью. В случае комбинированных перекрытий эталонная рейка должна прикладываться параллельно опорным балкам, т. е. перпендикулярно пролету настила.

**Таблица 4.1.** Допуски на ровность поверхности

| BS 8204.<br>Обозначение<br>класса<br>ровности | Максимальный<br>зазор между<br>поверхностью<br>и 2-метровой<br>эталонной<br>рейкой | Комментарии  |
|---|--|--|
| SR1   | 3<br>(1 на 667)  | <b>Высокий стандарт, не достигаемый в подвесных перекрытиях любой конструкции</b>  |
| SR2   | 5<br>(1 на 400)  | Соответствие поверхности данному классу обеспечивается на отдельных участках комбинированного перекрытия, но не для всей поверхности перекрытия по причине прогиба. Класс SR2 предъявляет жесткие требования к ровности поверхности, поэтому для его обеспечения на любом типе подвесного перекрытия требуется высокое качество исполнения |
| SR3   | 10<br>(1 на 200)   | Соответствие поверхности данному классу может обеспечиваться на большей части поверхности перекрытия <b>в зависимости от прогиба двутавровых балок несимметричного сечения</b>   |

## 4.2.2 Армирование

### Стержневая арматура

#### Типы и особенности

Стержневая арматура комбинированных перекрытий обычно используется в составе арматурных сеток с относительно невысоким процентом армирования. Как правило, данная сетка имеет дополнительное усиление. Арматурная сетка необходима для:

- обеспечения необходимой изгибной жесткости опор в случае пожара (в нормальных нагрузках это, как правило, не учитывается);
- снижения интенсивности и контроля трещинообразования в опорах, вызванного изгибным напряжением и неравномерной деформацией;
- распределения точечной и линейной сосредоточенной нагрузки;
- обеспечения дополнительной прочности на краях отверстий (см. раздел 4.2.6);
- поперечного армирования комбинированных балок (см. раздел 5.3.2).

Наиболее распространенные размеры арматурной сетки — A142 и A193 (обозначения согласно BS 4483<sup>[22]</sup>). Числа в обозначениях сеток обозначают площадь поперечного сечения (в мм<sup>2</sup>) стержневой арматуры на метр ширины. Обычно арматурная сетка изготавливается в виде «листов» размерами 2,4 × 4,8 м (Ш × Д). Наиболее часто используется арматурная сетка — типа А, слои стержней в которой распределены с одинаковым шагом в обоих направлениях (так называемая «квадратная» сетка). Также представлена арматурная сетка типа В или С: с усиленными прутками или меньшим шагом между стержнями в одном из направлений. В «конструктивных» арматурных сетках типа В шаг между продольными стержнями составляет 100 мм, между поперечными стержнями — 200 мм. Сетки данного типа применяются для дополнительного усиления перекрытий, если этого обусловлено требованиями к кон-

струкции или огнестойкости. Арматурные сетки типа С — это легкие сетки с поперечными стержнями, предназначенные для применения на участках дорожного движения. Сетки типа С не пригодны для использования с комбинированными перекрытиями.

*Не рекомендуется использовать арматурные сетки размером ниже А142 ввиду их низкой огнестойкости и невозможности регулирования усадки. Такие сетки устанавливаются по конструктивным требованиям.*

Для усиления арматурной сетки в ней может устанавливаться дополнительная стержневая арматура, выполняющая следующие функции.

- Повышение предела огнестойкости.
- Усиление перекрытия в районе проемов большого размера.
- Дополнительное поперечное армирование.
- Улучшение контроля за трещинообразованием.

Требования к арматурной сетке изложены в BS 4483<sup>[22]</sup>, требования к стержневой арматуре — в BS 4449<sup>[23]</sup>. Требования к конструированию содержатся в BS EN 1992-1-1<sup>[24]</sup> или BS 8110<sup>[30]</sup>, а также BS 8666<sup>[25]</sup>. Изготавливаемая стержневая арматура имеет класс А, В или С в зависимости от ударной вязкости. Согласно устоявшейся в Великобритании практике при выборе стержневой арматуры обычно отдается предпочтение классу В, а при выборе арматурной сетки — классу А. Класс ударной вязкости арматуры не влияет на длину нахлеста и зоны анкеровки. Стержневая арматура в сетках, изготовленных по BS 4483, усилена ребрами жесткости. Это позволяет уменьшить требуемую длину зоны анкеровки по сравнению с гладкими стержнями. BS EN 1992-1-1 предполагает использование стержневой арматуры с ребрами жесткости, однако BS 8110 допускает использование как ребристых, так и гладких стержней.

В комбинированных перекрытиях малой толщины арматура должна располагаться над настилом на достаточной высоте для обеспечения укладки бетона вокруг стержней. Требования к поверхностному слою зависят от класса бетона и среды эксплуатации. Рекомендации приведены в таблицах NA.2 и NA.3 BS EN 1992-1-1, которые представляют собой более сжатую версию информации, содержащейся в BS 8500-1<sup>[17]</sup>. На ее основе инженер-проектировщик определяет классификацию среды эксплуатации для поверхностного слоя перекрытия. Существуют следующие среды эксплуатации.

- Закрытое помещение с низкой влажностью воздуха — для перекрытий, расположенных в зданиях с наружной обшивкой, например, в общественных зданиях; класс среды эксплуатации бетона: XC1.
- Условия, характеризующиеся высокой влажностью — для перекрытий, расположенных снаружи; класс среды эксплуатации бетона: XC3 или XC4.
- Воздействие морской среды — для перекрытий, являющихся частью морских сооружений; класс среды эксплуатации бетона: XS1, XS2 или XS3.
- Условия, в которых перекрытия подвергаются воздействию попеременного замораживания и оттаивания; класс среды эксплуатации бетона: XS (рекомендации по данному классу приведены в BS 8500-1).

Данные из таблицы NA.2 BS EN 1992-1-1 применяются в случаях, если предполагаемый срок службы конструкции составляет 50 лет; таблица NA.3 — если предполагаемый срок службы конструкции составляет 100 лет (обычно не применяется для зданий).

В условиях воздействия на перекрытие хлоридов и попеременного замораживания и оттаивания, например на автомобильных стоянках, применяется класс среды эксплуатации бетона XD3 или, если предполагаемый срок службы конструкции не превышает 30 лет, XF3 или XF4 при условии покрытия поверхности бетона слоем эффективной, прочной и долговечной гидроизоляционной прослойки (прослойка должна представлять собой гидроизоляционное покрытие, препятствующее проникновению в бетон влаги, с содержанием противомонолитных реагентов, в том числе через швы и трещины в бетоне).

Рекомендуемые значения для поверхностного слоя бетона классов среды эксплуатации ХС1 и ХС3/4 даны в таблице 4.2. Параметры поверхностного слоя и спецификации бетона для других классов среды эксплуатации приведены в BS 8500-1.

Рекомендации по параметрам надежности, приведенные в этом разделе, относятся только к бетону и арматуре. Информация об антикоррозионной защите металлического настила содержится в разделе А.1.1.

**Таблица 4.2.** Минимальные требования к защитному слою для арматуры для различных сред эксплуатации

| Тип заполнителя  | Тяжелый бетон |        |        |        |        | Легкий бетон |         |         |
|--|---------------|--------|--------|--------|--------|--------------|---------|---------|
|  | С25/30        | С28/35 | С32/40 | С35/45 | С40/50 | LC25/28      | LC28/31 | LC32/35 |
| Класс прочности бетона   |               |        |        |        |        |              |         |         |
| Макс. водоцементное соотношение  | 0,65          | 0,60   | 0,55   | 0,50   | 0,45   | 0,65         | 0,60    | 0,55    |
| Мин. содержание цемента на 20 мм заполнителя (кг/м <sup>3</sup> )                | 260           | 280    | 300    | 320    | 340    | 260          | 280     | 300     |
| Мин. содержание цемента на 14 мм заполнителя (кг/м <sup>3</sup> )                | 280           | 300    | 320    | 340    | 360    | 280          | 300     | 320     |
| Мин. содержание цемента на 10 мм заполнителя (кг/м <sup>3</sup> )                | 300           | 320    | 340    | 360    | 360    | 300          | 320     | 360     |
| Нормативная толщина защитного слоя до арматуры, согласно степени воздействия, мм |               |        |        |        |        |              |         |         |
| ХС1  | 25            | 25     | 25     | 25     | 25     | 25           | 25      | 25      |
| ХС3/4  | 45            | 40     | 35     | 35     | 30     | 45           | 40      | 35      |

**Примечания:**

- приведенные значения взяты из BS 8500-1<sup>[17]</sup> и BS EN 206-1<sup>[16]</sup>;
- классы среды эксплуатации определены в BS 8500-1. Для перекрытий, установленных в помещении, внутри отапливаемых зданий, защищенных от проникновения влаги, используется бетон с классом среды эксплуатации ХС1. Для перекрытий, подверженных воздействию повышенной влажности или попеременному увлажнению и высыханию, используется бетон с классом среды эксплуатации ХС3/4. В некоторых средах эксплуатации, например, на автомобильных стоянках, могут применяться более высокие классы бетона;
- нормативная толщина поверхностного слоя: значения толщины поверхностного слоя, приведенные в BS 8500-1, являются минимальными, а не нормативными. Нормативные значения толщины поверхностного слоя, приведенные в таблице 4.2 — это минимальные значения, взятые из BS 8500-1, плюс допуск на крепление ( $\Delta c$ ), который составляет 10 мм. Указанные значения толщины поверхностного слоя рассчитаны на предполагаемый срок службы конструкции в 50 лет. Если предполагаемый срок службы конструкции составляет 100 лет, толщина поверхностного слоя класса эксплуатации ХС1 не требует изменений, а толщину поверхностного слоя класса эксплуатации ХС3/4 необходимо увеличить на 15 мм;
- на практике при использовании легкой арматурной сетки толщина поверхностного слоя не должна быть менее 30 мм ввиду сложностей, связанных с удержанием легкой арматурной сетки в нужном месте;
- приведенная толщина поверхностного слоя рассчитана на обеспечение надежности конструкции. С целью обеспечения огнестойкости может потребоваться увеличить толщину слоя.

При проектировании по BS 8110 рекомендованная длина нахлеста и зоны анкеровки для сварной сетки и прутков приведены в таблице 4.3, а при проектировании по BS EN 199211 — в таблице 4.4.

**Таблица 4.3.** Рекомендованная длина нахлеста растянутой арматуры и длина анкеровки для сварной сетки и прутков согласно BS 8110

| Тип заполнителя<br>Класс прочности       |                         | Тяжелый бетон |        |        | Легкий бетон |         |         |
|--|-------------------------|---------------|--------|--------|--------------|---------|---------|
|  |                         | C25/28        | C28/30 | C28/31 | LC28/35      | LC32/35 | LC32/40 |
| Тип арматуры                             | Тип прутка/стержня      |               |        |        |              |         |         |
| Стержень марки 500, диаметр d            | Периодич. профиль тип 2 | 44d           | 40d    | 38d    | 56d          | 54d     | 50d     |
| Сетка A142 (прутки 6 мм с шагом 200 мм)  | Периодич. профиль тип 2 | 275           | 250    | 250    | 350          | 325     | 300     |
| Сетка A193 (прутки 7 мм с шагом 200 мм)  | Периодич. профиль тип 2 | 300           | 275    | 275    | 400          | 375     | 350     |
| Сетка A252 (прутки 8 мм с шагом 200 мм)  | Периодич. профиль тип 2 | 350           | 325    | 300    | 450          | 425     | 400     |
| Сетка A393 (прутки 10 мм с шагом 200 мм) | Периодич. профиль тип 2 | 440           | 400    | 375    | 550          | 550     | 500     |

**Примечания:**

- (a) значения, приведенные в таблице 4.3, основаны на данных BS 8110-1<sup>[30]</sup> для стержней/сетки в полностью напряженном состоянии. При этом следует отметить, что рекомендации, определенные в соответствии с BS EN 1992-1-1 (как показано ниже в таблице 4.4), могут отличаться от приведенных выше;
- (b) если нахлестка наблюдается в верхней части секции, при этом минимальная толщина поверхностного слоя меньше длины нахлеста арматуры, умноженной на 2, то длину нахлеста следует увеличить в 1,4 раза;
- (c) стержни/прутки периодического профиля типа 2: стержни периодического профиля, выступающим за пределы основной гладкой части стержня/прутка. Могут использоваться стержни/прутки с продольными ребрами жесткости. Примечание. Большинство арматуры периодического профиля с высоким пределом текучести, доступной в Великобритании, относится к типу 2;
- (d) минимальная длина нахлеста/зоны анкеровки для стержней и прутков должна составлять 300 мм и 250 мм соответственно.

**Таблица 4.4.** Рекомендованная длина нахлеста и длина анкеровки для сварной сетки и прутков согласно BS EN 1992-1-1 и бетона класса C25/30

|                                |   | Условия сцепления | Арматура, работающая на растяжение, диаметр стержня, $\varnothing$ (мм) |     |     |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|---|-------------------|---|-----|-----|------|------|------|------|------|
|                                |   |                   | 8   | 10  | 12  | 16   | 20   | 25   | 32   | 40   |
| Длина зоны анкеровки, $l_{bd}$ | Только прямые стержни                                       | Хорошие           | 230   | 320 | 410 | 600  | 780  | 1010 | 1300 | 1760 |
|                                |   | Неудовл.          | 330   | 450 | 580 | 850  | 1120 | 1450 | 1850 | 2510 |
|                                | Стержни другого типа  | Хорошие           | 320   | 410 | 490 | 650  | 810  | 1010 | 1300 | 1760 |
|                                |   | Неудовл.          | 460   | 580 | 700 | 930  | 1160 | 1450 | 1850 | 2510 |
| Длина нахлеста, $l_o$          | 50-процентная нахлестка в одном месте ( $\alpha_6 = 1,4$ )  | Хорошие           | 320   | 440 | 570 | 830  | 1090 | 1420 | 1810 | 2460 |
|                                |   | Неудовл.          | 460   | 630 | 820 | 1190 | 1560 | 2020 | 2590 | 3520 |
|                                | 100-процентная нахлестка в одном месте ( $\alpha_6 = 1,5$ ) | Хорошие           | 340   | 470 | 610 | 890  | 1170 | 1520 | 1940 | 2640 |
|                                |   | Неудовл.          | 490   | 680 | 870 | 1270 | 1670 | 2170 | 2770 | 3770 |

**Примечания:**

- 1 нормативная толщина поверхностного слоя со всех сторон и шаг стержней  $\geq 25$  мм (т. е.  $\alpha_2 < 1$ );
- 2 коэффициенты, с учетом факторов, влияющих на анкеровку (определены в BS EN 1992-1-1, п. 8.4.4.), приняты равными  $\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1,0$ ;
- 3 расчетное напряжение принято равным 435 МПа. Если расчетное напряжение стержня  $\sigma_{sd}$ , измеренное в месте анкеровки, составляет менее 435 МПа, то значения, приведенные в данной таблице, следует разделить на 435 ( $\sigma_{sd}/435$ ). Минимальная длина нахлеста приведена в п. 8.7.3 BS EN 1992-1-1;
- 4 значения длины зоны анкеровки и нахлеста округлены до 10 мм;
- 5 в случае 33-процентной нахлеста стержней в одном месте используйте длину для 50-процентной нахлеста стержней, уменьшенную на коэффициент 0,82;
- 6 класс ударной вязкости арматуры не влияет на длину нахлеста и зоны анкеровки;
- 7 в плитах перекрытия толщиной до 250 мм для всей горизонтальной арматуры условия сцепления могут считаться хорошими;
- 8 в плитах перекрытия толщиной более 250 мм для горизонтальной арматуры внизу плиты (до 250 мм от низа) условия сцепления могут считаться хорошими. Для арматуры в верхней зоне (выше 250 мм от низа плиты) условия сцепления могут считаться неудовлетворительными;
- 9 информация, приведенная в данной таблице, взята из публикации «Проектирование бетонных конструкций согласно Еврокоду 2»<sup>[26]</sup>. В случае использования бетонных смесей другого класса, а также для получения дополнительных указаний обращайтесь к указанной публикации.

| Класс бетонной смеси | C20/25 | C28/35 | C30/37 | C32/40 | C35/45 | C40/50 | C45/55 | C50/60 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Коэффициент          | 1,16   | 0,93   | 0,89   | 0,85   | 0,80   | 0,73   | 0,68   | 0,63   |

### Фиброарматура

Фиброарматура представляет собой короткие волокна (фибру) из стали, полипропилена или сочетания указанных материалов, которые вводятся в бетон перед укладкой. В контролируемых условиях фибра может быть частично или полностью заменена арматурной сеткой. Использование фиброарматуры позволяет получить железобетонную комбинированную плиту перекрытия с объемным армированием.

Эксплуатационные характеристики фиброарматуры подтверждаются эмпирическим путем. В частности, испытания на огнестойкость и передачу усилий продольного сдвига при

одинаковых условиях испытания применяются для подтверждения использования традиционной арматуры в комбинированных перекрытиях со стальным настилом.

Использование фиброарматуры связано со значимыми преимуществами, включая снижение трудозатрат и сокращение сроков монтажа. Фиброарматура позволяет значительно снизить необходимость в продольном армировании в виде стержней или сетки, а также сократить до минимума количество арматурной сетки, тем самым снижая затраты на ее закупку, транспортировку и хранение. Это снижает время задействования кранового оборудования из-за уменьшения количества грузоподъемных операций. Меньшее количество арматуры облегчает монтаж перекрытия и делает его более безопасным, позволяет не загромождать рабочую зону перекрытия арматурой в ходе ее монтажа, крепления и проверки. Как результат, продолжительность монтажа может быть сокращена на 20 % (макс.).

В ходе независимых испытаний было доказано, что системы фиброарматуры обеспечивают аналогичные или более высокие эксплуатационные характеристики по сравнению с традиционными сетками, сваренными из прутков. Тем не менее в точках, подвергаемых сосредоточенным нагрузкам, может потребоваться локальное усиление. Фиброарматура обеспечивает сопротивление пластической усадке и растрескиванию при оседании, а также необходимую ударную вязкость, при этом ее характеристики зависят от конкретного типа фибры.

Требования к фибре, применяемой для армирования бетона, приведены в BS EN 14889<sup>[27]</sup>. Стальная фибра описывается в части 1, фибра из полимерных материалов — в части 2. Следует уделить особое внимание выбору полимерного материала фибры, поскольку согласно BS EN 14889 для использования в качестве замены традиционной арматурной сетки в плитах комбинированных перекрытий со стальным настилом подходит только фибра класса 11 (макрофибра).

Важно отметить, что плиты комбинированных перекрытий с фиброарматурой **не являются** универсальным изделием. С конкретными типами настила необходимо использовать определенный тип и количество фибры в соответствии со спецификацией производителя фибры, при этом в определенной комбинации настила и фибры ни один элемент указанной комбинации не может быть заменен на другой.

При использовании фиброарматуры общепринятой практикой является установка швеллеров на крайних комбинированных балках, стержневой арматуры вокруг отверстий в плите и арматурной сетки или стержней у рабочих швов или в местах, где комбинированная балка выступает за пределы опоры.

Подробная информация о фиброарматуре приведена в разделе 6.2.1. Дополнительные указания по использованию стальной фибры или синтетической макрофибры содержатся в Технических отчетах Общества бетона № 63<sup>[40]</sup> и № 65<sup>[41]</sup> соответственно.

*Ввод фиброарматуры осуществляется на строительной площадке в готовую к подаче бетонную смесь. Это позволяет сократить продолжительность монтажа на 20 % (макс.).*

### 4.2.3 Расчет на прочность

Эксплуатационные характеристики плиты комбинированного перекрытия с определенным профилем настила могут быть определены только эмпирическим путем. Методики испытаний приведены в BS EN 1994-1-1<sup>[14]</sup> и BS 5950-4<sup>[11]</sup>. В ходе испытаний должен быть проверен весь диапазон ключевых расчетных параметров (как правило, это толщина плиты и длина пролета). Сначала образцы подвергаются динамической нагрузке (5000 циклов нагружения до 1,5-кратной рабочей нагрузки согласно BS EN 1994-1-1 или 10 000 циклов нагружения согласно BS 5950-4). Затем образцы подвергаются статической нагрузке до тех пор, пока не произойдет разрушение образца. Целью испытания динамическим нагружением является разрушение адгезионных связей, в результате чего сохраняется только более стабильное механическое сцепление.

Методика испытаний подразумевает, что все нагрузки прикладываются к комбинированному сечению для имитации равномерного нагружения. В результате испытаний выводятся

эмпирические коэффициенты ( $m$  и  $k$ ) или «тау» ( $\tau$ ). Эти коэффициенты впоследствии могут быть использованы для количественной оценки сцепления стали и бетона.

На этапе расчета плит перекрытия инженеру-проектировщику уже не требуется проводить испытания для определения коэффициентов  $m$  и  $k$  или «тау» ( $\tau$ ). Указанные коэффициенты используются непосредственно производителями настилов для составления таблиц соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок при равномерных нагрузках для конкретной продукции, после чего данные таблицы предоставляются проектировщикам.

При наличии сосредоточенных линейных или точечных нагрузок, характеризующихся большей степенью воздействия на конструкцию, чем нормативная равномерно распределенная нагрузка, возникает необходимость в дополнительных испытаниях.

Испытания сопротивления комбинированной плиты со стержневой арматурой или сеткой вертикальному сдвигу проводятся аналогично испытаниям железобетонной плиты согласно указаниям, приведенным в BS EN 1992-1-1<sup>[24]</sup> или BS 5950-4. Испытание сопротивления сдвигу при пробивании в условиях точечных нагрузок также выполняется согласно указанным стандартам. При использовании фиброарматуры проектировщикам следует обращаться за рекомендациями к производителям фиброарматуры.

*Таблицы соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок, предоставляемые производителями, обычно основываются на результатах испытаний (с целью минимизации использования консервативных данных). Проектировщики должны следить за тем, чтобы данные из этих таблиц не использовались для условий, не предусмотренных испытаниями, особенно это касается сосредоточенных линейных или точечных нагрузок.*

#### 4.2.4. Расчет эксплуатационной пригодности

##### **Контроль за трещинообразованием**

Использование комбинированных перекрытий связано с риском трещинообразования в бетоне ввиду ограничения усадочной деформации стальным настилом и основной стальной конструкцией. При этом настил успешно выполняет роль арматуры и способствует распределению напряжения усадочной деформации, предотвращая образование крупных трещин. Как правило, трещинообразование не приводит к снижению надежности и эксплуатационной пригодности перекрытия. Дополнительное усиление арматурой (в дополнение к стандартной сетке) с целью контроля трещинообразования необходимо только в тех случаях, когда поверхность перекрытия выступает в качестве верхнего настила, или при использовании бетона «терраццо» и других жестких отделочных материалов. Если трещинообразование является проблемой, то для ограничения ширины трещин до рекомендуемых пределов количество арматуры может быть увеличено на 0,3 %. Как правило, предупреждение трещинообразования обеспечивается за счет использования арматурной сетки вместо стержневой арматуры.

В соответствии с требованиями BS EN 1994-1-1 при проектировании неразрезных перекрытий с простой опорой минимальная площадь поперечного сечения противооткольной арматуры между бетонным поясом и настилом должна составлять:

- 0,2 % от площади поперечного сечения бетона над ребрами при отсутствии временных опор;
- 0,4 % от площади поперечного сечения бетона над ребрами при использовании временных опор.

При использовании временных опор существует вероятность образования трещин большей ширины над промежуточными опорами, поскольку после демонтажа временных опор на комбинированное перекрытие переносится весь собственный вес плиты, что объясняет более высокий минимально необходимый процент армирования.

Приведенные выше значения не гарантируют, что образующиеся трещины не превысят типичную ширину в 0,3 мм, приведенную в BS EN 1992-1-1 (и в Национальном приложении к Британскому стандарту) в определенных средах эксплуатации. В случае применения бетона

(или отделки перекрытия), класс среды эксплуатации которого требует контроля трещинообразования, перекрытие следует проектировать как неразрезное, а ширину трещин в зонах действия отрицательных изгибающих моментов следует оценивать в соответствии с требованиями BS EN 1992-1-1.

Как показывает опыт, больше всего трещинообразованию подвержены зоны над двутавровыми балками несимметричного сечения ввиду сочетания ограничения усадочной деформации и изгибного напряжения<sup>[28]</sup>. Снизить риск образования случайных трещин в этих зонах можно за счет «принудительных» швов. Такие швы могут быть образованы путем распиливания плиты. При этом необходимо соблюдать осторожность, чтобы не задеть и не разрезать арматуру, обеспечивающую огнестойкость перекрытия и сопротивление продольному сдвигу. Помимо описанного метода, существует более надежный метод контроля трещинообразования путем установки дополнительной арматуры для предотвращения трещинообразования в зоне опор.

При использовании фиброарматуры вместо стержневой арматуры/сетки необходимо обратиться к поставщикам фибры для получения рекомендаций по предотвращению трещинообразования.

### Прогибы

При расчете прогибов, вызванных нагружением комбинированного элемента, применяется метод расчета упругого деформирования без учета усадочной деформации. Для внутреннего пролета неразрезных перекрытий, работающих на сдвиг, соединение в которых обеспечивается либо механическим/фрикционным сцеплением, либо концевой анкерровкой при помощи упоров, привариваемых сквозь настил, расчет прогиба может быть выполнен на основе усредненного значения момента инерции по площади перекрытия, с трещинами и без трещин. Этот метод расчета применяется как при проектировании по Еврокодам, так и при использовании BS 5950. При этом методы расчета отношения между модулями упругости бетона и арматуры для длительных и кратковременных воздействий в BS EN 1994-1-1 и BS 5950-4 (который ссылается на BS 5950-3) отличаются.

BS EN 1994-1-1 допускает не выполнять расчет прогиба комбинированного перекрытия, если для пролетных строений с внешними или простыми опорами выполняются следующие два условия:

- отношение длины пролета к толщине плиты не превышает максимально допустимые значения, указанные в BS EN 1992-1-1 для бетона в низконапряженном состоянии (см. таблицу 4.5 настоящего документа);
- нагрузка, вызывающая проскальзывание на 0,5 мм на концах плиты в ходе испытаний комбинированных перекрытий (на больших пролетах), в 1,2 раза превышает расчетную рабочую нагрузку.

**Таблица 4.5.** Общие правила для определения максимального соотношения длины пролета к толщине плиты в соответствии с BS EN 1992-1-1

|                    | Тяжелый бетон | Легкий бетон |
|--------------------|---------------|--------------|
| Одиночные пролеты  | 20            | 18,8         |
| Крайние пролеты    | 26            | 24,5         |
| Внутренние пролеты | 30            | 28,3         |

Если проскальзывание на концах плиты превышает 0,5 мм при нагрузке в 1,2 раза меньше расчетной рабочей нагрузки, проектировщику доступно два варианта решения:

- предусмотреть концевую анкерровку,
- выполнить расчет прогибов с учетом проскальзывания на концах плиты.

Если эмпирические характеристики сдвигового соединения между настилом и бетоном для комбинированных перекрытий с концевой анкерровкой недоступны, в BS EN 1994-1-1 пред-

усмотрено использование модели заанкеренной мостовой арки. Указания для проектировщиков на этот случай приведены в «Руководстве проектировщика к BS EN 199411<sup>[29]</sup>».

Также BS 5950-4 предлагает простые правила расчета, обеспечивающие нормальные характеристики прогиба комбинированного перекрытия. Расчет характеристик прогибов при проектировании в соответствии с указанным стандартом не требуется, если отношение длины пролета к толщине плиты не превышает значений, приведенных в таблице 4.7. Убедившись, что указанные ограничения в отношении плиты соблюдаются, можно избежать чрезмерных прогибов. Расчетная длина пролета, перекрываемого настилом, определяется в BS 5950-4 как меньшее из следующих значений:

- расстояние между центрами опор;
- длина открытого пролета между опорами плюс расчетная толщина комбинированного перекрытия.

Значения, приведенные в таблице 4.7, относятся к равномерно нагруженным плитам перекрытия, с нормативным непрерывным армированием в зоне промежуточных опор (0,1 %), т. е. плиты перекрытия проектируются как плиты с простой опорой. Информация по перекрытиям с полностью неразрезной арматурой представлена в BS 8110<sup>[30]</sup>. Расчет величины прогиба должен обязательно выполняться для плит, не удовлетворяющих требованиям по соотношению длины пролета и толщины перекрытия, а также для плит, к которым применяются ограничения на количество арматуры. Согласно BS 5950-4 прогиб комбинированного перекрытия не должен превышать значений, указанных в таблице 4.6.

**Таблица 4.6.** Рекомендуемый максимально допустимый прогиб комбинированного перекрытия согласно BS 5950-4

| Критерий  | Рекомендуемый максимально допустимый прогиб |
|---|---|
| Прогиб, вызванный временной нагрузкой   | $L_s/350$ , но не более 20 мм               |
| «Прогиб, вызванный общей нагрузкой» - «прогиб под собственным весом плиты» + «(при использовании временных опор) прогиб после демонтажа временных опор» | $L/250$                                     |

Жесткость плит перекрытия с традиционной арматурной сеткой может определяться в соответствии с правилами проектирования «обычного» железобетонного перекрытия (с учетом эффективного сцепления настила с бетоном). При использовании фибробетона данные по жесткости плиты следует запросить у производителя.

**Таблица 4.7.** Общие правила для определения максимального соотношения длины пролета к толщине плиты в соответствии с BS 5950-4

|                    | Тяжелый бетон | Легкий бетон | Значения действительны для пролетных строений с нормативным непрерывным армированием при равномерных нагрузках |
|--------------------|---------------|--------------|--|
| Одиночные пролеты  | 30            | 25           |  |
| Крайние пролеты    | 35            | 30           |  |
| Внутренние пролеты | 38            | 33           |  |

### Чувствительность к динамическим нагрузкам

Чувствительность комбинированных перекрытий к динамическим нагрузкам не является критическим показателем ввиду их высокой жесткости по сравнению с балками. Тем не менее необходимо учитывать динамические нагрузки **на все перекрытие**, как описано в разделе 5.2.2.

Трещинообразование на внутренних бетонных поверхностях, как правило, не влияет на конструктивные характеристики здания, поэтому при расчете экономических показателей его последствиями зачастую можно пренебречь.

#### 4.2.5. Пожарная безопасность

Требования к огнестойкости плит перекрытий приведены в утвержденном документе В к Национальным строительным нормам. Согласно утвержденному документу, оценка огнестойкости выполняется на основе следующих критериев: «I» — потеря теплоизолирующей способности, «E» — потеря целостности и «R» — потеря способности выполнять несущие функции. Если проектирование выполняется на основе Еврокодов, указания по проектированию комбинированных перекрытий с учетом указанных критериев можно найти в BS EN 1994-1-2<sup>[31]</sup> и Национальном приложении к BS EN 1994-1-2<sup>[32]</sup>. В случае использования британских стандартов следует руководствоваться указаниями по проектированию в стандарте BS 5950-8<sup>[11]</sup>.

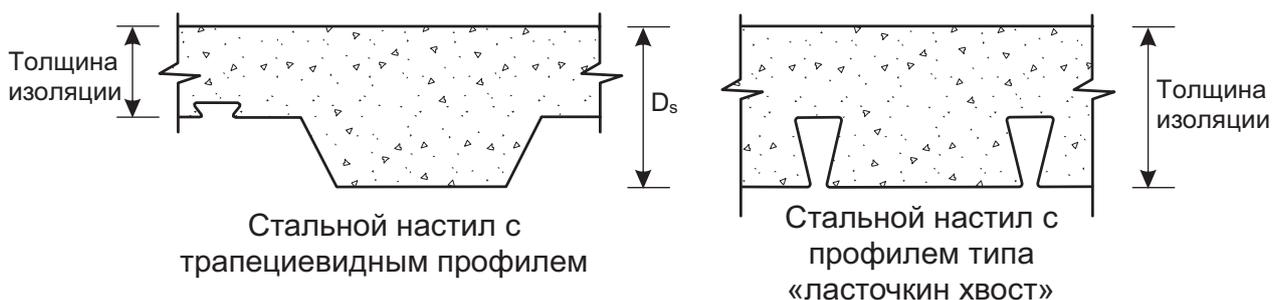
Огнестойкость по критерию потери теплоизолирующей способности изоляции достигается путем обеспечения достаточной толщины плиты перекрытия, при которой поверхность плиты, не подверженная воздействию огня, не превышает 140 °С. В BS 5950-8 и Национальном приложении к Британскому стандарту к EN 1994-1-2 приведена таблица рекомендуемой толщины бетона, обеспечивающая огнестойкость по критерию потери теплоизолирующей способности изоляции для стандартных пределов огнестойкости. Минимальная толщина бетона, необходимая для выполнения требований к огнестойкости по критерию потери теплоизолирующей способности изоляции, приводится в таблице 4.8 для настилов с трапециевидным профилем и в таблице 4.9 для настилов с профилем типа «ласточкин хвост». Как показано на рис. 4.10, толщина изоляции зависит от типа профиля: для трапециевидного профиля она равна толщине бетонного пояса до основного гребня настила, а для профилей типа «ласточкин хвост» — полной толщине плиты перекрытия.

**Таблица 4.8.** Минимальная толщина слоя бетона над стальным настилом (трапециевидный профиль), подверженного воздействию открытого огня в нормальном режиме

| Тип бетона                      | Минимальная толщина бетона (мм) для предела огнестойкости (мин) |    |    |     |     |     |
|---------------------------------|---|----|----|-----|-----|-----|
|                                 | 30  | 60 | 90 | 120 | 180 | 240 |
| Тяжелый бетон (во всех случаях) | 60  | 70 | 80 | 90  | 115 | 130 |
| Легкий бетон (во всех случаях)  | 50  | 60 | 70 | 80  | 100 | 115 |

**Таблица 4.9.** Минимальная толщина слоя бетона над стальным листовым настилом (профиль типа «ласточкин хвост»), подверженного воздействию открытого огня в нормальном режиме

| Тип бетона    | Минимальная толщина бетона (мм) для предела огнестойкости (мин) |    |     |     |     |     |
|---------------|---|----|-----|-----|-----|-----|
|               | 30  | 60 | 90  | 120 | 180 | 240 |
| Тяжелый бетон | 90  | 90 | 110 | 125 | 150 | 170 |
| Легкий бетон  | 90  | 90 | 105 | 115 | 135 | 150 |



**Рис. 4.10.** Определение минимальной толщины изоляции

На основе информации, приведенной в стандарте EN 1994-1-2, проектировщик может рассчитать изгибную жесткость и изоляционные свойства при условии, что комбинированные перекрытия соответствуют требованиям к огнестойкости по критерию потери целостности.

Испытания на огнестойкость проводились на плитах перекрытий с традиционной арматурной сеткой и на плитах с фиброарматурой.

Способность плиты выполнять несущие функции в условиях повышенной температуры может быть определена путем расчета в соответствии с принципами, изложенными в стандарте EN 1994-1-2. Национальное приложение к британскому стандарту содержит дополнительные указания по определению расчетных температур для настилов с профилями, традиционными для Великобритании.

В зависимости от длины пролетного строения для обеспечения огнестойкости по критерию потери способности выполнять несущие функции (R) может потребоваться увеличение размера арматурной сетки или усиление гофр настила при помощи дополнительной стержневой арматуры. В любом случае дополнительное армирование применяется для компенсации потери прочности (открытого) настила при повышенной температуре. Как правило, указания по проектированию с учетом данного условия приведены в расчетных таблицах производителей настилов. Эти таблицы составлены на основе расширенного применения результатов испытаний огнестойкости и содержат указания по конкретным изделиям, что позволяет предложить наиболее экономичное конструктивное решение в области огнезащиты. Расширенное применение результатов испытаний огнестойкости основано на расчетной модели сопротивления пластической деформации в соответствии с принципами, изложенными в § 4.3.1 стандарта EN 1994-1-2 и рекомендациями Национального приложения Британского стандарта EN 1994-1-2.

Согласно Национальному приложению британского стандарта справочное приложение D к стандарту EN 1994-1-2 не используется, поскольку многие профили настилов, применяемые в Великобритании, находятся вне области применения указанного приложения. Было обнаружено, что применение методов из приложения D к этим профилям настилов дает ответы, непригодные для реализации на практике. В других европейских странах, где рекомендуется использовать приложение D для проектирования, в случае применения британских профилей настилов единственным действительным методом расчета будет использование расчетных таблиц по огнестойкости.

Проектные решения по плитам перекрытий считаются выполняющими рекомендации стандарта EN 1994-1-1 по расчету температуры воздуха в помещении, если они обеспечивают предел огнестойкости в 30 минут по критерию потери способности выполнять несущие функции (R). Тем не менее перекрытия также подлежат проверке по критерию потери теплоизолирующей способности.

Дополнительная информация по расчету огнестойкости по критерию способности комбинированных перекрытий выполнять несущие функции представлена в документе R375<sup>[33]</sup>.

## 4.2.6 Отверстия и края плит

### Отверстия

Комбинированные перекрытия могут иметь отверстия. Некоторые из необходимых рекомендаций по ограничению размеров отверстий, а также по дополнительному армированию обычно приводятся в примечаниях к таблицам соотношения длины пролетов и допускаемых нагрузок, предоставляемых производителем настила. Ниже приведены дополнительные рекомендации по проектированию перекрытий с неглубоким настилом (информация по глубоким настилам содержится в разделе 7). Рекомендации по устройству отверстий приведены в «Практическом руководстве BCSA по устройству металлических настилов и приварке стоек»<sup>[6]</sup>.

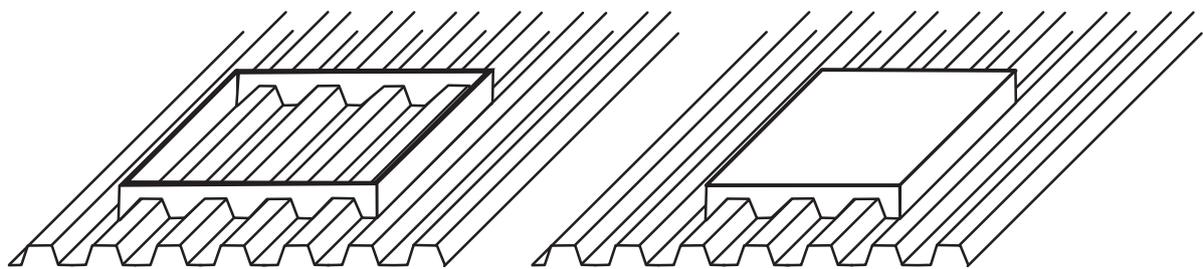
Отверстия подразделяются на несколько видов в зависимости от размера.

- Малые — отверстия менее 300 мм<sup>2</sup>. Такие отверстия обычно не оказывают влияния на конструкцию и не требуют дополнительного армирования.

- Средние — отверстия от 300 до 700 мм<sup>2</sup>. Данные отверстия обычно требуют дополнительного армирования плиты перекрытия. Это требование также применимо, если проемы расположены близко друг к другу.
- Большие — квадратные отверстия 700 мм<sup>2</sup> и более. В таких отверстиях требуется отделка путем добавления постоянных стальных конструкций к несущим балкам.

Следует отметить, что размеры, приведенные в документации производителя для конкретных профилей, могут отличаться от указанных выше. В этом случае необходимо руководствоваться указаниями производителя.

Стандартной практикой, применяемой генеральным подрядчиком для малых и средних отверстий, является их формирование путем закладки обрамляющей рамки в участке настила перед бетонированием при помощи деревянных или полистироловых вставок, как показано на рис. 4.11. Прежде чем резать настил, необходимо дождаться набора 75 % от расчетной прочности бетонной смеси. Затем формируется отверстие путем вырезания или выжигания, а срезанные края отгибаются вверх или шлифуются. Если резка настила должна быть выполнена перед бетонированием, то может потребоваться временная опора. Поскольку это может повлиять на конструкцию перекрытия, необходимо проконсультироваться с инженером-проектировщиком.

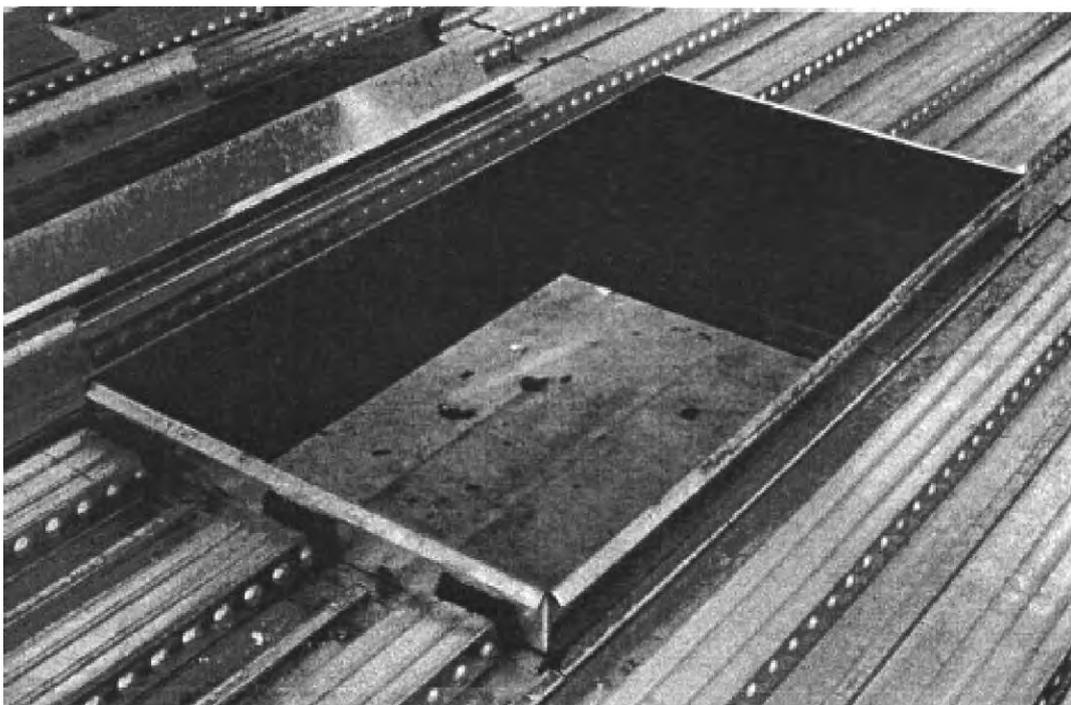


Деревянная опалубка

Плотный блок из полистирола

**Рис. 4.11.** Примеры закладки обрамляющей рамки для формирования отверстий

Для формирования больших проемов опорная стальная накладка, обрамляющая отверстие, устанавливается до устройства настила. В этом случае обрамление отверстия выполняется до того, как будет выполнена заливка плиты согласно рис. 4.12.

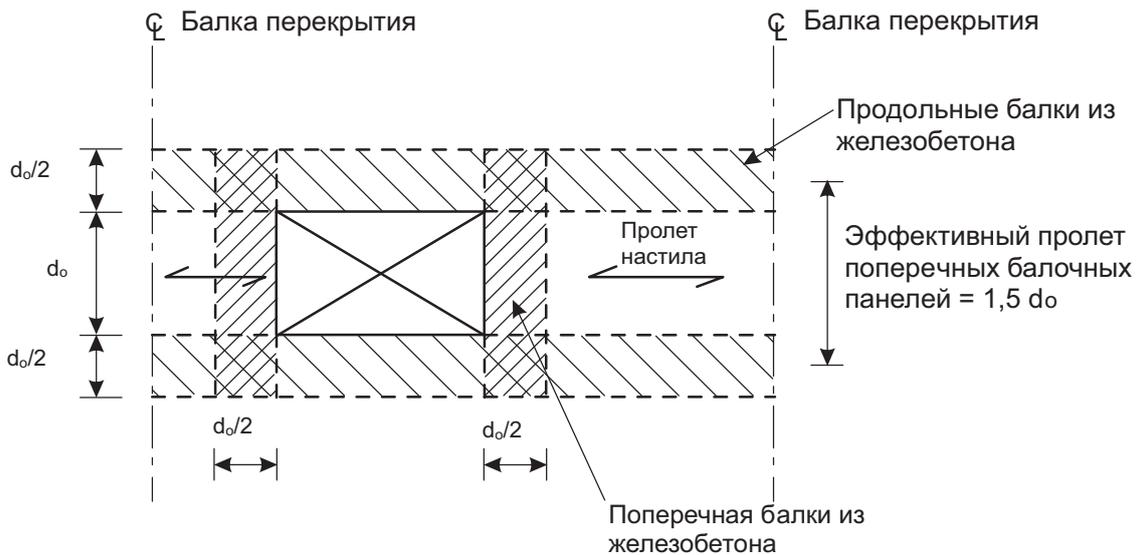


**Рис. 4.12.** Типичный проем с отделкой (выполняется непосредственно после укладки настила, до установки защитного ограждения и арматуры вокруг отверстия)

Не рекомендуется выполнять обрезку плиты после бетонирования (формирование проемов после бетонирования), так как это может привести к потере сцепления бетона с настилом. Если формирование проемов после бетонирования неизбежно, следует применять ударные методы резки, например, с использованием алмазных коронок/пил, чтобы свести к минимуму нарушение механического сцепления настила с бетоном. Влияние расположения и размера отверстия на конструкцию требует тщательного рассмотрения. Расположение и размер отверстия всегда должны согласовываться с инженером-проектировщиком.

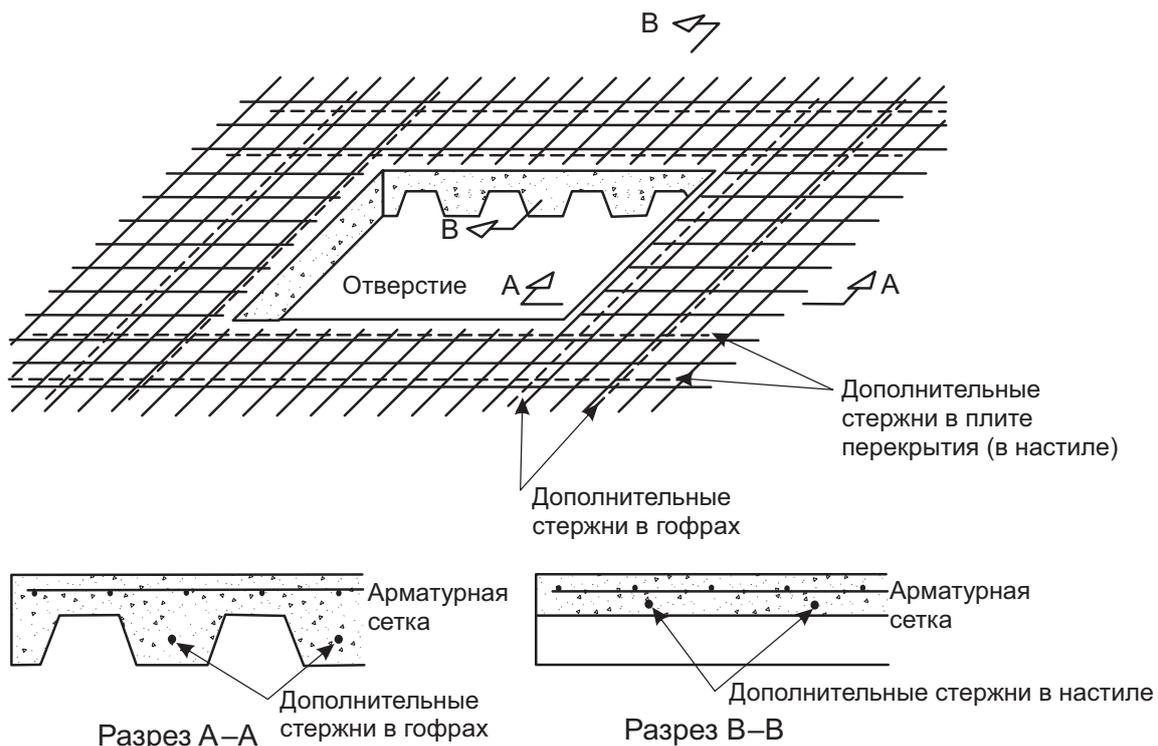
Необходимость дополнительного армирования плиты перекрытия или монтажа дополнительной стальной накладки зависит от размера отверстия. Требования к армированию определяются инженером-проектировщиком, в качестве которого может выступать специалист по перекрытиям или стальным конструкциям. Инженер-проектировщик отражает требования к армированию на чертежах, прилагаемых к контракту. В случае возникновения сомнений относительно расположения отверстий или необходимого количества арматуры необходимо обратиться к инженеру-проектировщику за консультацией. При необходимости усиления дополнительная арматура должна быть спроектирована в соответствии с BS EN 1992-1-1<sup>[24]</sup> (или BS 8110<sup>[30]</sup>). Информация о дополнительной арматуре для отверстий среднего размера должна быть доступна рабочим, осуществляющим работы на строительной площадке. Для этой цели часто используются стержни, которые устанавливаются в гофры настила рядом с отверстием, а также дополнительные поперечные стержни, компенсирующие передачу нагрузки вокруг отверстия (см. рис. 4.14). Расстояние между отверстием и краем без опоры должно равняться ширине отверстия, но быть не менее 500 мм. Если отверстие находится в пределах обычной «эффективной ширины» бетонной полки любой комбинированной балки (обычно она равна «длине пролета/8» с каждой стороны от осевой линии балки), при проверке сопротивления балки следует учитывать соответствующим образом приведенную эффективную ширину плиты перекрытия.

В отсутствие каких-либо конкретных указаний производителя в отношении дополнительного армирования предполагается, отверстие будет окружено по периметру эффективной конструкцией в виде узких балочных панелей, как показано на рис. 4.13. Эффективная ширина балочных панелей принимается равной  $d_o/2$ , где  $d_o$  — ширина отверстия в направлении, поперечном ребрам настила. При этом рабочей поверхностью служит только бетон, располагающийся над ребрами. Предполагается, что поперечные балочные панели имеют простую опору и перекрывают пролет длиной, равной  $1,5 d_o$ . Продольные балочные панели, помимо собственной доли нагружения, рассчитаны на нагрузку от поперечных балочных панелей. Принимая во внимание указанную нагрузку на балочные панели, необходимо обеспечить их дополнительное армирование. Как правило, дополнительное армирование выполняется за счет установки стержневой арматуры в гофры настила (см. рис. 4.14). Улучшение передачи нагрузки вокруг отверстия может быть достигнуто за счет установки дополнительных стержней в поперечном направлении или по диагонали. Стержневая арматура балочных панелей должна выходить за осевую линию двутавровой балки несимметричного сечения, как минимум на длину анкеровки.



**Рис. 4.13.** Траектории действия нагрузок и балочные панели по периметру отверстий среднего и большого размера

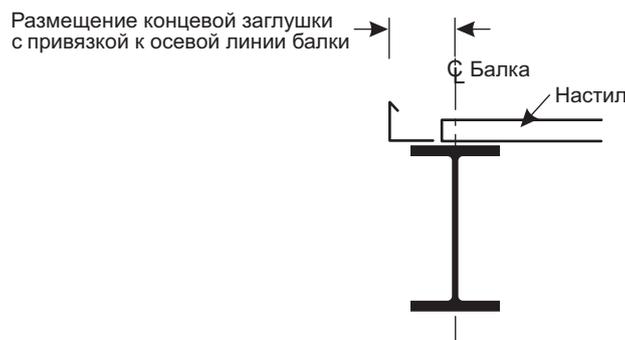
При расчете количества арматуры во время проектирования можно принять несколько отверстий в перекрытии за одно отверстие большого размера.



**Рис. 4.14.** Пример раскладки арматуры по периметру отверстия

### Края плиты

На края перекрытия обычно монтируется отделка в виде заглушек, изготовленных из штампованных тонкостенных полос из оцинкованной стали. Заглушки, поставляемые на строительную площадку, обычно представляют собой стальные полосы необходимой толщины и стандартной длины 3,0 м. Толщина стальных полос зависит от места монтажа, но обычно не превышает 2 мм. На строительной площадке полосы обрезаются по длине по центрам колонн. Обычно накладки устанавливаются от осевой линии крайних балок (а не от линий сетки колонн, установить которые на строительной площадке практически невозможно), как показано на рис. 4.15. Крепление накладок выполняется алогично креплению настила. Не используйте накладки для трамбовки, чтобы не повредить их.



**Рис. 4.15.** *Размещение заглушки*

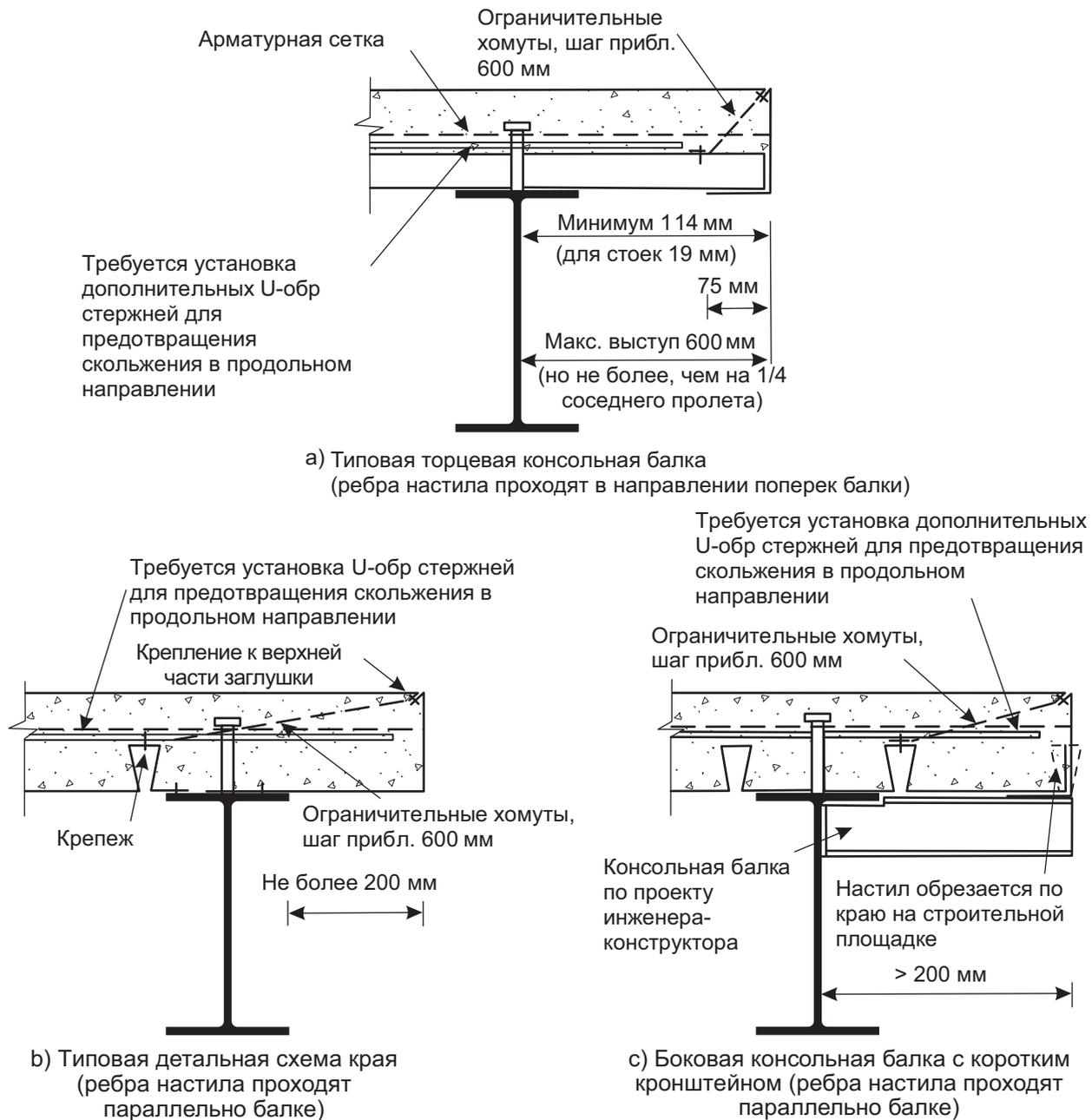
Для стягивания верхней части накладок должны использоваться хомуты, устанавливаемые с шагом от 0,6 до 1 м, в зависимости от толщины плиты перекрытия и длины свеса. Детальные схемы двух типовых вариантов показаны на рис. 4.16. Если настил (с поперечными ребрами) располагается над крайней балкой и выступает на небольшое расстояние, то крепление заглушек выполняется так, как показано на рис. 4.16(а). Длина выступа зависит от толщины плиты перекрытия и типа используемого настила, но она не должна превышать 600 мм.

Более сложным является вариант, когда ребра настила проходят параллельно крайней балке, а готовая плита перекрытия должна выступать на небольшое расстояние, в результате чего продольный край листа не имеет опор, как показано на рис. 4.16(б). Если выступ плиты перекрытия превышает приблизительно 200 мм (в зависимости от конкретного случая), Заглушка должна располагаться между короткими консольными балками, прикрепленными к крайней балке, как показано на рис. 4.16(с). Расстояние между короткими консольными балками обычно не превышает 3 м. Эти балки должны быть предусмотрены инженером-проектировщиком в составе стального каркаса и указаны на чертежах. Если в данном случае короткие консольные балки не предусмотрены, то может потребоваться дополнительная опора для краев настила. Для этой цели может быть установлена опора к настилу от нижнего перекрытия. В этом случае **обязательно** проинформируйте подрядчика. Нестандартные заглушки (например, накладки для крепления ограждающих панелей или накладки, образующие волнистый край) требуют большей точности при размещении, чем стандартные накладки.

Накладки для крепления на волнистой кромке обычно изготавливаются из стандартных полос методом резки и сгибания. В результате формируется сплошная многогранная волнистая накладка с прямыми сторонами, обычно равными 300 мм.

Более подробная информация о креплении заглушек и их опоре содержится в источнике 6.

Обеспечиваемые допуски для положения верхних стандартных заглушек относительно стальной конструкции (после бетонирования) составляют  $\pm 10$  мм по горизонтали и  $\pm 5$  мм по вертикали (см. рис. 4.15). Для заглушек, включающих в себя конструкции креплений ограждающих панелей, величина допуска должна быть уменьшена. Кроме того, необходимо избегать чрезмерного прогиба заглушек в процессе бетонирования. Инженер-проектировщик должен указать требования к нестандартным концевым кромкам.



**Рис. 4.16.** Примеры узлов конструирования крайних участков перекрытия

#### 4.2.7 Временные опоры

Как правило, в проекте настилов не указываются временные опоры, если длина пролетного строения не превышает 3 м при высоте профиля не более 60 мм и 4,5 м при высоте профиля до 80 мм. Для пролетов большей длины могут потребоваться временные опоры, в зависимости от толщины бетона, профиля настила и от того, является ли настил многопролетным или однопролетным строением. Для принятия решения о необходимости временных опор следует запросить информацию об ограничениях для конкретного типа настила у производителя на ранних этапах проектирования. Инженер-проектировщик должен убедиться, что прогиб балок в ходе монтажа и выравнивание плиты перекрытия не приведут к значительному увеличению нагрузки бетона (при переливе бетона) на конструкцию и настил по отношению к расчетным нагрузкам (см. раздел 4.1.3). Временные опоры могут применяться с целью сведения к минимуму перелива бетона.

Как правило, для традиционных неглубоких настилов длиной более 4 м необходимо установить опорную конструкцию, закрепить ее и выровнять перед укладкой настила. Для глубоких настилов SD225 временные опоры, как правило, требуются при длине пролетов более 7,5 м. Временные опоры уменьшают прогиб настила под собственным весом, который было

бы трудно устранить в случае, если бы временные опоры были установлены после укладки настила. Применение временных опор позволяет свести к минимуму риск превышения допустимой нагрузки на настил в ходе монтажа, например от веса рабочих и складываемого материала. Однако последствия проектного решения, включающего использование временных опор, должны быть рассмотрены на раннем этапе, поскольку они могут повлиять на порядок и график работ, а также исключить использование защитной сетки. Если временные опоры должны устанавливаться после устройства настила, важно убедиться, что временные опоры установлены в соответствии с указаниями инженера-проектировщика и что при проектировании опорной конструкции был учтен увеличенный вес бетона при его переливе.

В здании могут иметься небольшие участки, на которых требуется установка временных опор при отсутствии необходимости в опорах на основных участках перекрытия. К таким участкам могут относиться секции, на которых устанавливаются самоподъемные краны и которые перекрываются после демонтажа кранов, или шахты лифтов с нестандартной длиной пролета. Размеры и линии временных опор должны быть обозначены на схемах компоновки настила.

Как правило, временные опоры устанавливаются либо в середине пролетного строения (временные опоры в одну линию), либо на расстояниях одной трети пролета от опоры (опора в две линии) пролетного строения. Избегайте изолированных временных опор, все временные опоры должны быть обеспечены необходимыми связями (в направлении линии временных опор и перпендикулярно к ним) для предотвращения их смещения в ходе монтажа.

Как правило, временные опоры состоят из отрезков деревянных брусков и/или стальных пластин, в качестве опор, для которых выступают стальные трубы регулируемой длины (Acrow-опоры). Минимальная длина площадки опирания бруса и/или пластин зависит от толщины плиты перекрытия, длины пролета и геометрии ребер настила. Стандартное значение длины площадки опирания составляет 75–100 мм. Несущий брус должен быть неразрезным и иметь ширину, равную ширине секции. Запрещается нарушать непрерывность листов настила (резать настил) в месте расположения временной опоры, а также крепить настил к временным опорам. Перед заливкой бетона рекомендуется выполнить окончательную проверку опорной конструкции.

Вид типовой временной опоры показан на рис. 4.17. Временные опоры такого типа обычно устанавливаются на расстоянии около 1 м друг от друга в соответствии с требованиями инженера-проектировщика.

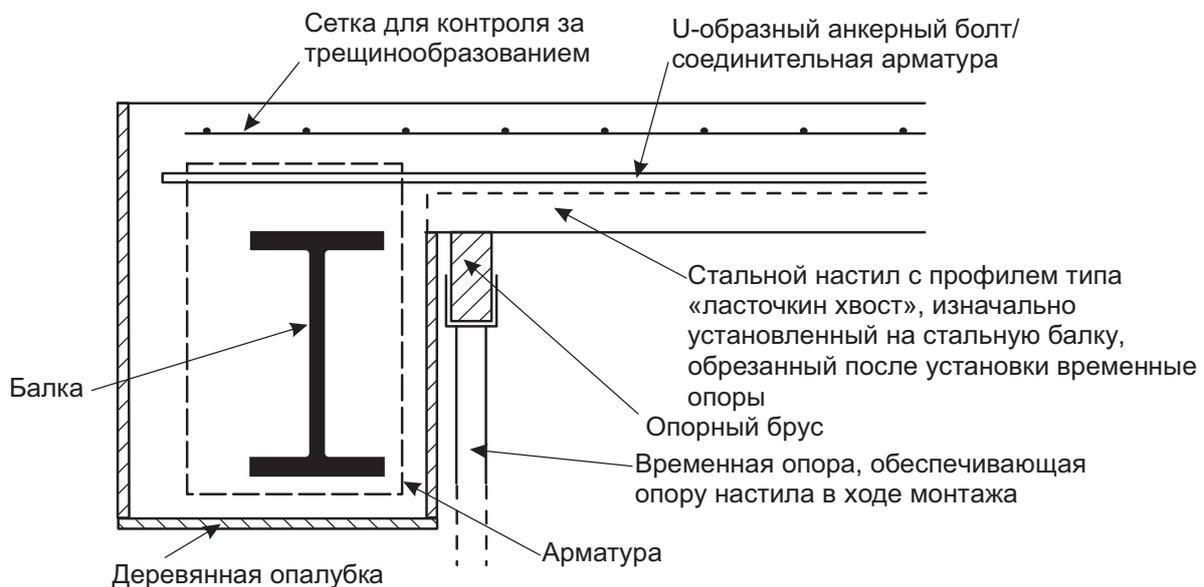


**Рис. 4.17.** Временные опоры с использованием технологии Acrow

Временные опоры могут устанавливаться на перекрытие, находящееся непосредственно под бетонируемым перекрытием, однако в этом случае инженер-проектировщик должен убедиться, что нагрузки не превышают расчетную несущую способность перекрытия (опорное перекрытие должно набрать расчетную прочность до того, как будут установлены временные опоры). Если перекрытие на нижнем уровне не обладает достаточным сопротивлением, то потребуются установка дополнительных временных опор для перекрытия, на которое опираются временные опоры. Запрещается устанавливать временные опоры непосредственно на настил, так как это может привести к местной потере устойчивости настила. Дополнительные указания по установке временных опор приведены в источнике 34.

Не демонтируйте временные опоры до набора 75 % расчетной прочности бетонной смеси в перекрытии. Обычно набор необходимой прочности происходит за 7–8 дней. Тем не менее если общих указаний от инженера-проектировщика не поступало, то перед демонтажем временных опор следует обратиться к инженеру-проектировщику для уточнения данного момента. В случаях, когда важно обеспечить контроль трещинообразования, не демонтируйте временные опоры, пока покрытием не будет набрана заданная прочность.

В особых случаях могут потребоваться другие типы временных опор, например, концевые опоры в проектах по реконструкции здания или другие нестандартные опоры для обетонированных балок. При использовании нестандартных вариантов опор следует проявлять особую осторожность в отношении порядка устройства опор. На рис. 4.18 показана типовая детальная схема временной опоры настила в случае с обетонированной балкой. В этом случае настил сначала устанавливается на стальную балку, а затем под настил рядом с балкой устанавливается временная опора. Опора должна иметь ширину, достаточную чтобы избежать локальной деформации настила в процессе бетонирования (см. раздел 4.1.4). Затем настил обрезается, чтобы обеспечить доступ для установки арматуры и опалубки, а также для заливки бетона. Приведенная детальная схема применима только для настилов с профилем типа «ласточкин хвост». Это связано с тем, что сцепление настила с бетоном происходит за счет профиля настила, при этом в готовом состоянии установка временных опор над настил не требуется. Настил не может способствовать повышению сопротивления сдвига готовой плиты перекрытия. Использование указанной детали должно быть одобрено инженером-проектировщиком и обозначено на чертежах.



**Рис. 4.18.** Схема нестандартной временной опоры для настила с профилем типа «ласточкин хвост» на обетонированной балке

## 4.2.8 Крепления

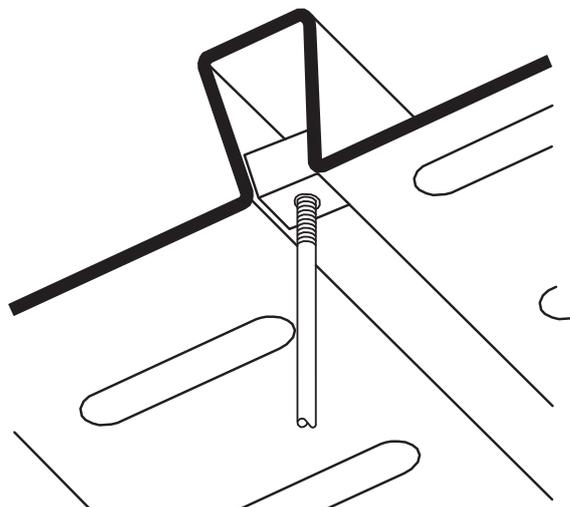
### Фиксаторы

Оптимальным способом крепления инженерных сетей является использование подвесов. Многие профили настилов имеют входящие пазы, в которые могут вставляться специальные клинья для установки резьбовых шпилек. Эти шпильки используются в качестве фиксато-

ров для инженерных сетей и имеют стандартную безопасную грузоподъемную способность от 100 до 200 кг каждая. Примеры указанных креплений показаны на рис. 4.19.



Крепление в виде клина



Альтернативный вариант крепления в виде клина

**Рис. 4.19.** Примеры креплений для потолков и инженерных сетей

В случае назначения указанного типа креплений проектировщик должен обратиться к поставщику настила за данными о допустимой грузоподъемности. При слишком большом весе инженерных сетей, превышающем грузоподъемность подвесов, может потребоваться установка разжимных анкерных креплений, которые устанавливаются в отверстия, высверленные в комбинированной плите (при этом необходимо убедиться в достаточной прочности крепления).

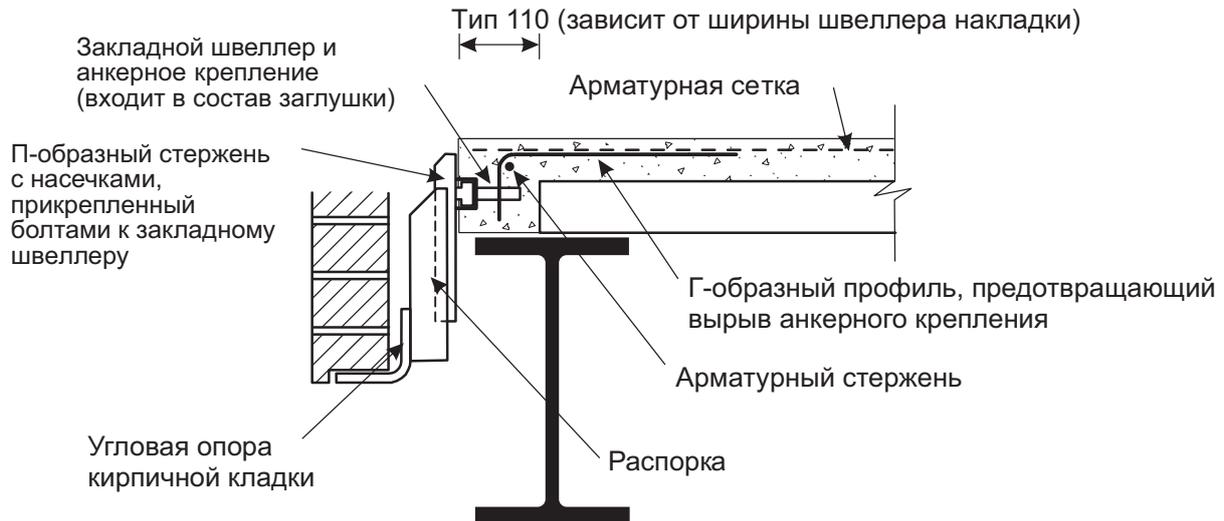
Подробная информация о соединении между инженерными сетями и перекрытием см. в разделе «Места соединений. Проектирование стальных каркасов зданий для интеграции инженерных коммуникаций»<sup>[35]</sup>.

### **Конструкции крепления ограждающих панелей**

Для крепления ограждающих панелей могут использоваться кронштейны, замоноличиваемые в край плиты перекрытия. Кронштейны могут быть частью заглушки. На строительной площадке положение кронштейнов на заглушке подлежит уточнению. Конструкции крепления ограждающих панелей должны быть заранее согласованы с учетом расчетных горизонтальных отклонений положения плиты перекрытия не менее чем на  $\pm 25$  мм (в зависимости от этажности). Указанный допуск необходим не только потому, что требования к допустимым допускам для ограждающих панелей могут быть значительно более жесткими, чем для несущего каркаса, но и потому, что кронштейны могут смещаться во время бетонирования.

ния. Пример типовой конструкции крепления ограждающих панелей из нержавеющей стали для кирпичной кладки приведен на рис. 4.20.

Вместо закладных кронштейнов можно использовать крепления, устанавливаемые в высверленные отверстия. Этот метод повышает точность установки крепления, но требует применения электроинструмента. Однако использование таких креплений может быть связано с повышенной трудоемкостью, вызванной необходимостью сверления отверстий. Подробная информация о креплении ограждающих панелей приводится в разделе «Места соединений. Соединения навесных стен со стальным каркасами<sup>[36]</sup>».



**Рис. 4.20.** Типовая конструкция для крепления кирпичной кладки

*Кронштейны крепления ограждающих панелей должны иметь возможность регулировки в зависимости от требований к допускам для края плиты перекрытия и панели. Это позволит избежать затруднений во время работ на строительной площадке и связанных с этим дополнительных затрат.*

### 4.3 Звукоизоляция

Инженеры-строители должны учитывать два основных вида шума: шум, распространяющийся в воздушной среде, и ударный шум. Звукоизоляция (звукопоглощение) для обоих видов шум, особенно шума, распространяющегося в воздушной среде, частично зависит от массы (или веса) элемента, через который проходит звуковая волна. Также на звукоизоляцию влияет наличие звукопоглощающего материала.

Повышенная звукоизоляция обычно требуется в следующих типах зданий.

- Многоквартирные жилые здания.
- Гостиницы.
- Школы и другие образовательные учреждения.
- Больницы и другие медицинские учреждения.

В комбинированных перекрытиях с неглубоким настилом комбинированная плита без отделки обычно обеспечивает звукоизоляцию, аналогичную железобетонной плите с толщиной, равной приведенной толщине комбинированной плиты. При этом не следует рассматривать перекрытие как единственный звукоизолирующий элемент, поскольку необходимо также учитывать звукоизоляционные характеристики стен и детали стыков стен с перекрытиями. При конструировании стыков необходимо стремиться к минимизации шума, который может распространяться по перекрытию (шума, следующего в обход звукоизоляции). Дополнительные указания по конструированию стыков содержатся в публикации Института стальных конструкций Р372<sup>[37]</sup>. Согласно утвержденному документу Е к Строительным нор-

мам<sup>[38]</sup> жилые здания, стены, перекрытия и соединения, в которых были сконструированы в обход «Руководства по сборным конструкциям из надежных элементов»<sup>[39]</sup>, требуют проведения акустических испытаний до окончания монтажа для подтверждения соответствия требованиям к звукоизоляции.

Улучшение звукоизоляционных характеристик перекрытия за счет увеличения массы перекрытия не представляется эффективным и не всегда является практически целесообразным решением. Особенно это касается ударного звука.

Гораздо более эффективный способ улучшения звукоизоляционных характеристик — укладка дополнительных слоев над и под плитой перекрытия. Одним из эффективных средств снижения распространения ударного звука по перекрытию является слой упругого материала, уложенный поверх неотделанного перекрытия и под поверхностью проходов. Материал, укладываемый под поверхностью проходов, например, стяжка или ДСП, образует несвязный слой над слоем упругого материала. Упругий слой поглощает акустическую энергию, не давая ей проходить через перекрытие. Слой материала, подвешиваемый на потолок, под плитой перекрытия ухудшает прохождение звука, распространяющегося в воздушной среде, и ударного звука. Кроме того, распространение ударного звука может быть снижено за счет подвешивания потолка на упругих стержнях, которые снижают передачу звука от плиты перекрытия. Эти функции реализованы в широком ассортименте запатентованных напольных и потолочных звукоизоляционных систем.

В качестве руководства по звукоизоляционным характеристикам типовых комбинированных конструкций перекрытий ниже в таблице 4.10 приведено ожидаемое звукопоглощение. Все значения, приведенные в таблице, применимы к тяжелому бетону, который рекомендуется для жилых домов и зданий, где необходима звукоизоляция. Легкий бетон, как правило, обеспечивает меньшую звукоизоляцию, чем тяжелый бетон.

На рисунках 4.21 и 4.22 приведены детальные схемы комбинированного перекрытия с неглубоким и глубоким настилом соответственно, отвечающие требованиям «Руководства по сборным конструкциям из надежных элементов».

## 4.4 Охрана труда и промышленная безопасность

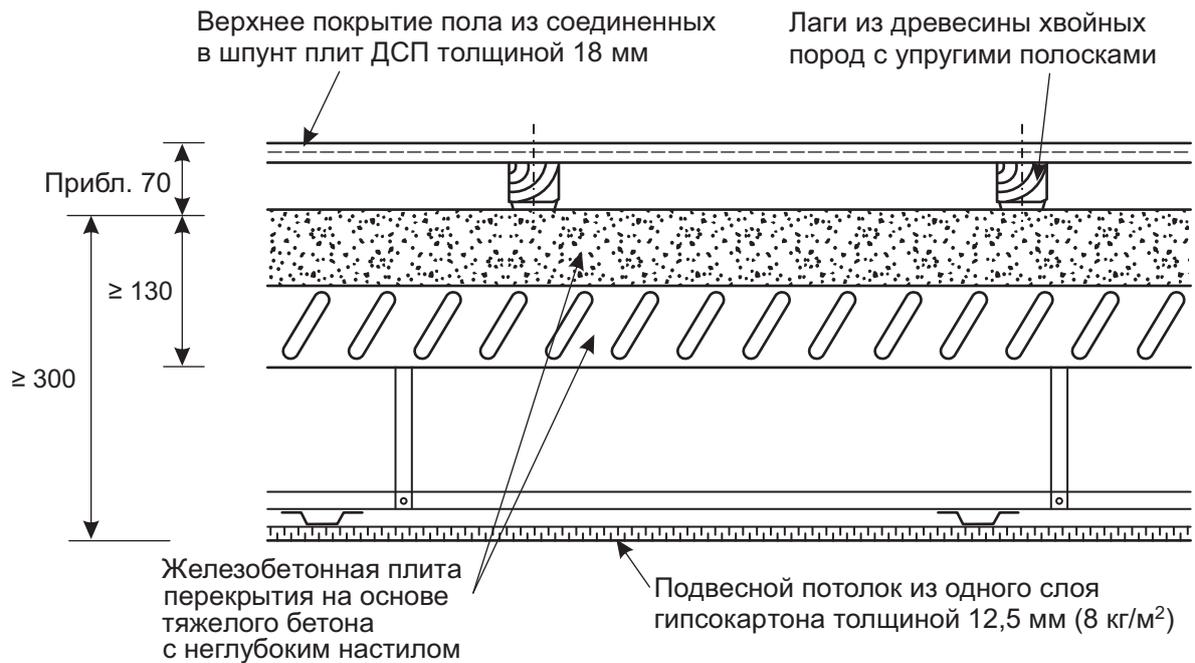
В 2007 г. вступила в силу новая редакция правил планирования и управления строительством (CDM), которая была опубликована вместе с соответствующим утвержденным сводом правил (ASoP)<sup>[4]</sup>. ASoP имеет особый правовой статус и содержит рекомендации по соблюдению законодательства, поэтому его следует рассматривать вместе с правилами CDM. Это наиболее важные актуальные нормативные документы, касающиеся охраны труда и безопасности в строительстве, которые были опубликованы за последние годы. Основной целью указанных документов является обеспечение безопасности в ходе строительства, эксплуатации и сноса сооружений. Термин «эксплуатация» в данном контексте включает такие операции, как техническое обслуживание, перепланировка, ремонт и очистка.

Одно из наиболее важных обновлений правил CDM заключается в вовлечение проектировщиков в обеспечение соблюдения техник безопасности в строительстве. Поскольку проектировщики обязаны предусматривать прогнозируемые опасности, от них ожидается оценка опасностей, которые могут быть связаны с проектом. Это не означает, что на проектировщика возлагается ответственность за все опасности, возникающие на строительной площадке. Проектировщик не может предвидеть действия, противоречащие технике безопасности, а слово «прогнозируемые» означает, что некоторые опасности невозможно предвидеть. Ответственность за соблюдение правил охраны труда и промышленной безопасности по-прежнему лежит на подрядчике, и участие проектировщика, который прогнозирует потенциальные опасности, не уменьшает эту ответственность.

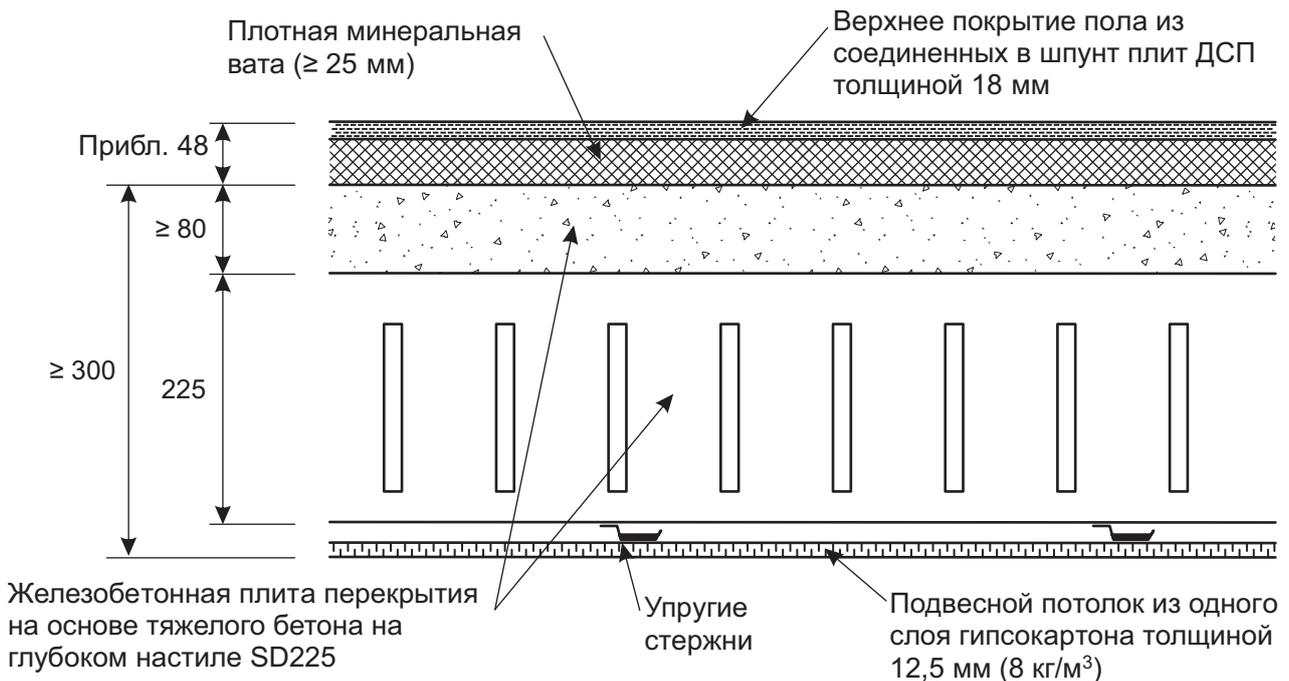
Также проектировщик оказывает значительное влияние на технические характеристики элементов, который в соответствии с правилами CDM входит в процедуру проектирования. Выбору материалов, оборудования и т. д. должно уделяться не меньшее внимание, чем выбору технологии строительства.

**Таблица 4.10.** Данные об испытании комбинированных перекрытий по месту эксплуатации

| Конструкции перекрытия  | Уровень звукового давления (дБ)   |  |
|---|---|--|
|   | Поглощение звука, распространяющегося в воздухе<br>$D_{nT,w} + C_{tr}$ (дБ) | Уровень ударного звука<br>$L'_{nT,w}$ (дБ) |
| Требование утвержденного документа Е для специализированных жилых зданий <sup>[38]</sup>  | 45  | ≤ 62                                       |
| <b>Перекрытия с неглубоким настилом</b>   |   |  |
| Поверхность для прохода из ДСП толщиной 18 мм поверх слоя плотной минеральной ваты толщиной 25 мм поверх плиты перекрытия толщиной 175 мм на настиле с трапециевидным профилем толщиной 60 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.  | 55  | 43   |
| Поверхность для прохода из МДФ толщиной 18 мм поверх слоя упругого плотного волокна толщиной 10 мм на плите толщиной 200 мм на настиле с трапециевидным профилем. Потолок из гипсокартона толщиной 30 мм (2 x 15), подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.  | 56  | 34   |
| Стяжка толщиной 70 мм поверх слоя упругого пенополистирола толщиной 5 мм на плите толщиной 150 мм на настиле с профилем типа «ласточкин хвост» толщиной 50 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе, и слой минеральной ваты толщиной 85 мм в подвесном потолке.                              | 56  | 40   |
| Поверхность для прохода из ДСП толщиной 18 мм на лагах из древесины хвойных пород на прошивном звукоизоляционном мате толщиной 25 мм поверх плиты толщиной 150 мм на настиле с профилем типа «ласточкин хвост». Потолок из гипсокартона толщиной 25 мм (2 x 12,5), подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.                                | 60  | 34   |
| <b>Перекрытия с глубоким настилом</b>   |   |  |
| Поверхность для прохода из ДСП толщиной 18 мм на лагах из древесины хвойных пород с упругими полосками поверх прошивного мата из минерального волокна толщиной 13 мм на плите перекрытия толщиной 300 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, прикрепленный к лагам из древесины хвойных пород, которые в свою очередь крепятся к нижней стороне плиты. | 54  | 48   |
| Поверхность для прохода из ДСП толщиной 18 мм поверх слоя плотной минеральной ваты толщиной 30 мм поверх плиты перекрытия толщиной 300 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.  | 54  | 43   |
| Поверхность для прохода из ДСП толщиной 18 мм на лагах из древесины хвойных пород с упругими полосками поверх плиты перекрытия толщиной 300 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.   | 55  | 42   |
| Стяжка толщиной 55 мм поверх слоя упругого пенополистирола толщиной 5 мм поверх плиты перекрытия толщиной 300 мм. Потолок из гипсокартона толщиной 12,5 мм, подвешенный под плитой перекрытия на металлическом каркасе.   | 57  | 45   |



**Рис. 4.21.** Типовая комбинированная плита перекрытия малой толщины с упругим покрытием на деревянных лагах (классифицируется как надежная конструкция)



**Рис. 4.22.** Комбинированная плита перекрытия на глубоком настиле и многослойным упругим покрытием (классифицируется как надежная конструкция)

Проектировщик обязан следовать одинаковой последовательности осуществления мер в отношении технологии строительства и технических характеристик элементов, а именно: предотвращать возникновение опасностей, смягчать их последствия или защищать людей от последствий. Проектировщики могут предполагать (согласно требованиям АСоР), что подрядчики обладают необходимым уровнем компетенции для обеспечения качества выполнения работ, а также имеют опыт в отношении рутинных опасностей, типичных для данных работ. Например, проектировщики могут считать укладчиков настила опытными специалистами, которые осведомлены об опасностях, связанных с работами на высоте, и имеют опыт управления связанными с этим рисками, применяя современные методы укладки.

Тем не менее проектировщики должны учитывать наличие особенностей в конструкции или способе ее возведения, делающих ее нестандартной или способных вызвать сложности у работников. К одной из таких особенностей можно отнести технические характеристики изделий, например, большую длину и вес листов настила, затрудняющие их перенос и размещение. Таких особенностей можно избежать за счет изменения расположения стальных конструкций, системы временных опор и т. д. Еще одна особенность, относящаяся к этой категории, заключается в необходимости установки временных опор под настил в ходе монтажа. Если проектировщик, на основании информации, приведенной в таблице соотношения длины пролетов и допустимых нагрузок, знает, что для соответствия требованиям к допустимым нагрузкам и длине пролетов для выбранного настила потребуется установка временных опор, он должен довести эту информацию до сведения соответствующих лиц, предпочтительно путем ее отражения на чертежах.

В руководящих указаниях по передовой практике, изложенных в источнике 6, приведены различные способы снижения «общих» рисков и обеспечения более надежной защиты работников, осуществляющих укладку настила на высоте. К ним относятся такие меры техники безопасности, как использование защитного ограждения и ношение средств защиты от падения с высоты. В таблице 4.11 приводится перечень типичных опасностей, характерных для работ по устройству перекрытий с использованием стальных настилов, и меры по снижению рисков.

**Таблица 4.11.** Риски, характерные для работ по устройству перекрытий с использованием стальных настилов, и возможные меры по снижению рисков при проектировании и на строительной площадке

| Опасность  | Меры по снижению рисков при проектировании/ на строительной площадке  |
|--|---|
| Обрушение настила из-за недостаточной прочности.                       | Проверить соответствие настила требованиям для данного случая монтажа.  |
| Обрушение настила из-за недостаточной опоры.                           | Обеспечить надежную опору. Насколько это возможно, избегать использования временных опор. Уделить внимание необходимости наличия системы временных опор. Обеспечить соблюдение требованиям к нагружению временных опор. |
| Падение через проемы в настиле.  | Применять метод создания отверстий с использованием обрамляющей рамки с последующим их вырезанием. Свести к минимуму размер отверстия (согласовать с инженером-проектировщиком инженерных сетей).                       |
| Раскаленные чатсица металла при приварке анкерных упоров.              | Использовать средства защиты во время приварки анкерных упоров, организовать защитное ограждение и/или экран для зоны под перекрытием или в непосредственной близости от него.  |
| Обрушение настила в результате перегрузки при бетонировании.           | Проверить соответствие требованиям к монтажным нагрузкам для настила, указанным в BS EN 1991-1-6 или части 4 из BS 5950ю  |
| Обрушение настила в результате перегрузки от складирования материалов. | Складевать материалы непосредственно над двутавровыми балками несимметричного сечения или рядом с ними, распределяя вес материалов по ребрам настила при помощи брусев.   |

## 4.5 Дополнительная информация

Приведенный ниже список содержит в основном литературу, содержащую рекомендации по проектированию перекрытий. Дополнительные указания по проектированию балок см. в разделе 5.4 (информация об авторах и издательствах приведена в разделе 8 «Источники»).

*Технический отчет общества бетона № 63, 2007 г. Руководящие указания по проектированию конструкций из бетона, армированного стальной фиброй<sup>[40]</sup>.*

В указанной публикации приводится краткое описание областей применения бетона, армированного стальной фиброй, а также производство и контроль качества.

*Технический отчет общества бетона № 65, 2007 г. Руководящие указания по применению бетона, армированного синтетической макрофиброй*<sup>[41]</sup>.

В указанной публикации рассматриваются области применения бетона, армированного синтетической макрофиброй в современных конструкциях, а также приведены указания по контролю качества.

*Места соединений. Конструктивные системы навесных стен со стальными каркасами (P101)*<sup>[36]</sup>

В указанной публикации изложены основные принципы проектирования конструктивных систем навесных стен и рассмотрены некоторые конструкции для зданий со стальным каркасом.

*Места соединений. Конструктивные системы комбинированных перекрытий (P166)*<sup>[42]</sup>

В указанной книге приводится информация об особенностях проектирования комбинированных перекрытий. Она особенно полезна тем, что содержит информацию как по традиционным комбинированным перекрытиям с неглубоким настилом, так и перекрытиям малой толщины (с глубоким настилом). В книгу включено огромное количество практических примеров по проектированию балок перекрытий.

*Проектирование комбинированных плит перекрытий и балок со стальными настилами (P055)*<sup>[43]</sup>

В данной публикации рассматриваются правила проектирования комбинированных балок с неглубоким настилом. Публикация содержит большое число расчетных таблиц для стандартных нагрузок и пролетных конструкций с практическими примерами.

*Конструирование звукоизоляционных систем для стальных конструкций (P372)*<sup>[37]</sup>

В указанном руководстве в доступной форме объясняются принципы звукоизоляции. Приведены значения параметров звукоизоляции для разнообразных типов конструкций перекрытий и стен, типовые детальные схемы, соответствующие требованиям «Руководства по сборным конструкциям из надежных элементов»<sup>[39]</sup>.

### **Рекомендательная служба**

В следующих заметках «Рекомендательной службы» (AD), публикуемых в журнале New Steel Construction и на веб-сайте [www.steelbiz.org](http://www.steelbiz.org), приведены дополнительные сведения, имеющие отношение к настоящему разделу.

AD 150, том 1, декабрь 1993 г.<sup>[45]</sup> «Комбинированные перекрытия: нагрузки от колес вилочных погрузчиков». В указанном документе описывается процедура проверки перекрытий, находящихся под воздействием высокой сосредоточенной нагрузки [дополнительные рекомендации приведены в BS EN 1994-1-1, п. 9.4.3].

AD 163, том 2, декабрь 1994 г.<sup>[20]</sup> «Меры по выпуску водяных паров из комбинированных плит». В указанном документе описываются возможные проблемы, связанные с выпуском водяных паров из комбинированных кровельных плит. В документе предлагается использовать перфорированный рубероид, при этом применение перфорированного настила не рекомендуется.

AD 247, том 9, март 2001 г.<sup>[9]</sup> «Эксплуатация комбинированных конструкций в агрессивных условиях». В указанном документе приведены рекомендации по повышению коррозионной стойкости настилов и балок в агрессивной среде эксплуатации. Согласно документу, для этих целей рекомендуется использовать сталь с покрытием или наносить на настил дополнительный слой лакокрасочного покрытия. Также в нем приведены преимущества и недостатки крепления балок анкерными упорами при помощи строительного пистолета и использования предварительно приваренных стоек.

## 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БАЛОК

Настоящий раздел описывает принципы и методики проектирования, правила проектирования, закрепленные законодательством, а также содержит практические рекомендации по проектированию и конструированию. Наряду с разделом 4 настоящий раздел предназначен в первую очередь для инженеров-проектировщиков, а также субподрядных проектировщиков.

Обычно комбинированные балки состоят из стальных двутавровых профилей, конструктивно связанных с железобетонной плитой при помощи анкерных упоров, которые крепятся к верхней полке стального профиля, как показано на рис. 5.1. Рабочая ширина плиты перекрытия представляет собой часть сложного сечения по обе стороны от осевой линии. Арматурная сетка в идеале располагается под стержневыми анкерами. Ее основная функция заключается в поперечном армировании для передачи усилий между анкерными упорами и плитой. Для этой цели сетка может оснащаться дополнительными стержнями. В качестве альтернативного варианта для этой цели может применяться фиброарматура. Арматурная сетка или фиброарматура могут также применяться для контроля за трещинообразованием. Как правило, при проектировании предполагается, что балки имеют шарнирную опору.

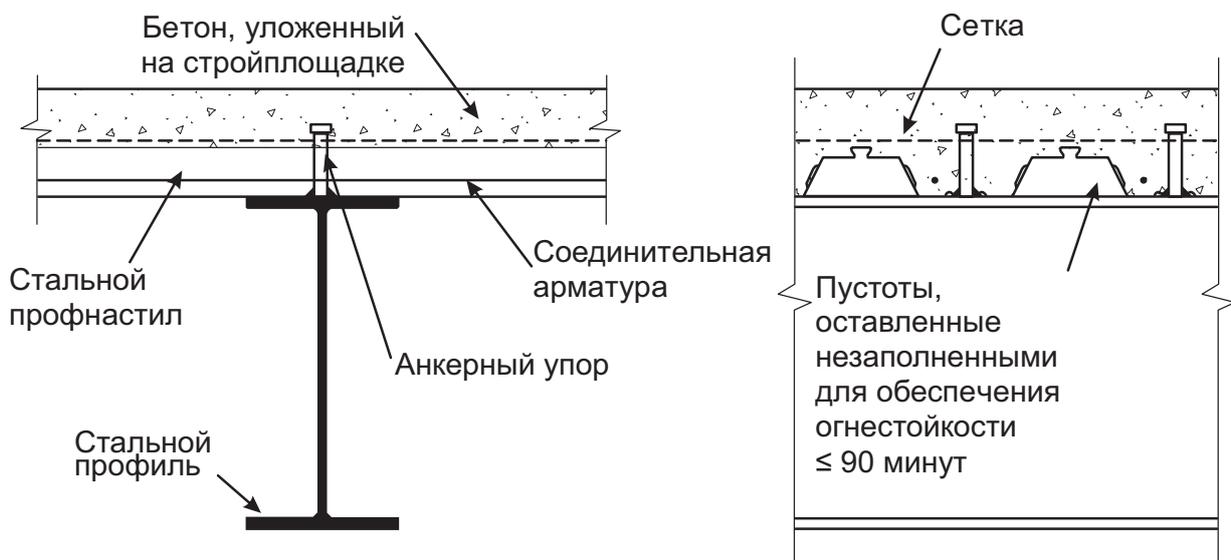


Рис. 5.1. Типовой поперечный разрез комбинированной балки

Совместная работа стальной балки и железобетонной плиты в комбинированной конструкции значительно увеличивает несущую способность и жесткость балки в 2 и 3,5 раза соответственно<sup>[46]</sup>. Эти преимущества позволяют уменьшить вес арматуры и/или толщину перекрытия.

Размер стального профиля зачастую выбирается из соображений эксплуатационной пригодности, поскольку комбинированные балки, как правило, используются для перекрытия больших пролетов (более 9 м). В связи с этим критерии прогиба и динамических нагрузок приобретают критическую важность. Контроль прогиба особенно важен, если для отделки потолка применяются хрупкие материалы, или для крайних балок, сильный прогиб которых может привести к повреждению ограждающих панелей.

Проектировщики должны помнить, что в случае проектирования крайних балок в виде комбинированных, необходимо следить за тем, чтобы детальные схемы настила, заглушки, сдвигового соединения края плиты и арматуры были реализуемы на практике. В некоторых случаях крайние балки проектируются как некомбинированные, чтобы устранить требования к соединительной арматуре, однако это может привести к проблемам, связанным с насыщением арматурой.

## 5.1 Этап монтажа

При проектировании стальных профилей обычно предполагается, что временные опоры во время монтажа не используются. Поэтому профили должны быть рассчитаны на собственный вес плиты и другие строительные нагрузки в некомбинированном состоянии. Проектирование обычно выполняется в соответствии с BS EN 1993-1-1<sup>[47]</sup> или BS 5950-1.

При проектировании балок следует предусмотреть допуск на дополнительный вес бетона при переливе, если прогиб настила под весом бетонной смеси превышает 1/10 толщины плиты, в соответствии с BS EN 1994-1-1 и BS 5950-4. При определении правильных допусков на вес бетона для случаев использования метода выравнивания сплошной заливкой следует проявлять особую осторожность, см. раздел 6.2.1. Помимо проверки прочности стальных балок, необходимо выполнить оценку жесткости. Балки недостаточной жесткости будут значительно прогибаться при укладке бетона, поэтому при проектировании необходимо предусмотреть дополнительный вес бетона.

В случае если расчеты выполняются в соответствии с Еврокодами, монтажная нагрузка определяется в BS EN 1991-1-6 и принимается равной строительной нагрузке на настил, как описано в разделе 4.1.2. Собственный вес влажной бетонной смеси рассматривается как временная нагрузка. Расчет строительной нагрузки на балки значительно превосходит по сложности расчет, описанный в предыдущей редакции «Практических рекомендаций Великобритании». На момент написания статьи вопрос об упрощении методики расчета находится на этапе рассмотрения.

В случае если расчеты выполняются в соответствии с BS 5950, строительную нагрузку следует считать временной нагрузкой величиной не менее 0,5 кН/м<sup>2</sup>, равномерно приложенной по опорной поверхности. Монтажная нагрузка должна суммироваться с собственным весом бетона, арматуры и настила. Если последующие временные нагрузки невелики, окончательный выбор размера профиля может зависеть от испытания в некомбинированном состоянии.

В целях практичности необходимо, чтобы верхняя (сжатая) полка была ограничена в поперечном направлении. Способность настила ограничивать перемещение балок зависит от ориентации настила и креплений. Как правило, ограничивающая способность настила, проходящего параллельно балке, считается незначительной. В случае, когда настил проходит перпендикулярно балке, то он способен ограничивать перемещение балки только при условии надежного соединения. В последнем случае совместная работа возникает при наличии анкерных упоров, приваренных сквозь настил (независимо от других креплений). Однако в отсутствие анкерных упоров эта связь ограничивается сопротивлением креплений. Это зависит не только от сопротивления сдвигу отдельных креплений (обычно от 0,8 кН до 4,0 кН в зависимости от типа крепления), но и от шага между креплениями, расположенными вдоль балки. Проектировщик должен убедиться, что ограничивающая способность, предусмотренная проектом, обеспечивается выбранной схемой крепления. Указания по воспринимаемому усилию приведены в публикации Института стальных конструкций «*Поперечная устойчивость стальных балок и колонн*»<sup>[48]</sup> и BS EN 199311 (или BS 5950-1).

*Следует убедиться, что выбранный размер балки обеспечивает выдерживание веса бетонной смеси и других строительных нагрузок в некомбинированном состоянии.*

*Также следует убедиться, что прогибы балок в ходе монтажа не вызовут значительной дополнительной нагрузки бетона (при переливе), которая не была учтена при проектировании.*

*Раскрепление настила с балками каркаса в ходе монтажа будет обеспечиваться только в случае достаточной ограничивающей способности креплений, а также прохождения ребер настила перпендикулярно балкам.*

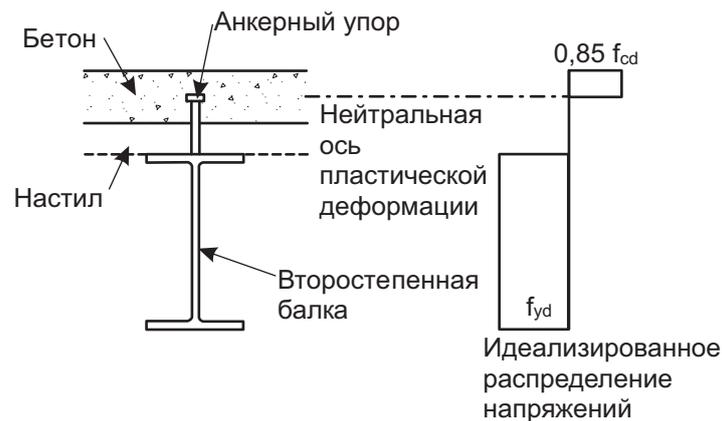
## 5.2 Проектирование

### 5.2.1 Расчет сопротивления

Комбинированные балки обычно проектируются в соответствии с BS EN 1994-1-1 или BS 5950-3. В обоих случаях изгибная жесткость профиля обычно оценивается по принципу пластической деформации (при условии, что поперечное сечение не подвержено местной потере устойчивости). Расчетное сопротивление не зависит от последовательности нагружения, т. е. от того, устанавливаются ли под балку временные опоры на этапе монтажа. Сопротивление должно быть достаточным для выдерживания максимального общего расчетного момента в предельном состоянии.

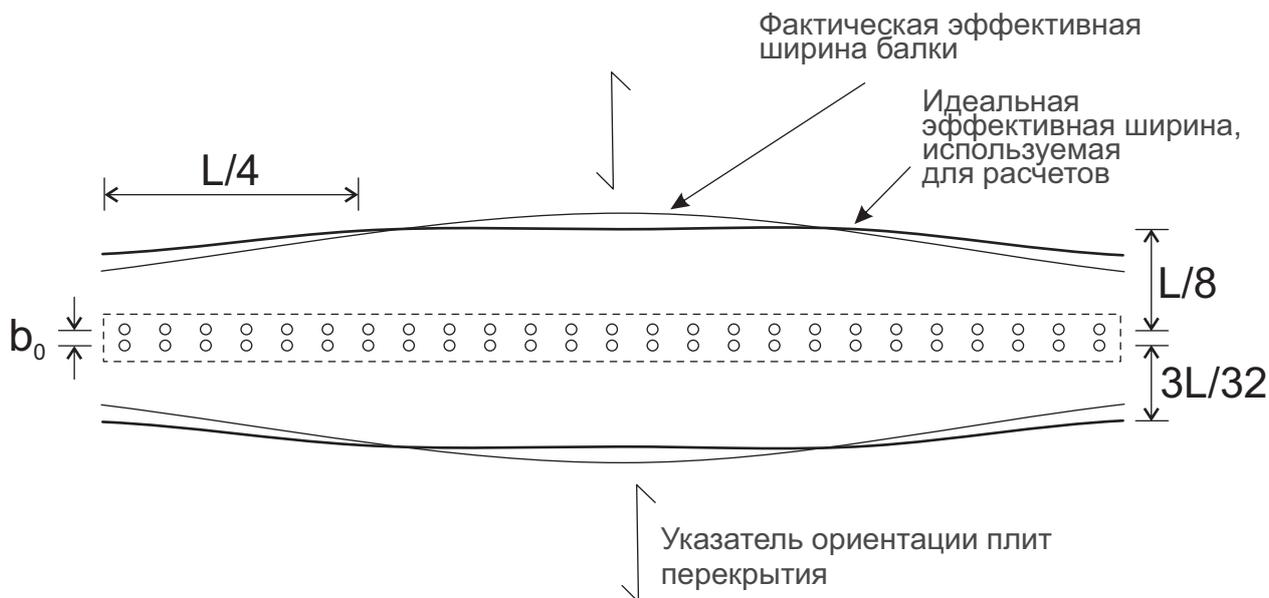
Сопротивление пластическому моменту рассчитывается на основе модели идеальных прямоугольных эпюр напряжений, как показано на рис. 5.2. Согласно условиям, определенным в BS EN 1994-1-1, для стали и бетона могут быть достигнуты напряжения  $f_{yd}$  и  $0,85f_{cd}$ , где  $f_{yd} (= f_y/\gamma_{M0})$  — расчетный предел текучести стали, а  $0,85f_{cd}$  — сопротивление бетона сжатию при изгибе. Это значение в 0,85 раза больше расчетной прочности образца, выполненного в виде цилиндра  $f_{cd}$ , где  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$ . В BS 5950 указываются эквивалентные показатели прочности  $p_y$  для расчетного предела текучести стали и  $0,45f_{cu}$  для расчетного предела сопротивления бетона сжатию при изгибе (где  $f_{cu}$  — прочность образца, выполненного в виде куба).

Нейтральная ось пластической деформации может проходить по толщине плиты или стального профиля, в зависимости от относительной площади этих двух элементов.



**Рис. 5.2.** Расчет комбинированного сечения в пластической стадии (в соответствии с BS EN 1994-1-1)

Площадь сжатия бетона ограничена эффективной шириной бетонного пояса. Эта ширина изменяется по длине балки, как показано в схематичном виде на рис. 5.3. Форма зависит от вида нагрузки и условий опирания (с простой опорой или многопролетная балка). Однако для расчетов при проектировании может быть принята более простая форма. В BS EN 1994-1-1 эффективная ширина считается постоянной в средней части пролета и сужающейся по направлению к концам, как показано на рис. 5.3. Также учитывается расстояние  $b_0$  между центрами пар анкерных упоров. Однако для определения предельного состояния по эксплуатационной пригодности можно считать эффективную ширину постоянной по всей длине пролета, взяв за основу значение для средней части пролета. Согласно BS 5950-3 эффективная ширина имеет постоянное значение для балки с простой опорой с настилом, уложенным перпендикулярно балке. Максимальное значение эффективной ширины в обоих стандартах (BS 5950-3 и BS EN 1994-1-1) составляет «длина пролета/8» с каждой стороны от осевой линии балки, как в состоянии эксплуатационной пригодности, так и в предельном состоянии. Помимо указанного ограничения, ширина, принятая при проектировании, не должна превышать фактическую ширину плиты перекрытия. Особенно это относится к крайним балкам и балкам, примыкающим к отверстиям, поскольку с одной стороны балки может располагаться только узкая часть плиты перекрытия.

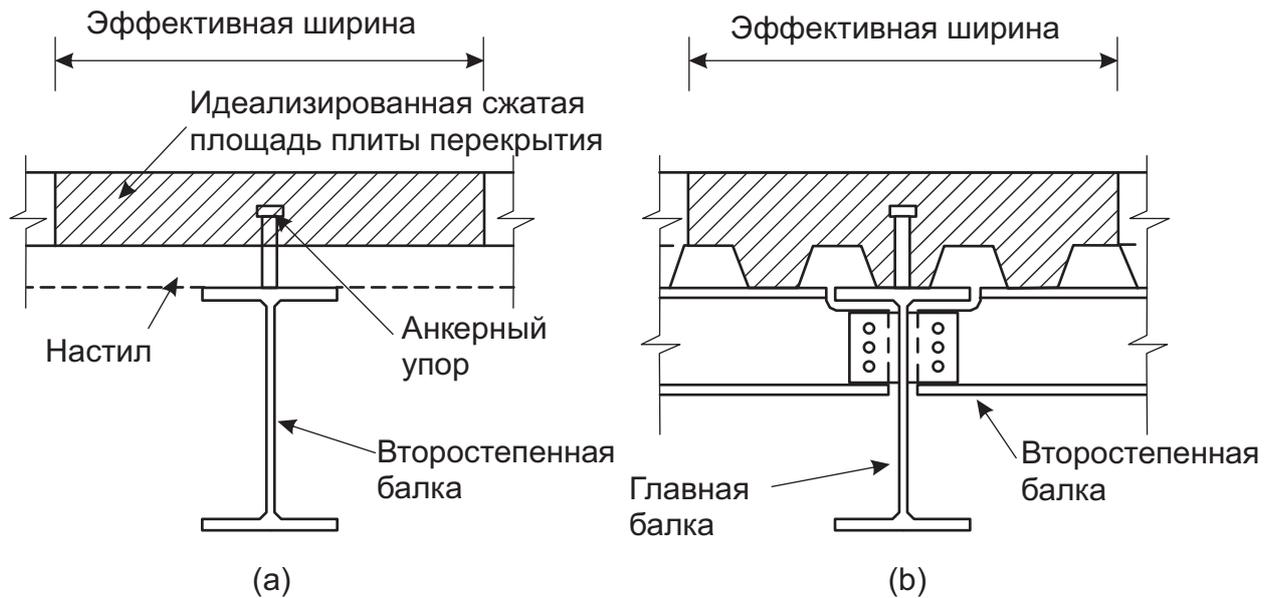


**Рис. 5.3.** Профиль эффективной ширины балки с шарнирной опорой в соответствии с BS EN 1994-1-1

Площадь смятия бетона также зависит от ориентации настила. Если ребра настила проходят перпендикулярно балке, то бетонными участками в гофрах настила можно пренебречь (см. рис. 5.4 (а)). Если ребра настила проходят параллельно балке, то за площадь сжатия можно принять общую площадь поперечного сечения плиты при условии, что оно располагается выше нейтральной оси комбинированного сечения (рис. 5.4 (b)).

Эпюры напряжений для стали и бетона, создаваемые с целью последующего использования при расчете сопротивления моменту, могут ограничиваться сдвигающим усилием, действующим в продольном направлении, которое может передаваться от материала к материалу на стыках. Если указанное ограничение присутствует, то оно называется «частичным взаимодействием» (см. раздел 5.3.3).

Согласно BS EN 1994-1-1 и BS 5950-3 вертикальное сдвигающее усилие, приложенное к балке, полностью воспринимается стальным профилем. В связи с этим проверки расчетов следует осуществлять, руководствуясь требованиями только BS EN 1994-1-1 или BS 5950-3, в которых приведены указания по учету совместного изгиба и сдвига. Кроме того, ширина верхней полки стального профиля должна быть достаточной, чтобы предотвратить падение настила при опирании на балку.



**Рис. 5.4.** Комбинированные балки с установленными комбинированными плитами перекрытия. (а) Настил располагается перпендикулярно второстепенной балке. (б) Настил располагается параллельно главной балке

Железобетонная плита является частью рабочего сечения комбинированной балки, поэтому устройство отверстий в плите перекрытия повлияет на эксплуатационные характеристики балки.

Следует по возможности избегать устройства отверстий в плите перекрытия рядом с балкой (в пределах эффективной ширины полки). В противном случае влияние таких отверстий должно быть учтено при расчете балки.

## 5.2.2 Расчет эксплуатационной пригодности

### Прогибы

Комбинированные балки обычно имеют меньшую толщину (при любой длине пролета и нагрузке), чем некомбинированные, поэтому они часто применяются для перекрытия больших пролетов. Поэтому жесткость комбинированных балок зачастую определяет назначение сечения балок. Согласно рекомендациям, приведенным в BS EN 1990<sup>[49]</sup> (и BS 5950-1), прогибы не должны влиять на внешний вид, комфорт пользователей или функционирование конструкции.

В дополнение к испытаниям балок на прогиб «традиционным» способом — путем нагружения временными нагрузками — целесообразно также выполнить испытания на прогиб под действием следующих нагрузок.

- Суммарные (эксплуатационные) нагрузки: сочетание постоянной и временной нагрузок. Это необходимо для проверки отсутствия недопустимых деформаций перекрытия (см. комментарии ниже по предельно допустимому прогибу). Этот метод испытания особенно важен для больших пролетов в случае ограничения толщины в зоне прокладки инженерных сетей под перекрытием.
- Строительные нагрузки: несмотря на то, что этот метод не подразумевает проверку допустимого прогиба, влияющего на эксплуатационную пригодность, необходимо убедиться, что чрезмерный перелив бетона не приведет к значительной дополнительной нагрузке на конструкцию.

Для крайних балок, служащих опорой для ограждающих панелей, важно проверить прогибы под нагрузкой, создаваемой панелями и временной нагрузкой перекрытия, чтобы убедиться, что прогиб балок не приведет к ухудшению эксплуатационной пригодности панелей.

Для расчета прогиба балок с простой опорой следует использовать свойства упругого сечения в состоянии «без трещин» (в этом случае учитывается вся площадь бетона в пределах эффективной ширины полки, даже та часть, в которой будет наблюдаться трещинообразование при растяжении в реальных условиях). В расчете используется приведенное сечение и эффективная ширина плиты перекрытия, уменьшенная на коэффициент приведения, который представляет собой отношение модуля упругости арматуры к модулю упругости бетона. Влияние ползучести бетона учитывается путем выбора коэффициента приведения для длительных и кратковременных воздействий на бетон, учитывая сочетание длительной и кратковременной нагрузок, действующих на бетон.

В случае, если расчеты выполняются в соответствии с BS EN 1994-1-1, разрешается не учитывать повышенную гибкость комбинированной балки по причине повышенного проскальзывания стального профиля относительно железобетонной плиты перекрытия при неполном соединении, работающем на сдвиг, если угол сдвигового соединения составляет не менее 50 %. При этом согласно требованиям BS 5950-3 дополнительный прогиб необходимо учитывать в расчетах путем введения поправочного коэффициента.

При расчете прогиба для конструкций с временными опорами считается, что вся нагрузка действует на комбинированное сечение.

Рекомендации в отношении предельно допустимого прогиба балок в условиях временных нагрузок приведены в Национальном приложении к BS EN 1993-1-1 (или BS 5950-1). Более подробное руководство по предельно допустимому прогибу, используемому в расчетах, приводится в таблице 5.1.

**Таблица 5.1.** Предельно допустимые прогибы комбинированных балок

| Тип балки   | Вариант нагружения                   | Предельное значение | Абсолютное предельное значение (мм)                 |
|---|--------------------------------------|---------------------|---|
| Промежуточные балки   | Временная нагрузка                   | Пролет/360          | В соответствии с требованиями к отделке             |
|   | Суммарная нагрузка                   | Пролет/200          | В соответствии с требованиями к отделке             |
|   | Постоянная нагрузка на этапе монтажа | -                   | 25 <sup>‡</sup>                                     |
| Крайние балки, служащие опорой перекрытию с ограждающими панелями | Временная нагрузка                   | Пролет/500          | В соответствии с требованиями к ограждающим панелям |
|   | Временная нагрузка + отделка         | Пролет/360          | В соответствии с требованиями к отделке             |
|   | Суммарная нагрузка                   | Пролет/250          | В соответствии с требованиями к ограждающим панелям |
| Крайние балки, служащие опорой ограждающих панелей                | Вес ограждающих панелей              | Пролет/500          | В соответствии с требованиями к ограждающим панелям |

**Примечания:**

<sup>‡</sup> несмотря на то, что данный критерий не относится к эксплуатационной пригодности, он необходим для ограничения дополнительной нагрузки от перелива бетона вследствие прогиба балки.

В случае сильного прогиба под действием постоянной нагрузки может потребоваться выполнить обратный выгиб балки (обычно это применимо только к балкам длиной более 10 м). При этом точную величину обратного выгиба определить трудно. Например, по причине сильного влияния жесткости торцевых соединений обратный выгиб может сохраняться после бетонирования, а толщина плиты перекрытия в критической точке в середине пролета может отличаться от изначально планируемой. Поэтому при расчете обратного выгиба следует руководствоваться следующим универсальным правилом: обратный выгиб должен компенсировать не более двух третей прогиба под действием постоянной нагрузки. Иногда чрезмерный обратный выгиб может помешать укладке настила.

Подробное описание методов расчета прогибов содержится в публикации «Проектирование комбинированных плит перекрытий и балок со стальными настилами»<sup>[43]</sup>. Дополнительные указания для выполнения оценки балок с отверстиями в стенках приведены в публикации «Расчет балок для инженерных коммуникаций с большими отверстиями в стенках»<sup>[50]</sup>.

*При выборе значений предельно допустимого прогиба, используемых в расчетах, необходимо учитывать функциональное назначение здания.*

*Ограничения прогиба балки под действием постоянной нагрузки можно достичь за счет обратного выгиба.*

*Определение величины обратного прогиба может представлять сложность, поэтому при расчетах следует учитывать возможное влияние жесткости соединений.*

### **Необратимая деформация**

BS EN 1994-1-1 не содержит особых требований по ограничению напряжений в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности (см. п. 7.2.2). Согласно BS 5950-3 напряжения, действующие в комбинированных балках с простой опорой в предельном состоянии по эксплуатационной пригодности, рассчитанные на основе принципов упругой деформации, ограничены прочностью фибры  $p_y$  в нижней части стального профиля, и прочностью  $0,5 f_{cu}$  бетонной плиты перекрытия. При расчете указанных напряжений сдвиговое соединение можно считать полным, а проскальзывание незначительным. При выполнении расчета напряжений следует пренебрегать любой частью бетона, находящейся в напряженном состоянии (при этом используются свойства сечения в состоянии «с трещинами», в отличие от состояния «без трещин», используемого при расчете прогибов). Аналогичное ограничение может применяться при выполнении расчетов согласно BS EN 1994-1-1, при этом предельное напряжение арматуры должно составлять  $f_y$ , а предельное напряжение бетона —  $0,63 f_{ck}$ .

Если монтаж выполняется без установки временных опор, то сначала рассчитываются напряжения для некомбинированного сечения, находящегося под действием нагрузок в ходе монтажа, после чего добавляются напряжения для комбинированного сечения. При использовании временных опор напряжениями, вызванными строительными нагрузками, часто пренебрегают при расчетах.

### **Чувствительность к динамическим нагрузкам**

Параметром, который используется для оценки чувствительности перекрытия к динамическим нагрузкам, традиционно является частота его собственных колебаний. Это позволяет проводить простую оценку довольно сложного явления. Общепринятое нижнее предельное значение собственной частоты колебаний отдельной комбинированной балки перекрытия составляет 4 Гц. Это значение обычно используется, чтобы обеспечить частоту всей системы перекрытия, и будет составлять более 3 Гц и гарантировать отсутствие возбуждений на частотах, совпадающих с собственной частотой перекрытия. Для таких объектов, как танцплощадки или спортивные залы, может приниматься повышенное предельное значение частоты.

Собственную частоту колебаний балки перекрытия можно найти по приближенной формуле  $f = 18 / \sqrt{\delta}$ , где  $\delta$  — это статический прогиб (в мм), возникающий под действием собственной массы перекрытия, а также покрытия и отделочных материалов, с 10 % дополнительной нагрузки, прилагаемой к комбинированной балке. Перегородки обычно повышают демпфирующие свойства и жесткость конструкции и не учитываются в нагрузке.

С большой вероятностью перекрытие будет более «чувствительным» при наличии сетки из основных и второстепенных балок. В таких случаях следует подвергать оценке суммарный прогиб плиты перекрытия, второстепенных балок и основных балок (т. е. общий прогиб в середине плиты) и рассчитывать составную частоту перекрытия. Способ определения составной частоты установлен в публикации «Проектирование перекрытий для условий вибрации. Новый подход»<sup>[51]</sup>. В этой публикации также установлены способы определения вероятных ускорений перекрытия под воздействием вибрации с использованием коэффициента отклика и рекомендуется проводить более подробный анализ для оценки чувствительности перекрытия к динамическим нагрузкам.

Комбинированные балки часто используются в конструкциях с протяженными пролетами из-за своих превосходных характеристик сопротивления и жесткости, однако они зачастую обладают относительно низкой собственной частотой колебаний. Однако они также обычно имеют высокую эффективную массу. Вследствие этого создается большая инерция перекрытия относительно воздействующих на него динамических нагрузок, что позволяет сохранять ускорения перекрытия (которые определяют комфорт обитателей) на допустимом низком уровне. Это означает, что даже в тех случаях, когда предельное значение собственной частоты колебаний не соблюдено, полный расчет отклика перекрытия может показать, что оно приемлемое. Дополнительная информация приведена в источнике 51.

### 5.2.3 Проектирование с учетом огнестойкости

Требуемая огнестойкость комбинированных балок, как правило, достигается путем нанесения на них огнезащитных материалов. Обычно используются три метода защиты: материалы в виде листов, краски и вспучивающиеся покрытия. Огнезащита увеличивает стоимость каркасной конструкции и влияет на график строительных работ, так как требует привлечения специалистов в области проектирования и монтажа огнезащиты. Предусматриваются иные способы проектирования, в которых ограничивается требуемый объем огнезащиты комбинированных плит. Они описаны в публикации SCI P288<sup>[52]</sup>.

Работы по огнезащите балок также могут выполняться за пределами строительной площадки. Нанесение вспучивающихся огнезащитных покрытий за пределами строительной площадки приобретает все большую популярность, так как в отличие от традиционных способов защиты (с нанесением на строительной площадке), проведение этих работ не влияет на последовательность основных этапов строительства и не зависит от погоды. Несмотря на то, что секции с нанесенным за пределами строительной площадки покрытием, требуют более аккуратного обращения и хранения, любые небольшие повреждения можно легко устранить. Приварка анкерных упоров через настил на площадке влияет на работу вспучивающегося огнезащитного покрытия, но не является причиной не использовать нанесение огнезащитного покрытия на комбинированные балки за пределами площадки. Дополнительная информация представлена в публикации «Проектирование огнезащиты металлоконструкций. Тонкие вспучивающиеся огнезащитные покрытия, наносимые за пределами строительной площадки»<sup>[53]</sup>.

Для определения требуемой толщины огнезащиты защищаемых комбинированных балок нужно установить «критическую температуру». Способы определения температур разрушения приведены в стандартах BS EN 1994-1-2<sup>[28]</sup> и BS 5950-8<sup>[11]</sup>. В обоих стандартах используются разные термины для описания этих способов, но приводится расчетная модель для определения отношения между температурой разрушения балки и нагрузкой, оказываемой в условиях пожара. Термические свойства патентованных огнезащитных систем не являются общедоступной информацией. Тем не менее в таблице 5.2 приведен приблизительный расчет критической температуры для подвергаемых изгибам комбинированных балок. Более исчерпывающая информация дана в обязательном приложении к стандарту BS EN 1994-1-2 и в стандарте BS 5950-8. Уровень нагрузки в предельном состоянии по огнестойкости  $\eta_{fi}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$\eta_{fi} = \frac{E_{fi,d,t}}{R_d},$$

где  $E_{fi,d,t}$  — это расчетное значение воздействия в предельном состоянии по огнестойкости, а  $R_d$  — это расчетное сопротивление при нормальной температуре.

Для балок, спроектированных в соответствии с Еврокодами, рекомендуется проверять сопротивление комбинированной балки путем расчета момента сопротивления  $M_{fi,Rd}$  с использованием процедуры, установленной в стандарте BS EN 1994-1-2, п. 4.3.4.2, и более подробно описанной в публикации P375<sup>[30]</sup>. Температура стали в этом расчете должна быть основана на значении критической температуры из таблицы 5.2. Расчет значений в таблице 5.2 выполнен на основе равномерной температуры стального профиля. Отсутствуют ограничения по глубине профиля, который можно спроектировать с использованием значений температур из таблицы 5.2. Температуры применимы к любым соединениям, работающим

на сдвиг. Для балок, спроектированных в соответствии с требованиями BS 5950-8, рекомендуется использовать метод предельно допустимой температуры.

Балки с отверстиями в стенке представляют определенные трудности в части огнезащиты, так как критический вид разрушения может быть связан с продольным изгибом стоек между отверстиями, а не с общим изгибом в точке приложения максимального момента. Также было установлено, что на критическую температуру влияют характеристики огнезащитного материала. Критические температуры, приведенные в таблице 5.2, нельзя применять к балкам с отверстиями в стенках. Дополнительные указания, касающиеся огнезащиты перфорированных балок, приведены в RT1187<sup>[54]</sup>.

**Таблица 5.2.** Критические температуры для комбинированных балок перекрытия

| Описание элемента   | Критическая температура (°C) при показателе нагрузки $\eta_f$ |     |     |     |     |     |     |
|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | 0,7   | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Комбинированные балки с огнезащитным покрытием и без него | 535   | 567 | 600 | 641 | 680 | 738 | 838 |

Если ребра профилированного стального настила располагаются поперек стальных балок, между настилом и верхней полкой металлоконструкции образуются пустоты (см. рис. 5.4). Несмотря на то, что через эти пустоты к стальной балке поступает дополнительное тепло, в BS EN 1994-1-2 рекомендуется игнорировать эти пустоты, если хотя бы 85 % поверхности верхней полки прилегает к плите. Это означает, что пустоты в настиле с профилем типа «ласточкин хвост» заполнять не нужно. Тем не менее пустоты в настиле с трапециевидным профилем заполнять нужно, в противном случае необходимо будет учитывать влияние пустот на температуру балки при определении критической температуры профиля. Это выходит за пределы области применения простой модели нагрева, приведенной в BS EN 1994-1-2. Поэтому, если пустоты не заполняются, температуру балки следует определять путем проведения испытаний или расширенного анализа.

Огневые испытания в соответствии со стандартом BS 476<sup>[55]</sup> показали влияние незаполненных пустот на конструкционные характеристики<sup>[56]</sup>. Строительными нормами Великобритании попрежнему признаются методы испытаний согласно BS 476, и это руководство еще можно использовать в Великобритании, однако в будущем ситуация может измениться. В таблице 5.3 приведены указания согласно P109<sup>[56]</sup> для определения случаев, в которых необходимо принимать особые меры в связи с наличием таких пустот, и описание таких мер. В некоторых случаях для компенсации неблагоприятного влияния пустот может потребоваться увеличить толщину огнезащиты или заполнить пустоты.

Однако следует помнить о том, что пустоты во всех балках, представляющих собой часть пожарного отсека, следует обязательно заполнять, чтобы исключить влияние на целостность стенки отсека.

Если пустоты необходимо заполнить, необязательно применять материал, который используется для огнезащиты балки. Достаточно применить любой негорючий материал.

Если настил уложен параллельно балкам, края верхней полки балки должны быть защищены от огня. Если используется огнезащита в форме листов, листы должны выходить за край полки и совмещаться с нижней стороной настила.

*Пустоты между полками металлоконструкций и настилом не всегда требуется заполнять огнезащитой. Неоправданное использование подобной огнезащиты приведет к увеличению затрат.*

**Таблица 5.3.** Рекомендации по огнезащите пустот между стальным профильным настилом и стальными балками в конструкции комбинированного перекрытия

| Трапецевидный настил  |  | Предел огнестойкости (мин)  |   |                   |
|---|--|---|---|-------------------|
| Тип балки   | Огнезащита балки   | Предел огнестойкости (мин)  |   |                   |
|   |  | До 60   | 90  | Более 90          |
| Комбинированная   | Огнезащитная краска и лист (оценка при 550 °С)           | Без увеличения толщины  | Увеличить толщину на 10 % или оценить толщину по A/V с увеличением на 15 %* | Заполнить пустоты |
|   | Вспучивающееся огнезащитное покрытие (оценка при 620 °С) | Увеличить толщину на 20 % или оценить толщину по A/V с увеличением на 30 %* | Увеличить толщину на 30 % или оценить толщину по A/V с увеличением на 50 %  |                   |
| Некомбинированная плита   | Все виды   | Заполнить пустоты   |   |                   |

| Настил с профилем типа «ласточкин хвост»  |                  | Предел огнестойкости (мин)  |    |          |
|---|------------------|---|----|----------|
| Тип балки   | Огнезащита балки | Предел огнестойкости (мин)  |    |          |
|   |                  | До 60   | 90 | Более 90 |
| Любой   | Все виды         | Пустоты можно оставить незаполненными для всех пределов огнестойкости |    |          |
| * Можно использовать наименее сложный вариант (A/V = площадь нагреваемой поверхности на единицу объема стального профиля).    |                  |   |    |          |

## 5.3 Соединение плит с балками

Продольное соединение между стальным профилем и бетоном, работающее на сдвиг, обеспечивается анкерными упорами, которые обычно привариваются к верхней части стального профиля. Все анкерные упоры должны быть устойчивыми к силам отрыва, возникающим при отрыве плиты от балки при изгибе. В случае анкерных упоров такой эффект достигается благодаря головке анкера.

Несмотря на то, что анкерные упоры обеспечивают надежное крепление настила к балке, это не единственное их назначение. Их следует использовать, только если необходимо обеспечить совместную работу плиты и стальной балки или для закрепления плиты на крайних балках, если перекрытие работает как связи жесткости.

### 5.3.1 Анкерные упоры

Наиболее распространенным видом работающего на сдвиг анкерного упора, используемого в комбинированных балках зданий, является приварной анкерный упор диаметром 19 мм и длиной 100 мм или 125 мм. Только анкерные упоры такого диаметра можно использовать на практике для приваривания сквозь настил (см. ниже), так как только для таких упоров поставляются керамические кольца. Несмотря на наличие изделий другой длины, их приобретение может представлять сложность.

Существует также ряд других видов анкерных упоров, например, уголки, привариваемые к верхней полке. Однако большинство из них нельзя применять на практике с комбинированными балками, за исключением анкерных упоров, забиваемых строительным пистолетом. Их следует рассматривать для небольших проектов, в которых в целях долговечности применяется оцинковка балок или окрашивание верхних полок, или для любых проектов, в которых подвод питания для приварки упоров представляет трудность. Особенно они могут пригодиться в проектах восстановления с ограниченным пространством для работы или отсутствием заземления. Наиболее популярные анкерные упоры для установки строительным пистолетом производятся компанией Hilti и имеют длину от 95 до 140 мм. Следует отметить, что сопротивление анкерных упоров, устанавливаемых строительным пистолетом, ниже, чем у приварных упоров. Указания и расчетные значения сопротивления сдвигу следует получить у поставщика.

*Следует отметить, что сопротивление анкерных упоров, устанавливаемых строительным пистолетом, ниже, чем у приварных упоров. Указания следует получить у поставщика.*

### Сопротивление

Значения расчетного сопротивления анкерных упоров приведены в стандартах BS EN 1994-1-1 и BS 5950-3 на основании стандартных испытаний на прочность образцов с арматурной сеткой. Однако испытания, проведенные на образцах с фибровой арматурой, показывают результаты не хуже, чем у образцов с арматурной сеткой. Расчетное сопротивление зависит от следующих факторов:

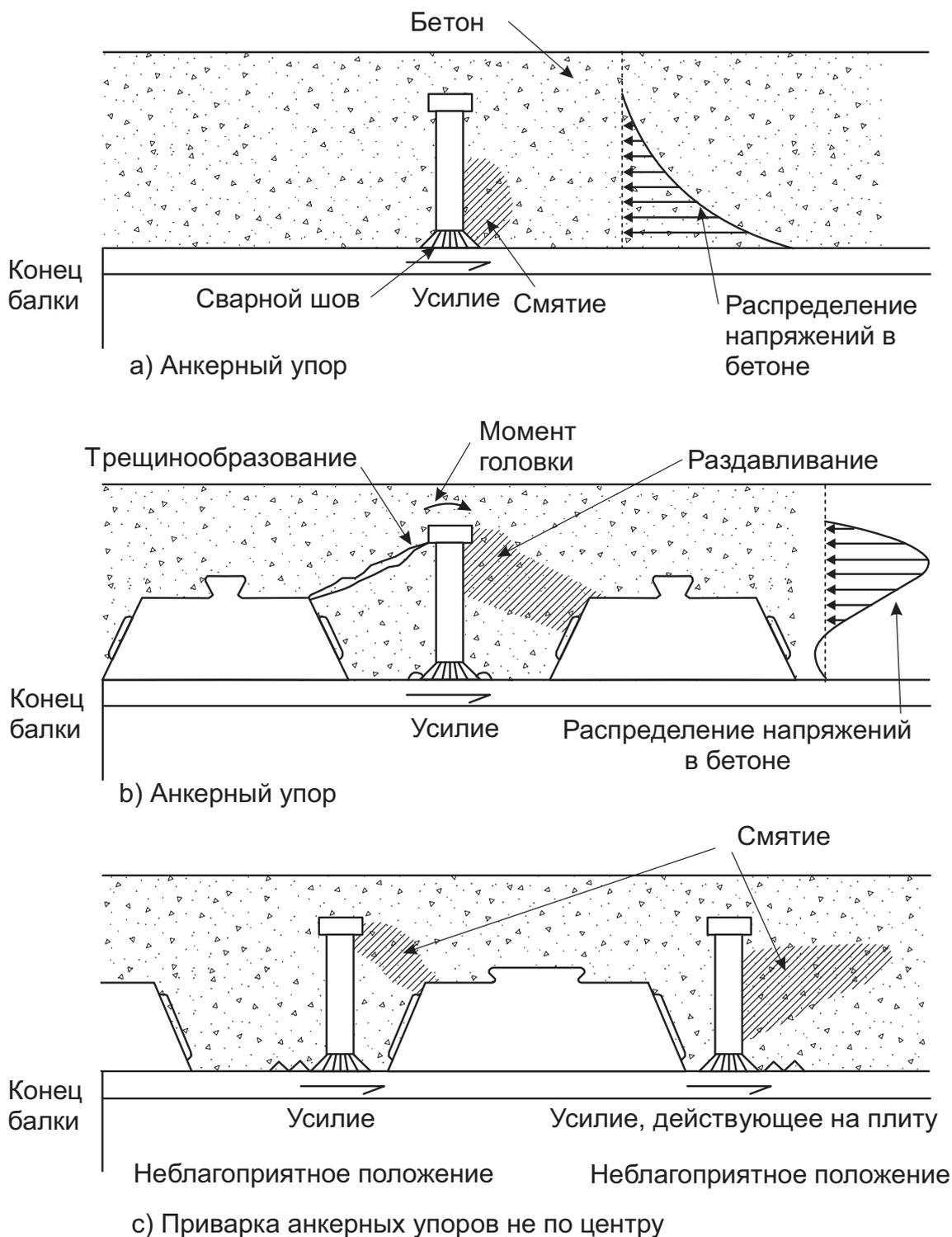
- формы профиля настила;
- размера, прочности и количества анкерных упоров в гофре настила;
- свойств бетона;
- толщины листа (согласно BS EN 1994-1-1).

В стандарте BS EN 1994-1-1 сопротивление анкерного упора в плоской плите рассчитывается непосредственно по формуле, в которой учтены прочность и модуль бетона. Модуль бетона приведен в стандарте BS EN 1992-1-1<sup>[24]</sup>, при этом значение для тяжелого бетона ( $E_{cm}$ ) приведено в таблице 3.1, а значение для керамзитобетона ( $E_{lcm}$ ) приведено в таблице 11.3.1. Образование поверхностных трещин над балкой не снижает расчетного сопротивления анкерных упоров, благодаря наличию поперечной арматуры или арматуры из стальной сетки.

В стандарте BS 5950-3 значения расчетного сопротивления анкерного упора в плоской плите из тяжелого бетона приведены в таблице 5 в зависимости от прочности бетона и размеров упора. При использовании керамзитобетона эти значения уменьшаются на 10 %.

Эффективность анкерных упоров снижается, если ребра настила расположены поперек балки, потому что усилие, передающееся через анкерный упор в плиту, концентрируется в небольшом локализованном участке бетона непосредственно перед анкерным упором. При такой ориентации настила этот участок бетона ограничен в размерах профилем, как показано на рис. 5.5. Для учета этого фактора в стандартах BS EN 1994-1-1 и BS 5950-3 приведены понижающие формулы с учетом геометрии упора и ребра настила.

Помимо формы и толщины настила, значение также имеет положение упора в гофре. Испытания показали, что такой локальный участок бетона может разрушиться, если расположить упор близко к настилу. В формулах из стандартов BS EN 1994-1-1 и BS 5950-3 делается допущение о том, что анкерные упоры располагаются по центру гофры или по очереди с «благоприятной» и «неблагоприятной» стороны гофры. Рекомендуется размещать анкерные упоры с «благоприятной» стороны (см. рис. 5.5). Это означает, что при использовании одинарных упоров на свободно опертых балках с симметричной нагрузкой, положение анкерного упора в гофре с центральным элементом жесткости следует поменять в середине пролета.



**Рис. 5.5.** Напряжения от анкерных упоров в комбинированных плитах

Количество упоров, располагаемых поперек ширины балки в каждой гофре, также влияет на их сопротивление. При наличии двух упоров к расчетному сопротивлению следует применить понижающий коэффициент. Следует учесть, что значения расчетного сопротивления, приведенные в стандарте BS EN 1994-1-1, приведены не более чем для двух упоров. Дополнительная информация представлена в руководстве проектировщика к стандарту BS EN 1994-1-1<sup>[26]</sup> и в «Комментариях к BS 5950. Часть 3, раздел 3.1: комбинированные балки»<sup>[46]</sup>.

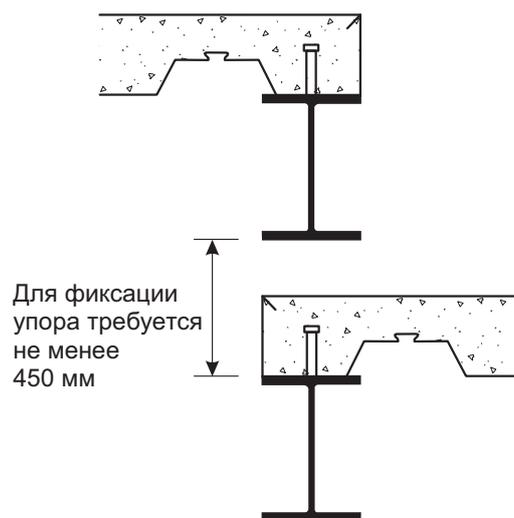
### Крепление упоров

Как правило, для крепления анкерных упоров используется способ сварки «сквозь настил». Этот процесс предполагает эффективную приварку анкерного упора, настила и стального профиля друг к другу за одну операцию. Типовой ряд анкерных упоров, приваренных сквозь

настил, показан на рис. 5.7. Прежде чем планировать сварку сквозь настил, инженер-проектировщик должен учесть следующие практические ограничения.

- Толщина оцинкованного стального настила не должна превышать 1,25 мм, а полная толщина оцинковки не должна превышать 0,04 мм.
- Толщина верхней полки стального профиля должна составлять не менее 0,4 от диаметра упора (т. е. 7,6 мм для упора диаметром 19 мм), чтобы исключить локализованный прогиб полки при предельной нагрузке.
- Использование небольшого количества упоров неэкономично в связи с количеством необходимого оборудования и расходов на него.
- Для приварки упора высота в свету над балкой должна составлять не менее 450 мм (пространство для размещения рабочих и манипуляций с оборудованием) (типовой пример проблемного места с изменением уровня перекрытия показан на рис. 5.6). В такой ситуации фиксация накладки на кромку плитки также может представлять трудность.
- Необходимость оставлять верх балки неокрашенным, как правило, не представляет сложности (с внутренней стороны допускается оставлять верхнюю полку в «пустотах» открытой и без защиты). Но приварка сквозь настил может привести к вспучиванию покрытия с нижней стороны полки. Если меры по восстановлению покрытия не требуются в целях защиты от коррозии, они могут понадобиться по эстетическим соображениям. Вспучивающееся огнезащитное покрытие с нижней стороны полки также может повредиться, однако его восстановление может понадобиться только из соображений восстановления внешнего вида.
- Соблюдение минимальной ширины полки необходимо, чтобы обеспечить достаточное опирание настила с обеих сторон, а также требуемое расстояние от упора до листа, если требуется крепление упором (для конструкции настила и для учета настила в качестве поперечной арматуры и арматуры, работающей на сдвиг) и поперечное расстояние между упорами. Соответственно, если настил расположен перпендикулярно балке, не рекомендуется использовать полки с шириной менее 125 мм (рекомендации по использованию предварительно приваренных упоров см. ниже).

Дополнительные ограничения, связанные с выполнением работ на площадке, описаны в разделе 6.5.



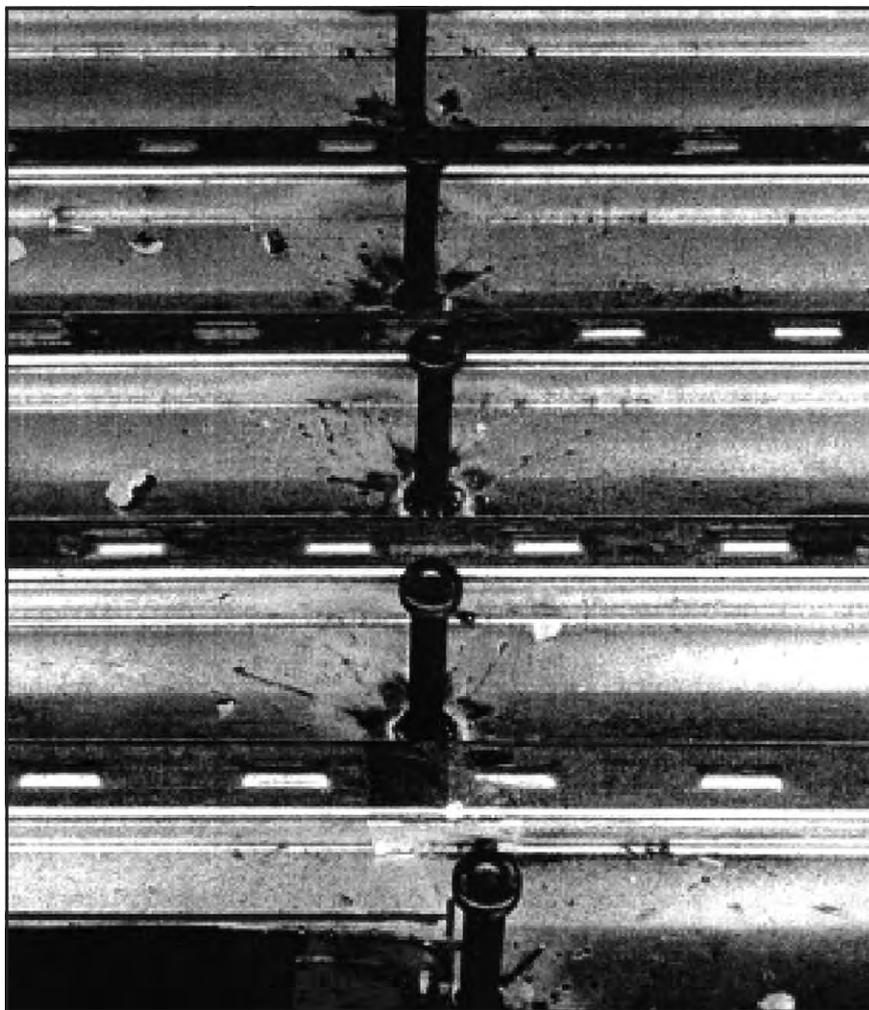
**Рис. 5.6.** Минимальная высота в свету для приварки упора

Сварка сквозь настил значительно экономичнее, чем вариант с предварительной заводской приваркой упоров к стальным балкам, однако она невозможна, если балка требует оцинковки. К проблемам, связанным с использованием предварительно приваренных упоров, относятся следующие.

- Повышение риска безопасности и сокращение темпа монтажных работ.

- Настил нужно укладывать в одиночный пролет между рядами упоров, для чего требуется использовать балки с полками достаточной ширины ( $\geq 133$  мм). Это обеспечит минимальное безопасное опирание настила с каждой стороны балки. При этом настил менее эффективен в качестве однопролетного элемента.
- Совмещение гофр в настиле, расположенном перпендикулярно балке с предварительно приваренными упорами, может представлять трудность. Ширину полки следует предусмотреть таким образом, чтобы за поперечным шагом упоров и краями настила оставалась бетонная облицовка шириной не менее 50 мм на случай, если гофры не совпадут. Если упоры не совпадут с гофрами, их сопротивление может понизиться. Сопротивление следует рассчитать с использованием понижающего коэффициента для ребер, расположенных параллельно балке, по предусмотренной ширине облицовки, а не с использованием понижающего коэффициента для ребер, расположенных перпендикулярно балке.

Чтобы избежать подобных проблем, в настиле можно вырезать отверстия, но это приведет к дополнительным сложностям, связанным с совмещением упоров и отверстий. Укладка настила станет представлять повышенную опасность из-за необходимости вставки упоров в отверстия, поэтому этот способ использовать не рекомендуется.



**Рис. 5.7.** Анкерные упоры

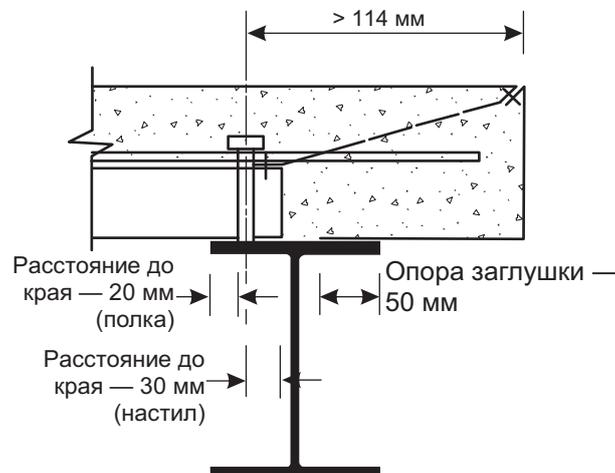
### **Правила конструирования**

Следующие правила конструирования относятся к размещению анкерных упоров и проиллюстрированы на рис. 5.9.

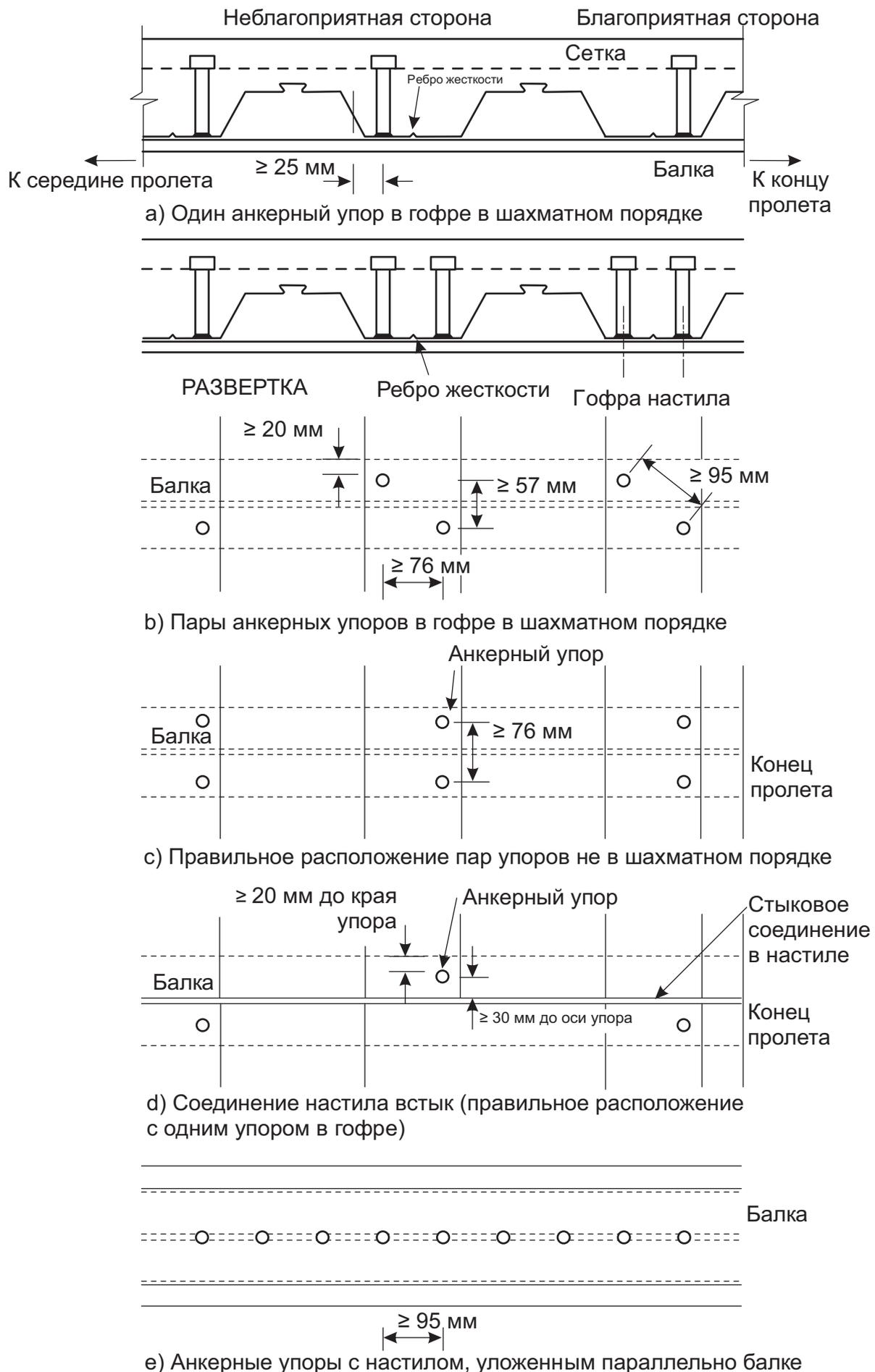
- Согласно BS EN 1994-1-1 требуется, чтобы нормативная высота (до сварки) анкерных упоров составляла не менее  $2d$  (где  $d$  — это диаметр упора) над верхом настила. В соответствующем требовании стандарта BS 5950-3 указана высота 35 мм (следует учесть, что

«верх настила» означает высоту плеча, т. е. без учета любых небольших ребер жесткости в вершине настила). Упоры, длина которых превышает необходимую для соблюдения этого требования, не будут обладать повышенным сопротивлением.

- Чтобы исключить повреждение настила, упоры следует располагать вдоль заранее нанесенных на нем маркировочных линий.
- Расстояние между краем упора и краем полки металлоконструкции должно составлять не менее 20 мм.
- Минимальный продольный шаг упоров должен составлять  $5d$ . В стандарте BS EN 1994-1-1 установлено, что максимальный шаг не должен превышать 800 мм или шесть толщин плиты перекрытия, в зависимости от того, какое значение меньше. Предельное значение, приведенное в стандарте BS 5950-3, составляет 450 мм. Это значение рекомендовано в свете результатов недавних испытаний<sup>[57]</sup>. Следует отметить, что на некомбинированных балках упоры с большим шагом часто используются в других целях, например, для обеспечения устойчивости балки.
- Поперечный шаг упоров должен составлять не менее  $2,5d$  в сплошных плитах и  $4d$  в остальных случаях.
- Упоры, как правило, равномерно размещаются по длине балки, по одному (или по два) в каждой гофре настила, или по одной в каждой второй гофре. Любые дополнительные упоры, показанные на чертеже, которые невозможно разместить в равном количестве во всех гофрах, следует симметрично разместить относительно середины пролета балки от опор к середине пролета (при условии равномерного распределения нагрузки).
- Если в гофре настила есть ребро жесткости (которое препятствует размещению упора по центру гофры), упор следует разместить с благоприятной стороны гофры (см. рис. 5.9).
- В местах стыковки листов настила упоры должны фиксировать оба листа. Минимальное расстояние от центра упора до края каждого листа должно составлять 30 мм. В связи с этим не рекомендуется использовать балки с полками менее 125 мм в ширину — см. примечания о креплении упоров выше. [Следует учесть, что упоры запрещается приваривать сквозь два слоя настила. Следует стыковать листы настила без перехлеста. Если упоры располагаются в один ряд, их следует приваривать поочередно с каждой стороны, если в паре — можно приваривать по одному упору из пары с каждой стороны.]
- Упоры, прикрепляемые к крайним балкам, следует размещать не ближе, чем в  $6d$  (от оси упора) от края плиты, как показано на рис. 5.8. Если край плиты находится менее чем в 300 мм от ряда упоров, вокруг упоров следует предусмотреть U-образные арматурные стержни в соответствии с BS EN 1994-1-1 (или BS 5950-3), чтобы предотвратить разрушение бетона рядом с краем плиты.



**Рис. 5.8.** Пример размещения анкерных упоров на крайних балках каркаса (для упоров диаметром 19 мм)



**Рис. 5.9.** Узлы размещения анкерных упоров (диаметр — 19 мм), приваренных сквозь настил

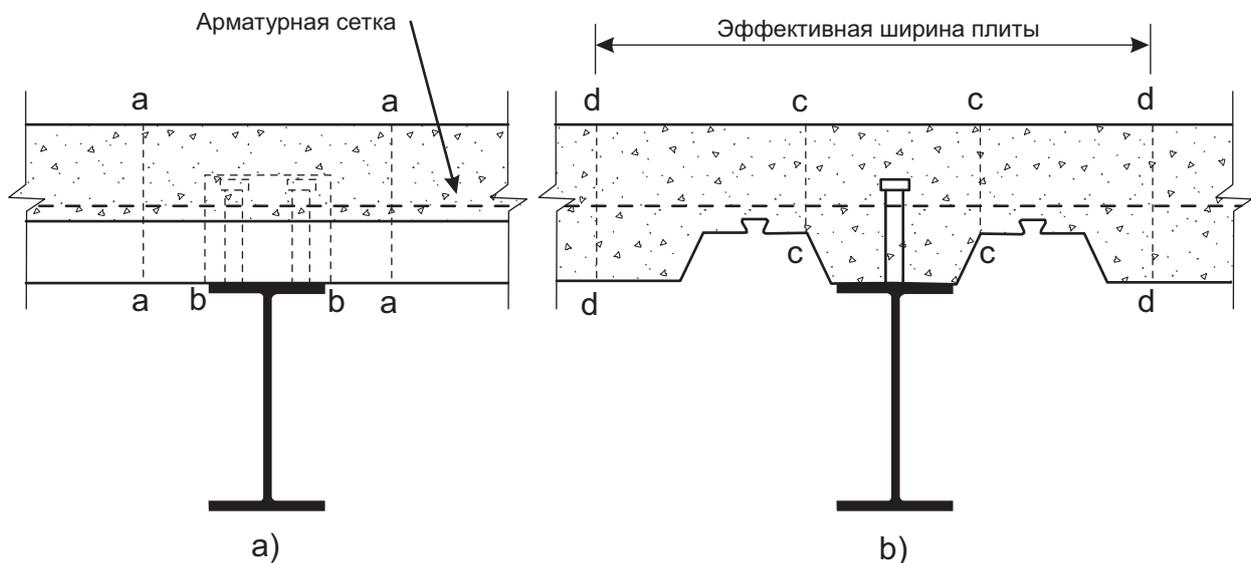
### 5.3.2 Продольный сдвиг

Комбинированные балки допускается рассчитывать с учетом пластических деформаций, если анкерные упоры обладают достаточной податливостью. Это позволяет обеспечить сопротивление сдвигового соединения пластическим деформациям, при котором принимается, что максимальное сопротивление каждого анкерного упора возникает одновременно вдоль балки. В стандарте BS EN 1994-1-1 установлено, что упоры диаметром 19 мм с длиной в приваренном состоянии более 76 мм удовлетворяют этому требованию. Общее продольное усилие сдвига, которое может быть передано через шов соединения балки и бетона, — это сумма сопротивлений анкерных упоров, расположенных на отрезке между опорой и точкой нулевого изгибающего момента. Если нагрузка несимметрична, следует использовать меньшее из общих сопротивлений по обе стороны от точки нулевого изгиба.

#### Поперечная арматура

Необходимо проверить продольное сопротивление сдвигу бетонной плиты, чтобы убедиться, что усилие от анкерных упоров может передаваться в плиту, не разрушая бетон. Для этого требуется предусмотреть поперечную арматуру (перпендикулярно оси балки). Обычно оказывается, что для расчета второстепенных балок с расположением ребер настила перпендикулярно балке достаточно арматурной сетки или фибровой арматуры (как показано на рис. 5.10 (а)). Для балок с параллельным расположением ребер (рис. 5.10 (b)) может понадобиться дополнительный арматурный стержень. Плоскости среза плиты располагаются с обеих сторон анкерных упоров (рис. 5.10). Однако плоскость b-b не нужно проверять для комбинированных плит с настилом, потому что характерные сопротивления упоров определяются в испытаниях, допускающих этот тип разрушения. Сопротивление сдвигу на единицу длины пролета балки зависит от прочности бетона и количества арматуры.

На крайних балках швеллеры следует располагать как можно ниже, но с достаточным покрытием низа для протекания заполнителя (в BS 5950-3 устанавливается, что стержни следует размещать не менее чем на 15 мм ниже головки упора, однако в BS EN 1994-1-1 подобное требование отсутствует).



**Рис. 5.10.** Плоскости среза плиты при продольном сдвиге.  
(а) Настил перпендикулярно балке. (б) Настил параллельно балке

Настил также может входить в состав поперечной арматуры для усиления сопротивления продольному сдвигу. Полное сопротивление настила можно использовать, если настил расположен перпендикулярно балкам без разрывов. Если в настиле есть разрывы, усилие крепления, которое могут обеспечить анкерные упоры, может ограничить это действие, однако влияние настила можно учесть при условии наличия достаточного расстояния от края настила до оси упоров. Указания по сопротивлению креплению приведены в BS EN 1994-1-1 (п. 9.7.4 (3)).

и в BS 5950-4 (п. 6.4.3), однако в первом указано, что минимальные значения превышают диаметр упора в 1,65 раза, а в последнем — в 1,7 раза.

Влиянием настила на продольный сдвиг следует пренебрегать, если настил не закреплен в местах разрывов или если ребра настила расположены параллельно балке. Теоретически, если настил расположен параллельно балке и правильно закреплен, можно учесть некоторое влияние на сопротивление продольному сдвигу. Однако учитывать такое влияние не рекомендуется, потому что на сопротивление настила влияет (непредсказуемое) наличие нахлестов на площадке. Этот подход соответствует требованиям BS EN 1994-1-1. Упоры, фиксирующие стыковое соединение настила в один ряд, не обеспечивают достаточного крепления настила для усиления поперечной арматуры. Дополнительные указания, касающиеся поперечной арматуры, приведены в публикациях AD 192<sup>[58]</sup> и AD 266<sup>[59]</sup>.

*Поперечная арматура необходима для обеспечения требуемых характеристик сдвигового соединения. Использование сетки может быть достаточным, однако проверку следует проводить обязательно, в частности для основных балок. Использование сетки является приоритетным способом, потому что она сводит к минимуму необходимость в использовании стальных фиксаторов для работы в изогнутом положении.*

*Влияние настила на поперечную арматуру можно учитывать, только если он надежно закреплен. Это зависит от ряда факторов: непрерывности настила, направления ребер настила и наличия нахлестов в настиле. Влияние настила следует всегда игнорировать, если ребра настила расположены параллельно балке.*

### **Сопротивление поперечному изгибу**

Сопротивление изгибу комбинированной балки зависит от передачи усилия сдвига между балкой и плитой. Соответственно, сопротивление повышается ближе к середине пролета балки. Сопротивление в заданной точке зависит от момента сопротивления стальной балки и количества анкерных упоров между этой точкой и ближайшей опорой.

Максимальный расчетный момент балки, на которую воздействует равномерно распределенная нагрузка, приходится на середину пролета. Инженеру-проектировщику необходимо проверить сопротивление моменту в этой точке и определить общее количество анкерных упоров, необходимых для передачи нагрузки в плиту (см. раздел 5.2.1 и рисунок 5.3). Эти анкерные упоры могут быть равномерно распределены между опорой и серединой пролета.

Для балок, которые подвергаются точечным нагрузкам, необходимо проверить момент сопротивления в промежуточных точках, а не только в точке максимального расчетного момента. Например, на рис. 5.11 показана балка с четырьмя точечными нагрузками, эпюра изгибающего момента и момента сопротивления, требуемого в каждой из четырех точек нагрузки. Для обеспечения требуемого сопротивления  $M_A$  в промежуточной точке «А» количество анкерных упоров между этой точкой и ближайшей опорой должно обеспечивать передачу достаточного усилия в плиту. При наличии точки высокой нагрузки рядом с опорой размещение требуемого количества упоров на таком коротком отрезке может оказаться невозможным.

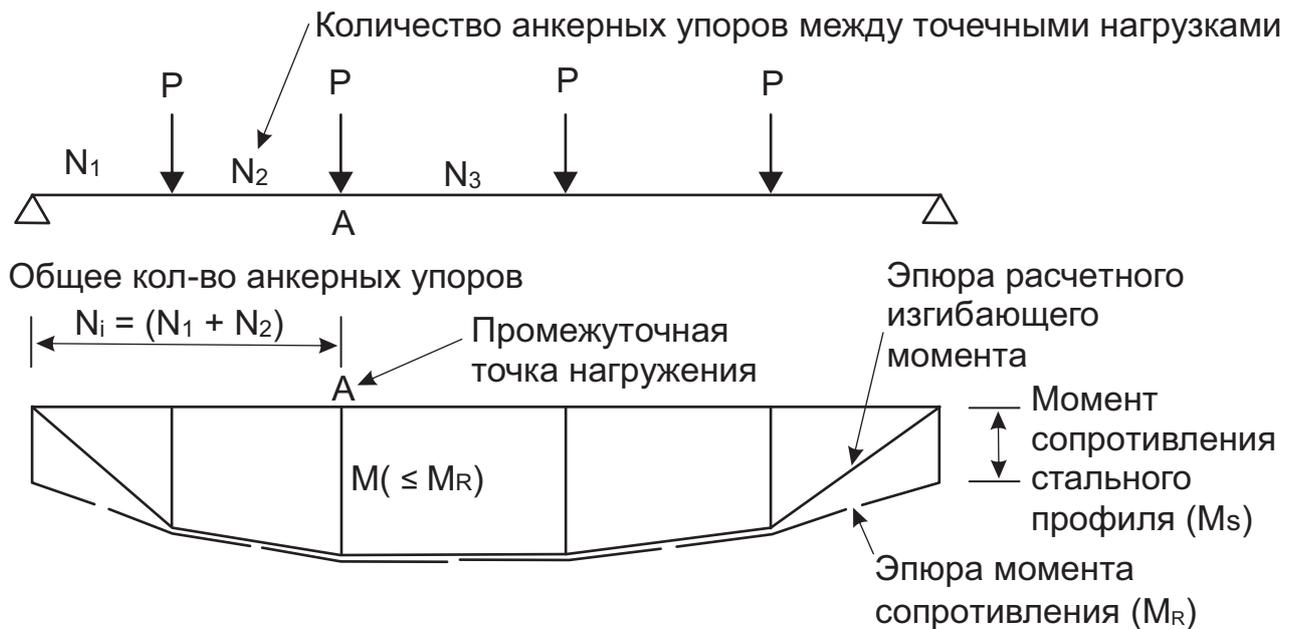


Рис. 5.11. Распределение анкерных упоров в балках при действии точечных нагрузок

### 5.3.3 Соединение балок с плитами

Максимальное усилие продольного сдвига, которое должно передаваться от металлоконструкции в бетон, равно сжимающему усилию, необходимому для разрушения бетона, или усилию, необходимому для деформации стального профиля при растяжении, в зависимости от того, какое значение меньше. Если для передачи этого усилия возможно разместить достаточное количество анкерных упоров, то возможно обеспечить полный момент сопротивления пластической деформации комбинированного профиля. Это явление известно как «полное сдвиговое соединение» (которое иногда называют «полным взаимодействием»).

«Частичное сдвиговое соединение», относится к ситуации, в которой предусматривается меньшее количество анкерных упоров. В этом случае метод эпюры напряжений, который используется для расчета момента сопротивления (см. раздел 5.2.1), нужно модифицировать, учитывая возможность передачи пониженного продольного усилия. Использование частичного взаимодействия часто позволяет сэкономить средства, особенно если количество анкерных упоров ограничено шагом ребер в настиле.

Деформация анкерных упоров вызывает скольжение между бетоном и стальным профилем. Это скольжение равно нулю в точке максимального изгибающего момента (часто в середине пролета) и повышается по мере приближения к опорам. Чем больше пролет балки, тем больше скольжение у опор. Из-за сниженного количества анкерных упоров скольжение при заданной нагрузке в частичном соединении будет выше, чем в полном соединении, работающем на сдвиг. Чтобы избежать неблагоприятных последствий, вызванных чрезмерным скольжением, в BS EN 1994-1-1 и BS 5950-3 установлена минимальная предельная степень сдвигового соединения, однако, правила его применения в стандартах немного отличаются.

Дополнительные указания, касающиеся степени сдвигового соединения приведены в AD 266<sup>[59]</sup>.

## 5.4 Дополнительная информация

Приведенные ниже ссылки относятся к расчету балок, дополнительные указания по расчету плит см. в разделе 4.5 (информация об авторах и издательствах приведена в разделе 8 «Источники»).

*Проектирование стальных каркасов зданий для интеграции инженерных коммуникаций (P166)<sup>[35]</sup>*

В этом руководстве по проектированию описаны различные инженерные коммуникации, которые необходимо интегрировать в перекрытия здания, и показаны возможные способы

такой интеграции на примере нескольких разных систем металлоконструкций каркаса перекрытия, во многих из которых используются комбинированные перекрытия.

*Руководство проектировщика к BS EN 1994-1-1*<sup>[29]</sup>

В этом руководстве приведено подробное описание пунктов Еврокода 4. В него включены многочисленные примеры применения отдельных пунктов в работе. Это стандартный источник для проектировщиков комбинированных балок в соответствии с требованиями Еврокода 4.

*Комментарии к BS 5950. Часть 3. Раздел 3.1. Комбинированные балки (P078)*<sup>[46]</sup>

Это подробное руководство, в котором приводится информация о пунктах стандарта BS 5950-3. В нем обсуждаются актуальные исследования и приведены рабочие примеры расчета комбинированных балок. Это основной источник для проектировщиков комбинированных балок в Великобритании.

*Расчет балок для инженерных коммуникаций с большими отверстиями в стенке (P355)*<sup>[50]</sup>

В этом руководстве установлен метод расчета комбинированных и некомбинированных балок с отверстиями в стенке. Поясняется модель комплексного распределения усилий вокруг отверстия, из которой выводится упрощенный метод для усиленных и не усиленных элементами жесткости отверстий. Включены указания по определению расположения и размера отверстий.

*P354: расчет перекрытий с учетом вибраций. Новый подход (P354)*<sup>[51]</sup>

В этом руководстве рассматриваются требования к контролю вибраций в зданиях, вызванных перемещениями людей. В нем показаны возможные способы анализа динамической чувствительности перекрытий и предлагаются критерии приемки отклика перекрытия.

*Огнезащита металлоконструкций в зданиях (4-е издание)*<sup>[60]</sup>

В этой публикации объясняются базовые принципы проектирования огнезащиты и процедур контроля огнезащиты. Приведены прикладные данные для большинства имеющихся в продаже продуктов, а также требования к толщине защиты для различных условий воздействия на балки и колонны. Это стандартный источник для проектирования огнезащиты металлоконструкций.

*Огнезащита металлоконструкций. Тонкие вспучивающиеся огнезащитные покрытия, наносимые за пределами строительной площадки (2-е издание) (P160)*<sup>[53]</sup>

В этой публикации описываются вопросы проектирования и характеристик вспучивающихся огнезащитных покрытий, наносимых за пределами рабочей площадки. Представлен пример расчета для определения толщины покрытия элемента металлоконструкции. Также включены технические требования к «модели».

*Управление охраной труда и техникой безопасности во время строительства. Строительные нормы и правила (проектирование и управление), 2007. Утвержденный свод правил L144 (ASoP)*<sup>[4]</sup>

В этом документе содержатся сами нормы и правила, а также пояснительные комментарии к каждому требованию. Это основной источник.

*P178: проектирование в строительстве (P178)*<sup>[61]</sup>

В этом руководстве рассматривается влияние основных проектных решений на общую возможность реализации строительства и стоимость строительства. Оно предназначено преимущественно для инженеров, но будет полезным для всех специалистов, вовлеченных в процесс проектирования. Включает раздел о нормах и правилах CDM 1994 г.

### **Рекомендательная служба**

В следующих заметках «Рекомендательной службы» (AD), публикуемых Институтом стальных конструкций (SCI) в журнале *New Steel Construction* и на веб-сайте [SCI Steelbiz www.steelbiz.org](http://www.steelbiz.org), приведены дополнительные сведения, имеющие отношения к настоящему разделу.

AD 174 «Сдвиговые соединения вдоль крайних комбинированных балок»<sup>[62]</sup>. В этой заметке описывается метод проверки изгибной жесткости крайних комбинированных балок в существующих зданиях, в которых не были зафиксированы анкерные упоры или не предусмотрена поперечная арматура.

AD 175 «Диафрагменное действие стального настила во время строительства»<sup>[7]</sup>. В этой заметке приводится метод проверки способности настила стабилизировать конструкцию путем обеспечения диафрагменного действия. Приведены требования к фиксации.

AD 192 «Поперечная арматура в комбинированных тавровых балках»<sup>[58]</sup>. В этой заметке приведено подробное описание принципов поперечного сдвига и роли поперечной арматуры. Пояснены соответствующие пункты BS 5950-3.

AD 266 «Сдвиговые соединения в комбинированных балках»<sup>[59]</sup>. В этой заметке освещаются основы правил установления эффективной ширины листа, правил установления минимального угла сдвигового соединения и расчетов поперечной арматуры.

## 6 ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ

В настоящем разделе представлена информация о практике выполнения работ на площадке, связанных с закупкой, укладкой и отделкой монолитного бетона. Она предназначена для всего персонала, занятого в работах на площадке. В раздел вошли указания по назначению состава бетонной смеси, но не включены требования к доступу бетоносмесителей, проверке закладных деталей и т. д.

### 6.1 Поставка бетона

Поставка бетона, как правило, относится к зоне ответственности генерального подрядчика, который должен обеспечить его описание, поставку и проверку согласно BS 8500-1<sup>[17]</sup> на соответствие требованиям к классу прочности, указанному инженером-проектировщиком. Основные параметры некоторых типовых бетонных смесей приведены в таблице 6.1.

**Таблица 6.1.** Технические нормы бетона (фрагмент из BS 8500)

| Тип заполнителя                                     | Тяжелый бетон   |        |        |        |        | Легкий бетон |         |          |
|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------------|---------|----------|
|   | Класс прочности | C25/30 | C28/35 | C32/40 | C35/45 | C40/50       | LC25/28 | LC 28/31 |
| Максимальное водоцементное соотношение              | 0,65            | 0,60   | 0,55   | 0,50   | 0,45   | 0,65         | 0,60    | 0,55     |
| Минимальное содержание цемента (кг/м <sup>3</sup> ) | 260             | 280    | 300    | 320    | 340    | 260          | 280     | 300      |

#### Примечания:

- 1) в BS 8500-1 не приведены универсальные отношения между классом прочности, водоцементным соотношением и минимальным содержанием цемента. Отношения зависят от класса воздействия и используемого типа цемента. В таблице 6.1 приведены отношения, взятые из стандарта BS 8500-1 для условий воздействия XC. Отношения между классом прочности/водоцементным соотношением/содержанием цемента для других условий воздействий перечислены в BS 8500-1;
- 2) указанное минимальное содержание цемента действительно для заполнителя 20 мм. Как правило, минимальное содержание цемента нужно увеличивать на 20 кг/м<sup>3</sup> для заполнителя 14 мм и на 40 кг/м<sup>3</sup> для заполнителя 10 мм.

Для обеспечения контроля качества бетонной смеси бетон должен поступать с предприятия, бетон на котором получают с использованием согласованной схемы обеспечения качества.

#### Типы и размеры заполнителя

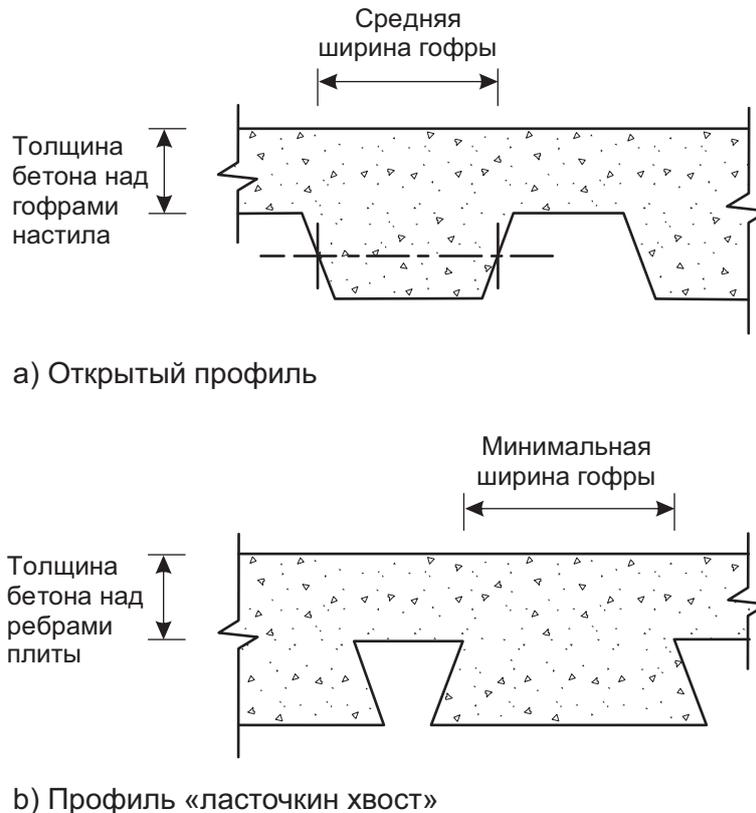
Большинство комбинированных плит выполняются с использованием тяжелого заполнителя.

Если в проекте указан тяжелый заполнитель, максимальный размер заполнителя следует ограничивать, чтобы обеспечить удобную укладку бетона в гофры настила и между стержнями.

Нормативный размер самого крупного заполнителя не должен превышать наименьшее из следующих предельных значений (см. рис. 6.1).

- 40 % бетона покрывают ребра.
- Средняя ширина ребер настила (трапециевидный настил).
- Одна треть минимальной ширины ребра (настил профиля «ласточкин хвост»).

Рекомендуется по возможности использовать заполнитель 20 мм. При использовании заполнителя меньшего размера повышается требуемое содержание цемента, что неблагоприятно сказывается на характеристиках усадки бетона.



**Рис. 6.1.** Параметры поперечного сечения при определении максимального размера заполнителя бетона

### Состав смеси

Для обеспечения достаточной удобоукладываемости бетона, позволяющей перекачивать его с низким расходом, а также возможности вибрирования смеси, в гофрах настила и вокруг стальных балок перекрытий пониженного профиля следует предусматривать минимальный класс консистенции S3 согласно BS 8500-1.

Не следует использовать бетонные смеси с низкой консистенцией, так как это может привести к перегрузкам стального настила при бетонировании.

## 6.2 Укладка бетона

### 6.2.1 Подготовка

Перед началом работ на настиле следует установить ограждения по всему периметру, вдоль внутренних краев и пустот. Следует сверить положение всех стоек (и временных опор) с данными на схеме размещения настила и убедиться, что обеспечены требуемые условия опирания.

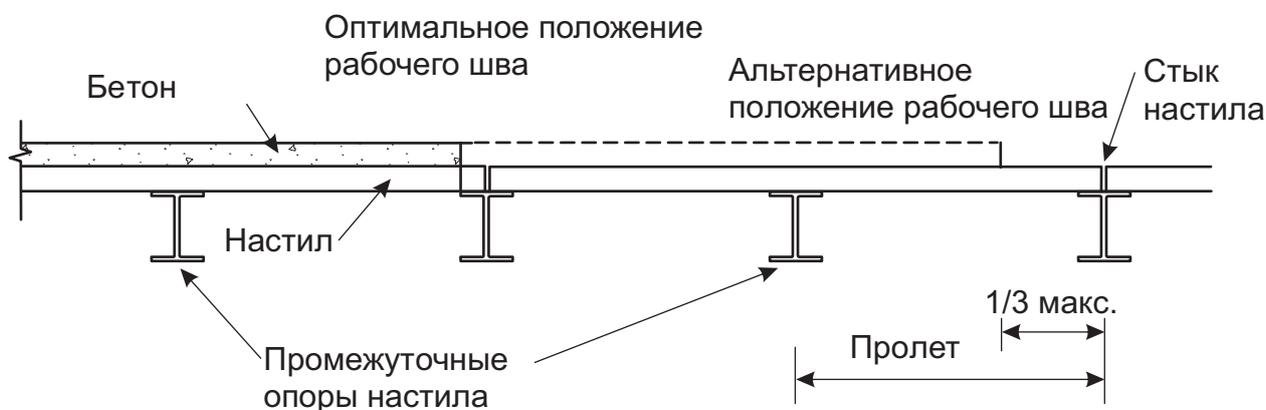
### Очистка настила

Перед укладкой бетона поверхность настила должна быть в достаточной мере очищена от грязи, масла и т. п. Легкая поверхностная смазка, нанесенная на настил в момент поставки на площадку, не влияет на взаимодействие между бетоном и металлоконструкциями, поэтому удалять ее не нужно. Несмотря на наличие соответствующих рекомендаций, удаление всех осколков керамических втулок после приварки упоров не является обязательным.

## Рабочие швы

Типовой объем бетонных работ достигает  $1000 \text{ м}^2/\text{сутки}$ , хотя технические ограничения площади, на которой можно уложить бетон, отсутствуют. Если границы бетонных работ не совпадают с постоянными краями плиты, объем бетонных работ определяется по рабочим швам (конструкционным швам).

В общем случае рабочие швы следует располагать вблизи стыковых соединений настила. Для обычных комбинированных балок желательно устраивать швы с одной стороны от линии анкерных упоров, чтобы вокруг упоров был сплошной слой бетона. Это не влияет на сопротивление анкерных упоров. Если рабочий шов невозможно устроить рядом со стыковым соединением, рекомендуется оставить не более одной трети пролета настила от стыкового соединения незабетонированной, как показано на рис. 6.2. Не следует останавливать укладку бетона в пределах длины листа, оставляя незабетонированным оставшийся участок, потому что возможно возникновение чрезмерных прогибов в местах воздействия несбалансированных нагрузок на сплошной настил с любой стороны промежуточной двутавровой балки несимметричного сечения.



**Рис. 6.2.** Рекомендуемое положение рабочих швов в бетонной плите

Для создания рабочих швов используются ограничители, обычно представляющие собой деревянные или пластиковые вставки. Их следует проверить на возможную потерю раствора, как и все остальные стыки и концы настила.

Рабочие швы создают в плите разрывы, поэтому важно обеспечить непрерывность арматуры поперек шва. Если используется фибровая арматура, на рабочих швах требуется предусмотреть непрерывную арматуру в виде стандартной стержневой арматуры или полос стальной сетки. По вопросу типа непрерывной арматуры для плит с фибровой арматурой следует проконсультироваться с поставщиком настила. Появление трещин в бетоне возле конструктивных швов является нормальным и не влияет на работу конструкции. Если размер трещин у рабочих швов имеет значение, например, при использовании хрупких отделочных покрытий, инженер-проектировщик должен рассчитать размер арматуры с учетом контроля ширины трещины. Кроме того, существуют коммерческие системы для отсоединения хрупких отделочных покрытий от комбинированной бетонной плиты. Указания по их использованию следует получить у поставщика.

## Армирование плит

Любая стержневая/сетчатая арматура устанавливается на специальные маяки, чтобы предотвратить смещение во время бетонирования. В качестве фиксаторов допускается использовать пластиковые подставки, петли или готовую сетку, избегая использования крупных фиксаторов, так как они могут приводить к трещинообразованию. Фиксаторы должны быть прочными, потому что полы будут использоваться в качестве рабочей площадки для рабочих и оборудования. В частности, погрузка-разгрузка и перемещение наполненных бетоном трубопроводов во время перекачивания могут привести к возникновению значительных локальных нагрузок на арматурную сетку. Несмотря на то, что во время бетонирования сетка может слегка проседать (до  $15 \text{ мм}$ ), это не оказывает значительного воздействия на характеристики

плиты. Пример готового к бетонированию перекрытия с установленной арматурой показан на рис. 6.3.



**Рис. 6.3.** *Настил и арматурная сетка — готовое к бетонированию перекрытие*

Зафиксированную арматуру следует проверить по чертежу арматуры плиты. Особое внимание следует уделить проверке любой дополнительной стержневой арматуры, например, вокруг отверстий, поперек комбинированных балок и U-образных стержней по краям плит.

#### **Фибровая арматура**

Если используются стальные или полимерные волокна, их добавляют в бетонную смесь на бетонном заводе или непосредственно в бетономешалку на площадке. Фибробетон можно закачивать на фальшполы, как показано на рис. 6.4. При использовании фиброарматуры общепринятой практикой является установка U-образных арматурных стержней на крайних комбинированных балках, стержневой арматуры вокруг отверстий в плите и арматурной сетки или стержней у рабочих швов или в местах, где комбинированная балка выступает за пределы опоры. Во время подготовки к бетонированию бригада на площадке должна убедиться в наличии таких стержней/сетки.

#### **Потеря раствора**

Соединения настила должны быть плотно состыкованы, а открытые края следует «закупорить» патентованными прокладками, чтобы не допустить потерь раствора. Зазоры более 5 мм следует герметизировать, однако зазоры меньшего размера, как правило, не требуют специальных мер. Небольшие зазоры можно заполнить расширяющимся пенополиуретаном.



**Рис. 6.4.** *Подача фибробетона бетононасосом*

### **Рейки для выравнивания**

Рейки для выравнивания поверхности плиты следует размещать рядом с осью балок, чтобы не допустить чрезмерного прогиба во время бетонирования. При этом прогиб балки будет отражаться на уровне верхней поверхности бетона.

### **Способ сплошной заливки**

Для метода бетонирования со сплошной заливкой (при котором бетон заливается и перекрытие в целом выравнивается до уровня постоянной отметки) требуется значительно большее количество бетона, а прогибы металлоконструкций и настила приведут к увеличенной толщине плит. Не следует применять выравнивание до постоянной отметки, предварительно не убедившись у инженера-проектировщика, что проектом допускается дополнительный вес от перелива бетона.

## **6.2.2 Укладка бетонной смеси**

Бетон должен быть хорошо уплотнен, особенно в точках размещения анкерных упоров. Для этого можно использовать инвентарный брус, для которого потребуется предусмотреть достаточные опоры с обоих концов, или погружаемый глубинный вибратор. Не рекомендуется использовать ручную трамбовку для уплотнения бетона.

Укладку бетона можно осуществлять при температуре воздуха выше 5 °С. В холодную погоду может понадобиться предусмотреть средства для поддержания такой температуры, по крайней мере, в течение части периода выдерживания (см. ниже).

### **Подача бетона бетононасосом**

Подача бетононасосом стала обычным способом укладки бетона, который можно применять как для тяжелых, так и для легких агрегатных смесей. Возможно обеспечение расхода

порядка 0,5–1 м<sup>3</sup> бетона в минуту, однако очевидно, что чем длиннее линии насоса и чем выше место подачи бетона, тем медленнее будет работа насоса. Как правило, насос способен «поднимать» бетон на высоту до 30 м. Для подачи на иную высоту могут понадобиться дополнительные насосы, установленные на промежуточных уровнях.

Трубы бетононасоса, как правило, имеют диаметр 150 мм и собираются частями. Так как на изгибах может оказываться значительная нагрузка, желательно осуществлять подачу по прямой линии. Под линии следует подложить деревянные блоки с промежутком 2–3 м. По мере подачи требуется часто поправлять положение линии насоса. Это означает, что выпускную трубу следует часто и аккуратно двигать, чтобы свести к минимуму динамическую нагрузку от веса бетонной смеси. Для этого требуется не менее двух рабочих — один, чтобы держать и двигать выпускную трубу, другой, чтобы распределять лишний бетон лопатой. Во время подачи вокруг отверстия трубы должно находиться не более 4 рабочих из-за вероятности перегрузки настила. Бетон не должен падать из выпускной трубы на настил с высоты более 1 м.

Весь бетон плохого качества (первая часть каждого груза бетоновоза или после промывки заторов в трубопроводах) должен быть забракован.

### **Бадьи для бетонирования**

Для укладки бетона эффективнее всего использовать бетононасос, однако иногда возникает необходимость бетонирования маленьких площадей, подача бетононасосом в которые представляет сложности. При использовании бадей следует соблюдать особую осторожность, чтобы не допустить перегрузку настила. Желательно разгружать бетон в тачку на уже возведенных участках, чтобы исключить выгрузку бетона из тачки непосредственно на настил. Укладка бетона из бадьи, подвешенной на кране, может представлять сложность из-за создаваемых балками и настилом препятствий на перекрытиях высоких этажей. Однако несмотря на большие временные затраты (производительность работ редко превышает 5 м<sup>3</sup> в час), использование бадей может иногда быть эффективным для заполнения небольших отсеков.

В тележках-дозаторах должны быть средства регулирования скорости опорожнения, и бетон не следует выгружать с высоты более чем 0,5 м над настилом или тачкой. Во время выгрузки в тачку ее следует установить на толстые (30 мм) доски, закрывающие площадь 2 x 2 м или на готовую часть плиты. Эти меры ограничивают ударную нагрузку. Тачки следует перемещать по толстым доскам, положенным на арматурную сетку с локальными опорами.

### **Испытания**

Бетон должен подвергаться испытаниям в соответствии с требованиями BS EN 12350<sup>[63]</sup>. Два кубика следует отобрать из каждой поставленной партии бетона 20 м<sup>3</sup> или два кубика в сутки, если использованное в сутки количество составляет менее 20 м<sup>3</sup>. Кубики раздавливают на 28 суток. Среднее значение прочности двух кубиков принимается за результат прочности на 28 суток для партии, из которой был отобран образец. Допускается отбирать дополнительные кубики для испытаний на 7 суток или в другие сроки для определения прочности на раннем этапе.

### **6.2.3 Отделка, выдерживание и высушивание**

Качество отделки поверхности бетона, как правило, указывается инженером-проектировщиком (п. 4.2.1). Если выполняется механическая затирка, ее следует выполнить в течение 2–3 часов после заливки. Это позволит бетону достаточно затвердеть.

Опыт указывает на наличие большого риска образования волосных трещин на хорошо затертой поверхности<sup>[64]</sup>. Волосные трещины — это термин, который означает возникновение сложного полигонального узора, состоящего из тонких, соединенных между собой трещин, которые часто появляются на поверхности бетона, подвергшегося механической затирке. Волосные трещины не следует считать дефектом, и они в целом не оказывают неблагоприятного воздействия на характеристики поверхности перекрытия.

Несмотря на то, что бетон относительно быстро набирает прочность, в течение не менее 3 суток после заливки необходимо выдерживать температуру не ниже 5 °С. Если бетонирование выполняется в зимний период, возможны значительные потери тепла, например, из-за излу-

чения нижней поверхности настила по ночам. Для поддержания температуры может понадобиться использовать отопительные приборы. Некоторое количество тепла образуется во время затвердевания или гидратации бетона (при этом температура, как правило, повышается на 3–5 °С).

Нельзя допускать преждевременного испарения влаги из бетона, в противном случае поверхность может потерять целостность, что приведет к образованию пыли и возможных трещин, и поверхность не будет обладать необходимой абразивной стойкостью. Поэтому выдерживание плиты необходимо выполнять, накрыв поверхность полиэтиленовой пленкой на срок 3–7 суток в зависимости от погоды (это особенно важно в теплую и ветреную погоду). На бетон также допускается распылить патентованный состав для улучшения условий выдерживания бетона.

Так как бетон контактирует только с одной поверхностью комбинированного перекрытия, его высушивание может занять более длительное время, чем у традиционной железобетонной плиты. Содержание влаги в плите желательно проверять с помощью изолированного гигрометра по методу, описанному в BS 8203<sup>[65]</sup>.

## 6.3 Нагрузки на настил на этапах бетонирования и эксплуатации

### 6.3.1 Нагрузки во время бетонирования

Во время бетонирования нагрузки возникают преимущественно из-за веса рабочих, бетона, насосных линий и ударных воздействий. Нагрузки, которые следует учитывать при проектировании бетонирования, указаны в BS EN 1991-1-6 и BS 5950-3, а также обозначены в разделе 4.1.2. Учитывается собственный вес настила (как правило, 2–3 кН/м<sup>2</sup>) и местные нагрузки (вызванные динамикой укладки бетонной смеси). Как правило, это не имеет решающего значения, так как на смежные участки настила не приходится нагрузки или приходится только частичные нагрузки.

В следующем перечне указаны нагрузки, которые обычно возникают во время бетонирования и в нормальных условиях допускаются инженером-проектировщиком.

- Бригада из 5 или 6 человек (из которых только 4 находятся в пределах 2 м от выходного отверстия насоса).
- Бетон, укладываемый с высоты, не превышающей уровень колен человека, стоящего на настиле (для предотвращения чрезмерных ударных нагрузок).
- Наполненный бетоном трубопровод диаметром 150 мм. [Вес линии должен быть распределен по настилу при помощи деревянных досок, чтобы не допустить повреждения настила.]
- Конус сваленного бетона высотой около 0,2 м с основанием 1 м. Предполагается, что выходную линию бетононасоса будут часто двигать, чтобы не допустить чрезмерной динамической нагрузки при укладке смеси (а при использовании бадей будет обеспечен контроль за их опорожнением).

Допускается укладка дополнительного количества бетона в связи с наличием прогибов настила и стального каркаса, в особенности если отделка плиты выполняется до абсолютного уровня. Следует проконсультироваться с инженером-проектировщиком, чтобы выяснить, допускаются ли проектом получаемые в результате этого повышенные нагрузки. Чтобы избежать этой проблемы, рекомендуется выполнять выравнивание поверхности настила для получения равномерной толщины, а не доводить верхнюю поверхность до определенного уровня.

### 6.3.2 Строительные нагрузки после бетонирования

После бетонирования на плиту часто воздействуют строительные нагрузки. Примерами часто встречающихся нагрузок являются мешки с огнезащитой, тележки с мусором, поддоны с блоками и другие приспособления. Если такие нагрузки не превышают расчетные строительные нагрузки настила более чем на 1,5 кН/м<sup>2</sup> (на площади 3 x 3 м), плита не перегружена (при условии отсутствия дополнительных непредвиденных нагрузок в результате перелива бетона). Если нагрузки превышают это значение, следует ориентироваться на проч-

ность бетона. Не следует убирать стойки и прилагать дополнительные нагрузки, пока бетон не достигнет 75 % от расчетной прочности, определенной в испытаниях на сжатие контрольных образцов бетона. Если плиту необходимо нагрузить до истечения 28 суток после бетонирования, необходимо установить ее прочность в момент нагружения (допускается провести ранние испытания на кубиках или цилиндрах) и согласовать эффективную расчетную прочность с инженером-проектировщиком.

В следующем перечне приведены примеры типовых строительных нагрузок. Предполагается, что предметы располагаются на поддонах, которые всегда следует размещать непосредственно над двутавровыми балками несимметричного сечения.

- Бетонные блоки: поддон с блоками высотой 1 м создает нагрузку до 10 кН/м<sup>2</sup>.
- Кирпичи: поддон с блоками высотой 1 м создает нагрузку более 15 кН/м<sup>2</sup>.
- Мешки с огнезащитой: один мешок огнезащитного материала, как правило, весит 25 кг. Поддон с мешками высотой 1 м создает нагрузку, эквивалентную 2,5 кН/м<sup>2</sup>.
- Мешки с цементом: мешки с цементом весят по 25 кг. Стандартный поддон с такими мешками весит 1400 кг (12 кН/м<sup>2</sup>).

О превышении расчетных нагрузок следует обязательно сообщать инженеру-проектировщику. При определении местоположения таких нагрузок следует по возможности размещать их над балками. Примерами таких нагрузок являются:

- генераторы: сварочные генераторы могут создавать нагрузку 50 кН;
- вилочные погрузчики: вилочные погрузчики могут создавать нагрузку до 100 кН без учета их динамической нагрузки. В общем случае транспортные средства с осевой массой более 3 т следует использовать, только если плита рассчитана/предназначена для этой цели;
- противовесы кранов: на каждом противовесе есть четкая маркировка с указанием его массы;
- передвижные платформы: следует проверить потенциальную нагрузку от любых передвижных платформ, используемых для установки инженерных коммуникаций, отделочных работ и др.

Процедура контроля несущей способности плиты к при значительных точечных нагрузках, например, от колес вилочных погрузчиков, приведена в AD 150<sup>[44]</sup>.

Следует соблюдать осторожность, если комбинированное перекрытие предполагается использовать в ситуациях с частыми передвижениями транспортных средств. Проектировать такие перекрытия только с учетом равномерно распределенных нагрузок может оказаться недостаточным. Инженер-проектировщик должен учитывать усталостные явления от многократных динамических нагрузок, оказываемых на плиту и двутавровые балки несимметричного сечения транспортными средствами. Следует проверять пригодность проекта перекрытия (балок и плиты) к динамическим нагрузкам от транспортных средств.

Если бетон будет использоваться в качестве поверхности износа или если предусматривается отделочный слой, укладываемый после схватывания подстилающего слоя, поверхность бетона следует защищать от разливов масла и повреждений при перемещении оборудования.

## 6.4 Дополнительная информация

Приведенные далее источники относятся исключительно к настоящему разделу (информация об авторах и издательствах приведена в разделе 8 «Источники»).

*Руководство по бетонированию № 5 ACIFC и общества бетона. Комбинированные бетонные плиты на стальном настиле. Руководство по возведению и сопутствующие рекомендации по проектированию*<sup>[66]</sup>

В это руководстве приведен обзор факторов, которые следует учитывать при проектировании комбинированных плит на стальном настиле.

*Технический отчет общества бетона № 34, 1994 г. Бетонные промышленные перекрытия<sup>[19]</sup>*

В этом документе приведены исчерпывающие указания по проектированию, уточнению, возведению и отделке промышленных бетонных полов первых этажей. Указания, касающиеся требований к качеству бетона по долговечности и процедурам отделки, также касаются подвесных бетонных плит.

*Опросные листы консультационной службы по бетонным работам*

Опросные листы разрабатываются и публикуются консультационной службой по бетонным работам, которая является дочерним обществом «Общества бетона». В них приведены теоретические и практические рекомендации по вопросам, касающимся бетона. В настоящем разделе даны ссылки на следующие листы:

- № 8, 1997 г.      Образование волосных трещин плиты перекрытия из бетона механической затирки<sup>[64]</sup>;
- № 14, 1997 г.    Трещинообразование в плитах перекрытия из комбинированного бетона/металлического профнастила<sup>[28]</sup>.

*Руководство и свод рекомендаций по безопасности при подаче бетона бетононасосом<sup>[67]</sup>*

Это специальное руководство для подрядчиков, осуществляющих подачу бетона бетононасосом, в котором освещается как теоретическая, так и практическая сторона подачи бетона бетононасосом.

*Руководство по монтажу стальных конструкций в условиях воздействия ветра<sup>[68]</sup>*

В этом руководстве приведены рекомендации для проектировщиков, касающиеся воздействия ветра на металлоконструкции во время монтажа. В нем также поясняется роль руководства и надзора при контроле работ в случае усиления ветра, а также приводится сравнительная информация о прогнозах погоды, которую можно использовать при планировании монтажа металлоконструкций.

*Руководство по возведению многоэтажных зданий<sup>[69]</sup>*

Этот документ представляет собой практическое руководство для монтажных организаций, занимающихся возведением многоэтажных зданий со стальным каркасом. Основные принципы, содержащиеся в данном документе, также применимы в отношении возведения высотных сооружений в целом. В данном руководстве также содержатся рекомендации для заказчиков, организаций, осуществляющих авторский надзор, генеральных подрядчиков и проектировщиков. В нем описаны методы и процедуры организации работ, которыми следует пользоваться при составлении планов производства работ для определенных площадок и проектов. В документе содержатся рекомендации относительно безопасности на строительной площадке, подготовки строительной площадки, доставки, размещения и хранения материалов, обеспечения устойчивости, последовательности монтажа и выверки положения колонн, подъемных и погрузочно-разгрузочных работ, взаимосвязи между отдельными видами работ.

*Рекомендованные нормы строительства комбинированных плит<sup>[70]</sup>*

В этом документе содержится большая часть информации, представленной в настоящем руководстве, но с явной ориентацией на европейский рынок.

*Национальная спецификация строительных стальных конструкций для монтажа зданий<sup>[71]</sup>*

Отраслевой стандарт качества выполнения работ, связанных с изготовлением и монтажом зданий со стальным каркасом, который часто включается в состав договорной документации. В нем содержатся процедуры сварки и испытаний анкерных упоров.

*Рекомендательная записка по охране труда и технике безопасности GS28. Безопасность монтажа конструкций.<sup>[72]</sup>*

Эта публикация относится к разделу о нормах и правилах CDM 1994 г. и в настоящее время изъята из обращения, однако ожидается выпуск новой редакции. Ожидается, что в нем будут представлены основные сведения о безопасности, начиная с этапа планирования и до орга-

низации работ и процедур на площадке, которые помогут пользователям в толковании данного регламента.

*Охрана труда и техника безопасности в строительстве HS(G)150<sup>[73]</sup>*

Это подробное руководство, в котором приведены рекомендации по обеспечению условий техники безопасности и труда на строительных площадках. С его помощью можно определять различные распространенные виды опасности и определять меры контроля. В нем также рассматриваются вопросы планирования и руководства, в том числе оценка рисков и разработка планов производства работы. Это один из основных источников.

## 7 ПЕРЕКРЫТИЯ ПОНИЖЕННОГО ПРОФИЛЯ

В настоящем разделе описана технология устройства перекрытий пониженного профиля и обозначены преимущества таких перекрытий. Освещаются особенности проектирования перекрытий, отличающихся от традиционных конструкций с использованием комбинированных плит и балок (которые описаны в разделах 4 и 5). Описан процесс ведения строительных работ и сведения о типовом процессе строительства. Указания предназначены как для проектировщиков, так и для строительных специалистов.

В текстовые рамки заключены описания рекомендуемых практик проектирования или информация, с которой проектировщику следует ознакомиться. Они также используются для привлечения внимания к вопросам безопасности во время строительства.

### 7.1 Введение

Перекрытие пониженного профиля — это общий термин, который описывает вид конструкции, в которой двутавровые балки несимметричного сечения располагаются в теле железобетонной плиты. Такой вид конструкции достигается опиранием плиты на нижние полки балки. Несмотря на то, что это не новая технология, в последнее время она подверглась значительным доработкам, благодаря обширной деятельности, которая осуществлялась в Великобритании компанией Corus (ранее известной как British Steel). Эта работа привела к появлению конструкции *Slimdek* — вида перекрытия пониженного профиля, в котором используются горячекатаные балки и комбинированные балки с глубоким настилом. Ранее существовавшие виды перекрытий пониженного профиля, в которых для формирования плиты использовались сборные бетонные плиты, обладают различными недостатками (например, сложность устройства инженерных коммуникаций) и не рассматриваются в настоящем документе.

Перекрытия пониженного профиля с использованием глубокого настила применяются в зданиях, где требуемый пролет настила и впоследствии плиты составляет до 9 м. В типовых областях применения длина пролета составляет от 5,5 до 6,5 м, а настил не требует крепления стойками во время возведения. Возможность создания больших пролетов, как правило, устраняет необходимость в использовании второстепенных балок.

Глубокий настил и неглубокий настил (раздел 4) имеют схожие функции и конструкционные характеристики за исключением того, что сопротивление комбинированного материала плиты следует усилить стержневой арматурой, размещенной в гофрах настила.

Могут использоваться балки различного профиля (раздел 7.1.2). Некоторые виды профиля способны обеспечить взаимодействие комбинированной балки и плиты в результате сопротивления сдвигу в месте сцепления металлоконструкции и компонентов бетона без необходимости использования дополнительных работающих на сдвиг крепежных элементов.

#### 7.1.1 Преимущества

Все преимущества комбинированных конструкций, перечисленные в разделе 1.1, действительны и для перекрытий пониженного профиля с использованием стального настила. Особенные преимущества обеспечиваются за счет следующего.

- Небольшая толщина перекрытия может способствовать экономии на стоимости ограждающих панелей или соблюдению требований к общей высоте здания.
- Простота интеграции инженерных коммуникаций. Инженерные коммуникации можно разместить в толщине плиты (между ребрами настила).
- Характерная огнестойкость. Возможно обеспечение огнестойкости в течение 60 минут без использования огнезащиты.

### 7.1.2 Элементы конструкций перекрытий пониженного профиля

Новейшая разработка компании Corus в области перекрытий пониженного профиля — система *Slimdek*. В этой системе используются балки *Slimflor* и глубокий настил *ComFlor 225*. Производятся балки *Slimflor* трех различных видов: сборные балки *Slimflor* (SFB), асимметричные балки *Slimflor* (ASB) и полые балки прямоугольного сечения *Slimflor* (RHSFB).

#### Балки *Slimflor*

Сборная балка *Slimflor* имеет широкополочный двутавровый профиль с широким поясом, приваренным снизу. На эту полку опирается плита. Могут использоваться профили нормативной глубины 152–356 мм. Объединение в комбинированную конструкцию с плитой может обеспечиваться креплением работающих на сдвиг крепежных элементов к верхней полке балки. Тонколистовые закрывающие элементы, называемые «заглушками», крепятся к поясу для придания жесткости краям настила (в особенности во время бетонирования) и формирования бетона вокруг балки SFB. Такой вид конструкции показан на рис. 7.1.

Асимметричная балка *Slimflor* представляет собой горячекатаный профиль, верхняя полка которой уже, чем нижняя. Плита опирается на верхнюю поверхность нижней полки. Объединение в комбинированную конструкцию может обеспечиваться и, как правило, обеспечивается созданием частичной оболочки вокруг профиля (см. раздел 7.2.2). Компания Corus производит два вида балок ASB, в одном из которых более толстая стенка. Балка с более толстой стенкой, имеющая обозначение ASB (FE), обладает огнестойкостью до 60 минут и может использоваться без огнезащиты. Corus производит всего десять разных профилей ASB<sup>[74]</sup>, от 280 ASB 74 (глубиной 272 мм, 74 кг/м) до 300 ASB (FE) 249 (глубиной 340 мм, 249 кг/м). Конструкция, в которой используется балка ASB, показана на рис. 7.2.

Балка прямоугольного сечения *Slimflor* представляет собой прямоугольный профиль с приваренным к его нижней поверхности поясом. Такие балки более эффективны при несбалансированных нагрузках, чем балки SFB и ASB, и в связи с этим устанавливаются по краям здания. Объединение в комбинированную конструкцию может обеспечиваться приваркой упоров к верхней полке полого профиля. Могут использоваться полые профили глубиной до 500 мм, при этом типовая глубина составляет 200–300 мм. Конструкция, в которой используется балка RHSFB, показана на рис. 7.3.

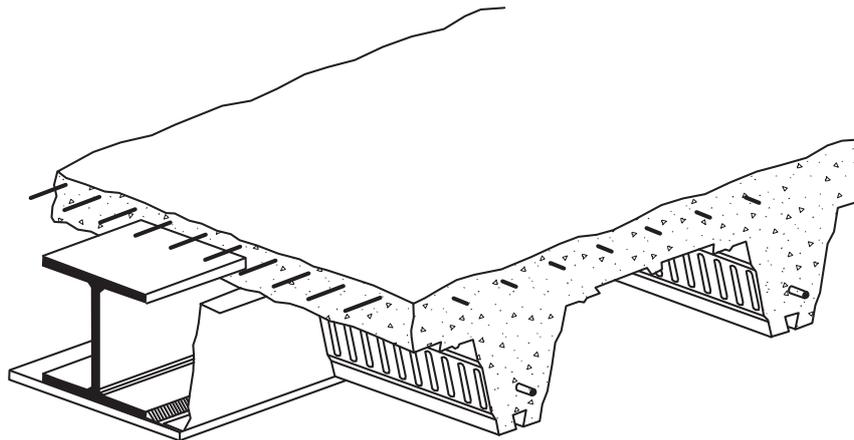
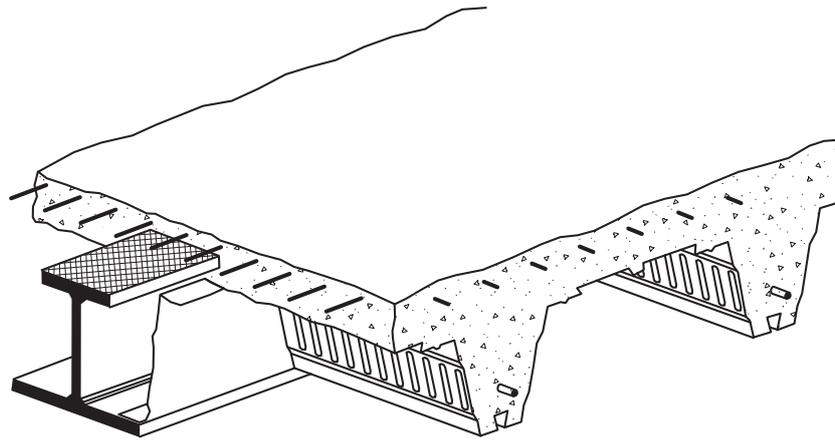
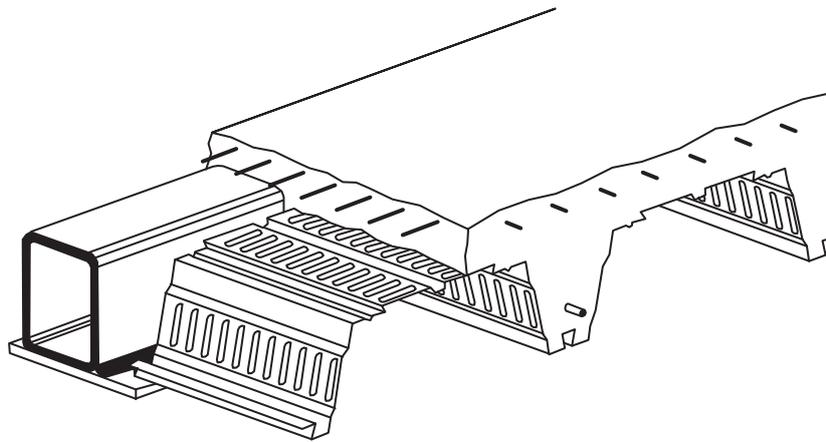


Рис. 7.1. Балка SFB с глубоким настилом (некомбинированная балка)



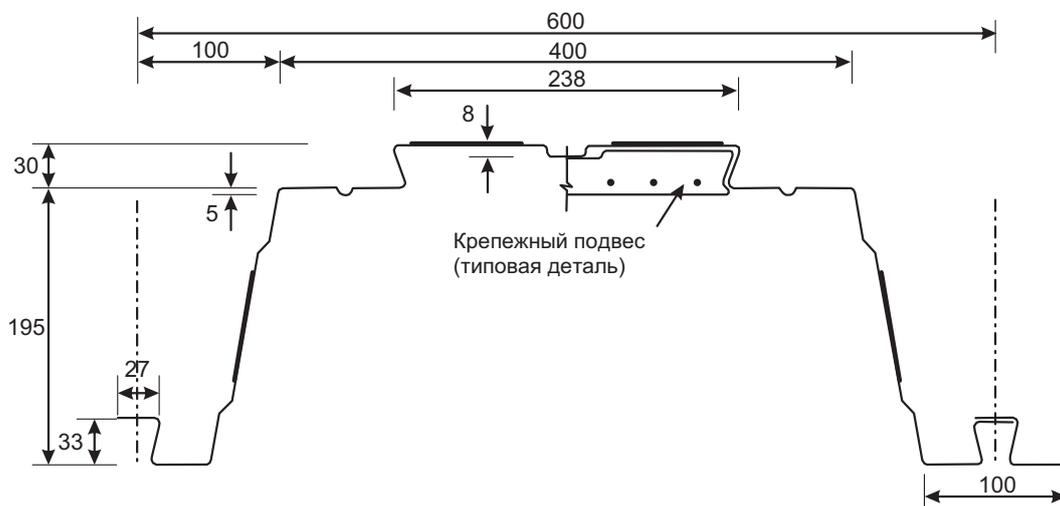
**Рис. 7.2.** Балка AFB с глубоким настилом (комбинированная балка)



**Рис. 7.3.** Балка RHSFB с глубоким настилом (некомбинированная балка)

### Глубокий настил ComFlor 225

Профиль *ComFlor 225* — наиболее современный вид глубокого профиля, который может использоваться с любыми из видов балок, описанными выше. Его поперечное сечение показано на рис. 7.4; на профиле предусматриваются специальные точки для крепления инженерных коммуникаций и/или подвесного потолка. В верхней части каждого ребра предусматривается вырез, чтобы упростить укладку бетона вокруг балок. Настил выпускается листами шириной 600 мм, изготавливается, как правило, из оцинкованной стали класса S350 толщиной 1,25 мм. Типовая конструкция перекрытия с использованием настила *ComFlor 225* показана на рис. 7.5.



**Рис. 7.4.** Поперечное сечение глубокого профнастила *ComFlor 225* с типовой деталью для крепления коммуникаций.

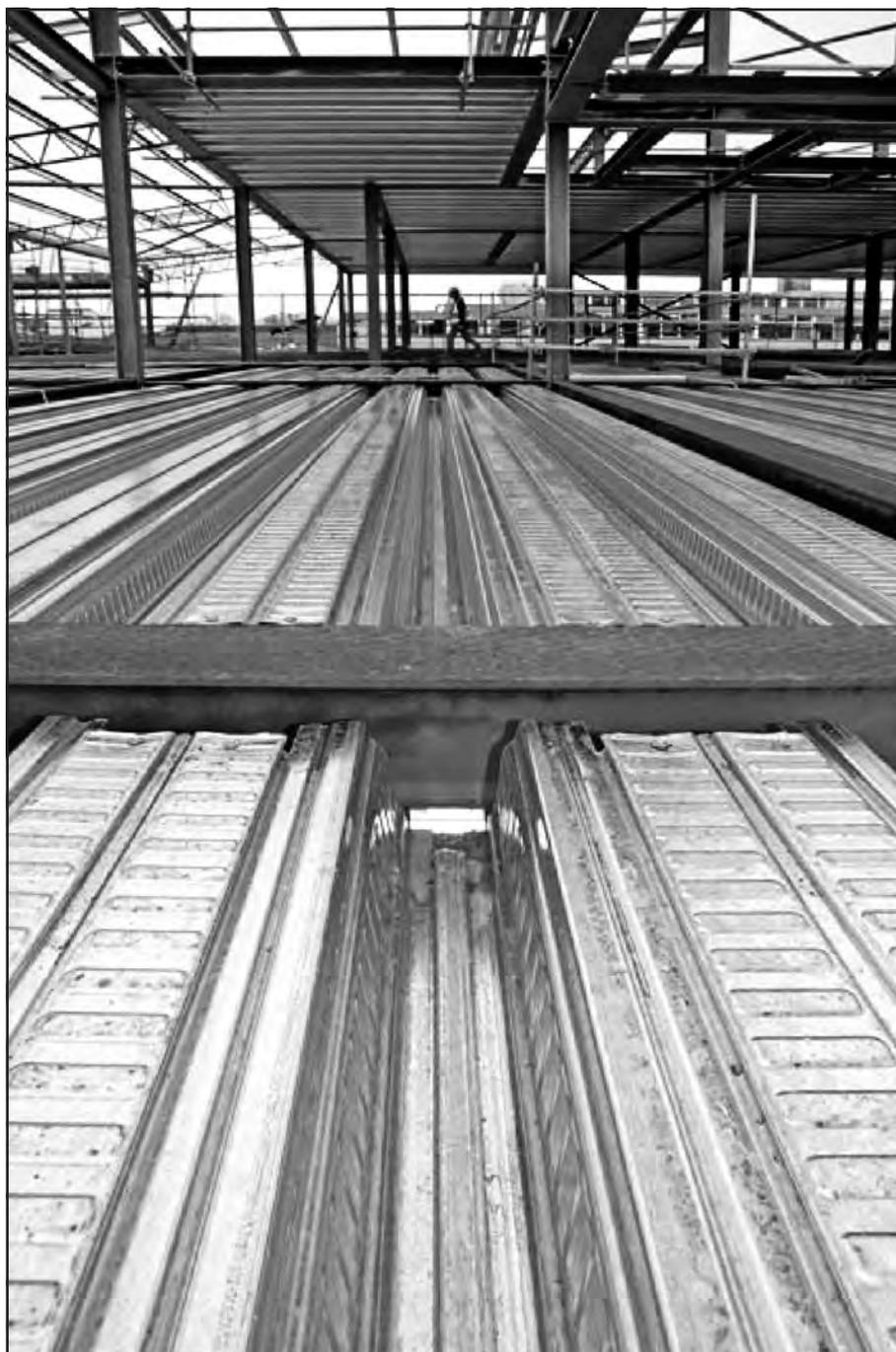


Рис. 7.5. Вид конструкции Slimflor с использованием настила ComFlor 225.

## 7.2 Проектирование

Подробные методы проектирования всех элементов системы *Slimdek* представлены в источниках 75, 76 и 77, а также обобщены в руководстве *Corus Slimdek*<sup>[74]</sup>. Программу для проектирования балок и настила *Slim Floor Integrated Design Software* — *SIDS*<sup>[78]</sup> можно скачать с сайта Corus по адресу [www.corusconstruction.com](http://www.corusconstruction.com). В программе можно выполнить проектирование и анализ решений для перекрытий с использованием сборных балок *Slimflor*<sup>®</sup> (SFB) и асимметричных балок *Slimflor* (ASB).

Существует два отдельных этапа, для которых требуется выполнить проектирование элементов системы *Slimdek*. Этап строительства, в течение которого балки и настил воспринимают нагрузки, как некомбинированные конструкции. Завершающий этап, в течение которого настил и бетон осуществляют совместную работу (как правило, балки ASB и плита). Совместная работа с балками SFB и RHSFB обеспечивается, если предусмотрены анкерные

упоры. Ниже приведена сводная информация об основных мерах по проектированию обоих этих этапов.

Последовательность мероприятий по проектированию, как правило, соответствует показанной на рис. 2.1. Следует учитывать следующие два фактора.

- Учет размера требуемого пролета позволит рассчитать высоту балок.
- Учет требуемой огнестойкости позволит рассчитать толщину плиты в зависимости от покрытия, требуемого для балок и настила.

После установления этих расчетных параметров можно выполнять детальное проектирование балок и плиты. Типовой считается следующая толщина плиты:

- профили 280 ASB: плита глубиной 290–320 мм;
- профили 300 ASB: плита глубиной 315–340 мм.

Такая толщина обеспечит достаточное покрытие балки ASB, чтобы она работала совместно с плитой. Для балок SFB может предусматриваться расширенный диапазон глубины плиты при заданной глубине балки. Требования к глубине плиты зависят от необходимости размещения анкерных упоров, чтобы обеспечить работу балки SFB как комбинированной конструкции.

## 7.2.1 Этап строительства

### Проектирование балок

Проектирование балок на этапе строительных работ в целом не отличается от традиционного процесса проектирования стальных балок. Проектом может устанавливаться размер балок, если испытываемые во время эксплуатации нагрузки низкие. Значительным отличием является то, что в конструкции *Slimdek* нижняя полка (или пояс) нагружается весом влажной бетонной смеси и подвергается монтажным нагрузкам. Фланец (или пояс) должен быть рассчитан на такую нагрузку при поперечном изгибе, работая при этом на растяжение как часть сечения балки.

Несбалансированные односторонние нагрузки во время строительных работ подвергают балку кручению. Ему противодействует балка и ее торцевые соединения.

Следует учитывать два режима нагрузки:

- равномерно распределенная нагрузка с одной стороны балки, создающая максимальное кручение балки;
- нагрузка, равномерно распределенная по всей опираемой площади, создающая в балке максимальный изгибающий момент.

*Следует убедиться, что выбранный размер балки обеспечивает выдерживание веса бетонной смеси и других строительных нагрузок в некомбинированном состоянии.*

*Следует проверить наиболее неблагоприятное сочетание поперечного и продольного изгиба. Требуемый размер сечения часто определяется по нагрузке только с одной стороны балки.*

### Проектирование настила

Помимо собственного веса плиты при проектировании глубокого настила следует принимать во внимание временные строительные нагрузки. При проектировании глубокого настила рекомендуется использовать строительные нагрузки, описанные в Еврокодах, а не нагрузки, приведенные в BS 5950-4, которые считаются чрезмерными для длиннопролетного настила. Указанные нагрузки не отличаются от указанных для неглубокого настила и подробно поясняются в разделе 4.1.2. К ним относится монтажная нагрузка  $1,5 \text{ кН/м}^2$  длиной 3 м, которая может прилагаться в любом месте для оказания наиболее неблагоприятного влияния, и смежные нагрузки по  $0,75 \text{ кН/м}^2$ .

Следует принимать во внимание последствия перелива бетона (из-за увеличения собственного веса плиты), если прогиб под собственной массой превышает пролет/180 или 20 мм в зависимости от того, какое значение ниже.

Если во время проведения строительных работ для опирания настила используются временные опоры, строительную нагрузку  $1,5 \text{ кН/м}^2$  длиной 3 м следует прилагать в наиболее неблагоприятном для временных опор и проекта настила месте, однако при наличии временных опор для упрощения проекта можно учесть постоянную нагрузку на пролет.

Крепление глубокого настила стойками во время строительства с большой вероятностью понадобится, если требуемая длина пролета превышает 6,5 м. Точное предельное значение зависит от того, какой бетон используется: легкий или тяжелый. Расстояние между стойками определяется в зависимости от способности настила противостоять комбинированным изгибающим и сдвигающим нагрузкам в областях отрицательного изгибающего момента над линиями стоек. Рекомендуется предусматривать достаточно небольшое расстояние между стойками, чтобы не допустить повреждения настила в результате воздействия локальных нагрузок (от 2,5 м до 3,5 м в зависимости от веса плиты<sup>[79]</sup>). Для распределения нагрузки в таких точках следует использовать деревянную прокладку шириной 100 мм и толщиной не менее 40 мм.

Следует предусмотреть нормативную длину зоны опирания листов 50 мм. Ширина полки должна обеспечивать необходимую длину опирания, позволяя при этом опускать листы в положение вертикально (т. е. без необходимости вставлять лист между верхней и нижней полкой). Следует отметить, что нормативная длина опирания 50 мм была обоснована<sup>[74]</sup> в недавно проведенных испытаниях (в более ранних публикациях указывалась требуемая длина 75 мм).

*Глубокий настил необязательно должен быть рассчитан на нагрузку  $1,5 \text{ кН/м}^2$  по всей длине пролета. За пределами участка 3 м в середине можно предусматривать значение в половину ниже, однако если плита имеет временные опоры, консервативно можно предусмотреть постоянную нагрузку  $1,5 \text{ кН/м}^2$ .*

*При возникновении значительных прогибов следует учитывать повышенный собственный вес в связи с переливом бетона.*

*Следует запроектировать длину опирания 50 мм. Любой меньшей длины будет недостаточно для обеспечения необходимого сопротивления местным нагрузкам, а увеличенная длина усложнит укладку листов в положение.*

## 7.2.2 Завершающий этап

### Проектирование балок

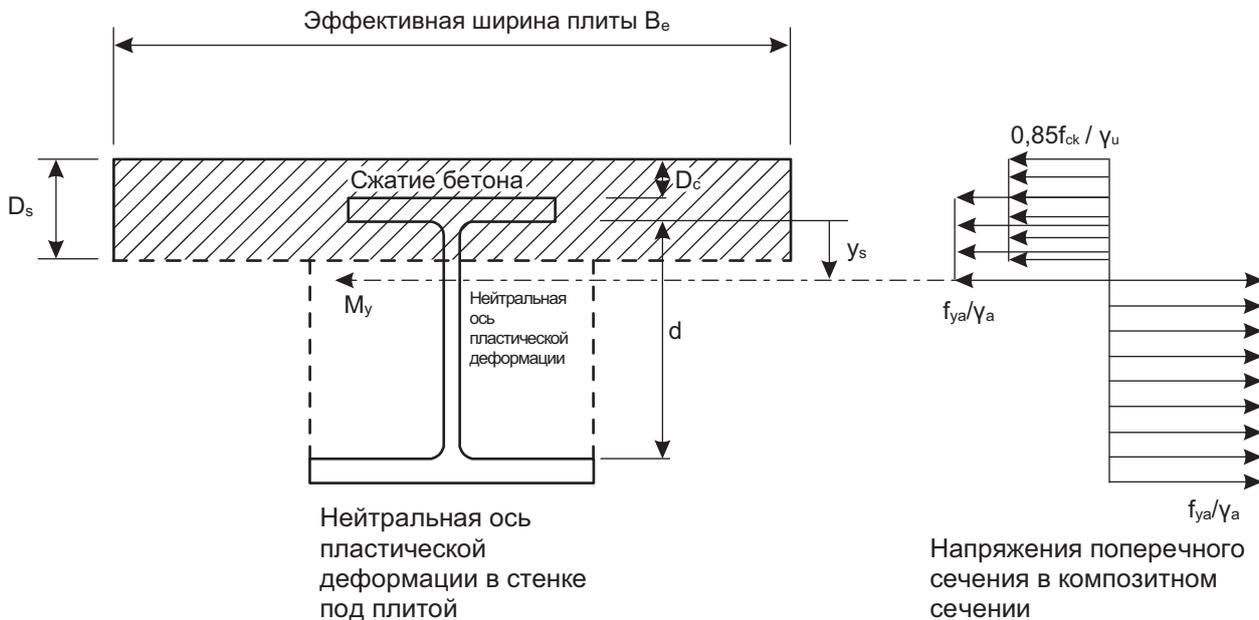
Балки ASB в большинстве случаев рассчитаны на совместную работу на заключительном этапе. Совместная работа обеспечивается работающим на сдвиг сцеплением между стальной поверхностью и бетонной смесью вокруг балки, которое усиливается за счет рельефного рисунка верхней поверхности балки. Сцепления достаточно для обеспечения минимального угла сдвигового соединения требуемого в соответствии с BS 5950-3. Некомбинированное исполнение необходимо только в нестандартных случаях, например, если толщина слоя бетона над верхней полкой составляет менее 30 мм. Это значит, что размеры сечения может понадобиться увеличить в зависимости от требований к пролету и нагрузке.

Балки SFB могут иметь как комбинированное, так и некомбинированное исполнение. Совместную работу можно обеспечить за счет использования анкерных упоров, привариваемых к верхней полке. Такие упоры, как правило, имеют диаметр 19 мм и высоту в приваренном состоянии 70 мм.

Крайние балки RHSFB могут иметь как комбинированное, так и некомбинированное исполнение. Для балок SFB совместную работу можно обеспечить путем использования коротких анкерных упоров, привариваемых к верхней полке. Вокруг анкерных упоров требуется предусмотреть достаточное количество поперечной арматуры для передачи сдвигающих усилий в плиту<sup>[75]</sup>.

Для балок ASB, SFB и RHSFB минимальная толщина слоя бетона над балкой зависит от размера балки, условий воздействия, характеристик бетона и требований к совместной работе.

Эпюры пластических напряжений, принимаемые при расчете момента сопротивления сечения комбинированной балки ASB, показаны на рис. 7.6. Модель сопротивления комбинированной балки SFB или RHSFB в целом не отличается от модели сопротивления традиционной комбинированной балки (раздел 5.2.1), при этом требуется учитывать способность анкерных упоров передавать предусмотренные продольные усилия.



**Рис. 7.6.** Принимаемые эпюры напряжений для проектирования ASB (по BS EN 1994-1-1)

Несбалансированные нагрузки воздействуют на крайние балки и балки, прилегающие к отверстиям в плите, как на этапе строительства, так и на завершающем этапе. Это может приниматься во внимание при проведении точного анализа, учитывающего воздействие продольного изгиба и воздействие кручения. Соответствующий метод представлен в источнике 79.

*По возможности следует обеспечивать достаточную высоту защитного слоя бетона для обеспечения совместной работы балок и плиты. Это позволит уменьшить размер балок в целом.*

### Проектирование плиты

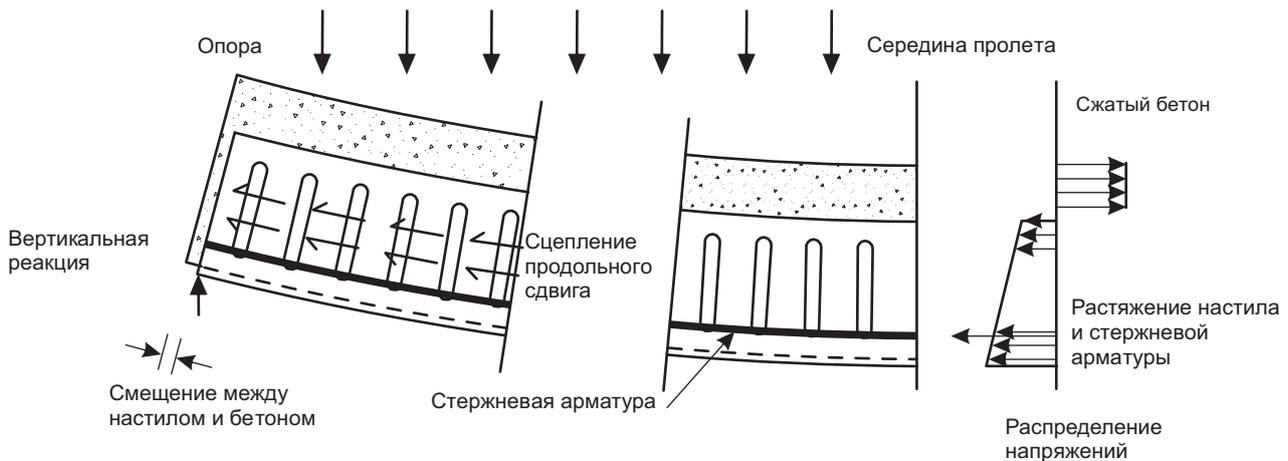
Процесс проектирования комбинированных балок с глубоким настилом имеет следующие отличия от проектирования плит с неглубоким настилом (раздел 4.2).

- Сопротивление предельной нагрузке плиты повышается при размещении стержневой арматуры в гофрах настила. Преимущества такой арматуры проявляются как в нормальных условиях, так и в условиях пожара.
- При выборе толщины плиты может понадобиться учитывать не только удовлетворение требований к сопротивлению конструкций, долговечности и огнестойкости самой плиты (см. разделы 4.2.3, 4.2.4 и 4.2.5), но и обеспечение достаточной толщины защитного слоя бетона над комбинированными балками (раздел 7.2.2).

Стержневая арматура в гофрах настила увеличивает область приложения растягивающих усилий, обеспечиваемую настилом, тем самым повышая изгибную жесткость комбинированной плиты (рис. 7.7). В зависимости от требований к пролету и огнестойкости используются стержни диаметром от 16 до 32 мм.

Для обеспечения огнестойкости 60 минут могут использоваться прямые стержни (при условии низких сдвигающих напряжений)<sup>[74]</sup>. В других случаях следует использовать стержни

Гобразного сечения (см. рис. 7.8) для обеспечения достаточной концевой анкеровки в условиях пожара. Подробные правила обобщены в таблице 7.1 и на рис. 7.8.



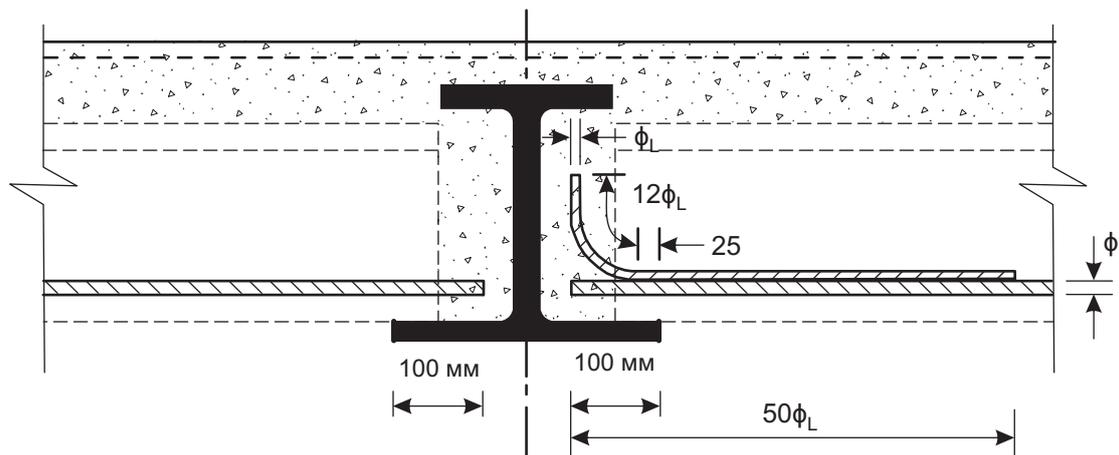
**Рис. 7.7.** Работа комбинированной плиты с арматурой в ребрах

**Таблица 7.1.** Требования к комбинированным плитам

| Подробное требование             | Предел огнестойкости (мин) |                     |                     |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|
|                                  | ≤ 60                       | 90                  | 120                 |
| Минимальный диаметр стержня (мм) |                            |                     |                     |
| – Без стоек                      | 16                         | 20                  | 25                  |
| – Со стойками                    | 20                         | 25                  | 32                  |
| Защитный слой над арматурой (мм) | 70                         | 90                  | 120                 |
| Тип стержня                      | Прямой                     | Г-образного сечения | Г-образного сечения |
| Мин. сетка в плите               | A142                       | A193                | A252                |

Минимальные требования к анкеровке зависят от прилагаемого усилия сдвига и диаметра основной стержневой арматуры в ребре, который в свою очередь зависит от предела огнестойкости и наличия крепления плиты стойками. Для обеспечения предела огнестойкости 60 минут, если уровень прилагаемого усилия сдвига составляет менее чем 0,5 от имеющегося сопротивления сдвигу, допускается использовать прямые стержни без дополнительной анкеровки в соответствии с BS 8110-1:2005<sup>[30]</sup>, п. 3.12.9.4. Однако использование анкеровки стержнями рекомендуется даже при низких значениях прилагаемого усилия сдвига, если предел огнестойкости составляет 90 и 120 минут.

Подробные сведения см. в источнике 74.



**Рис. 7.8.** Узел стержневой арматуры в плите (необходимость в Г-образных стержнях зависит от уровня напряжения сдвига)

Дополнительная арматура может понадобиться для следующих элементов.

- Поперечная арматура, примыкающая к анкерным упорам.
- U-образные стержни у по краям плит.
- Дополнительная арматура для предотвращения образования трещин (см. ниже).
- Вокруг отверстий.
- В местах точечных нагрузок.

Одним из основных факторов, влияющих на выбор толщины плиты, является требуемый предел огнестойкости. Минимальная толщина в зависимости от типа бетона и требуемой огнестойкости приведена в таблице 7.2<sup>[74]</sup>.

**Таблица 7.2.** Минимальная толщина бетона над настилом для обеспечения достаточной огнестойкости

| Предел огнестойкости (мин) | Толщина бетона над настилом (мм) |              | Примечание. Приведены минимальные значения толщины бетона для обеспечения огнестойкости. Для увеличения длины пролета и обеспечения достаточного покрытия балки может понадобиться увеличить толщину |
|----------------------------|----------------------------------|--------------|--|
|                            | Тяжелый бетон                    | Легкий бетон |  |
| 60                         | 70                               | 60           |  |
| 90                         | 80                               | 70           |  |
| 120                        | 90                               | 80           |  |

Толщина плиты также может зависеть от требований к сопротивлению конструкции. Тем не менее, как и в случае неглубокого настила (раздел 4.2.3), эффективность комбинированной плиты на глубоком настиле можно с точностью определить только в ходе испытаний. На основании соответствующих испытаний<sup>[74]</sup> были разработаны подробные процедуры проектирования, которые надлежит использовать для определения толщины плиты, необходимой для соответствия требованиям.

Образование некоторых трещин в плите над балками является нормальным явлением. Такие трещины проходят параллельно балкам и не оказывают неблагоприятного влияния на конструктивные характеристики плиты. Их появление можно контролировать, предусмотрев арматурную сетку поперек верха балок. Указания по расположению арматуры для контроля образования трещин приведены в руководстве Corus Slimdek<sup>[74]</sup>.

### 7.2.3 Интеграция инженерных коммуникаций

В системе *Slimdek* предусматриваются три возможности для интеграции инженерных коммуникаций.

- Частичная интеграция: основные инженерные коммуникации проходят ниже уровня плиты и балок, а в пространстве между ребрами располагаются небольшие трубопроводы и оборудование, например, осветительные приборы. Это позволяет пересекать каналы и трубопроводы. Отсутствие выступов на нижней поверхности повышает гибкость при размещении инженерных коммуникаций и уменьшает глубину зоны размещения коммуникаций.
- Полная интеграция: в стенках балок между ребрами и в толщине ребер выполняются круглые или продолговатые отверстия для прохождения каналов и трубопроводов (пространство между ребрами также может использоваться в качестве канала, который также затем проходит через отверстия в балках).
- Отверстия в плите: инженерные коммуникации могут вертикально проходить через отверстия в бетонной стяжке между ребрами (шириной до 400 мм и длиной 1 м). Допускается предусматривать отверстия большего размера, но для этого требуется более детальное проектирование.

На определенных участках с относительно короткими пролетами (< 3,5 м) допускается локально устраивать перекрытия с более низким профилем с использованием комбинированной плиты толщиной 120–150 мм с более традиционным настилом толщиной 50–60 мм. Это особенно целесообразно в площади сечения или рядом с ней в местах, где требуется устраивать пересечения каналов и горизонтальные отводы без чрезмерного увеличения высоты помещения.

#### Отверстия в стенке

Полную интеграцию инженерных коммуникаций можно устроить, предусмотрев отверстия в стенке балки, посередине между ребрами глубокого настила. Во время сборки в стенке вырезается отверстие (как правило, круглое или продолговатое). Отверстия такого же размера вырезаются в заглушках, установленных между ребрами, а перед укладкой бетона в отверстия в балках и заглушек вставляется гильза. Элементы, образующие отверстие, показаны на рис. 7.9. В гильзу можно вставлять плоские, овальные и круглые каналы и закрывать их снаружи.

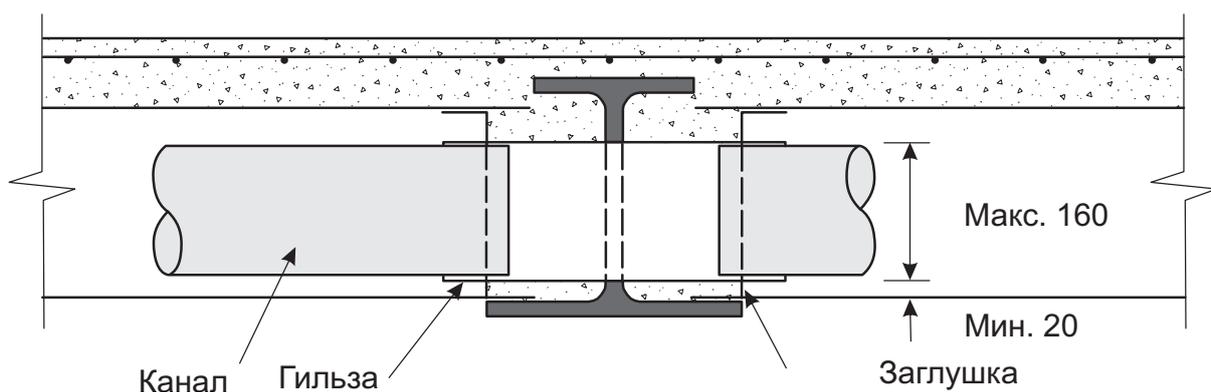


Рис. 7.9. Формирование отверстий в балках ASB

Максимальный допустимый размер и расположение отверстий в стенках балок ASB были установлены в ходе полномасштабных испытаний.

#### Профили ASB

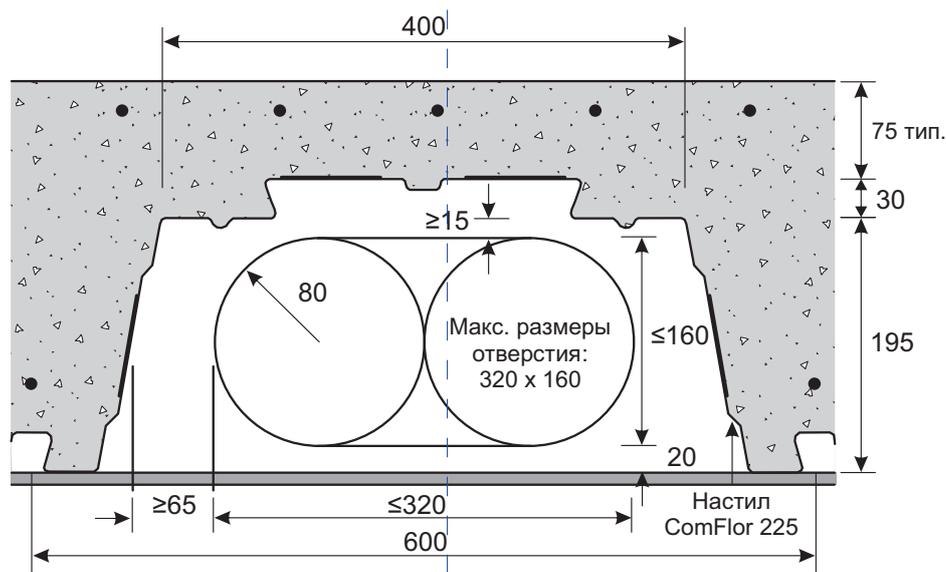
- Предусматриваются продолговатые отверстия глубиной до 160 мм и длиной 320 мм по центру между ребрами над средней частью пролета балки, но не в пределах 1500 мм от опор.
- Или предусматриваются круглые отверстия диаметром до 160 мм, но не в пределах 1000 мм от опор.

- Основания всех отверстий вне зависимости от глубины должны находиться на 20 мм выше нижней полки. Это исключает попадание в радиус впадины профиля и позволяет разместить отверстия в соответствии с формой настила.

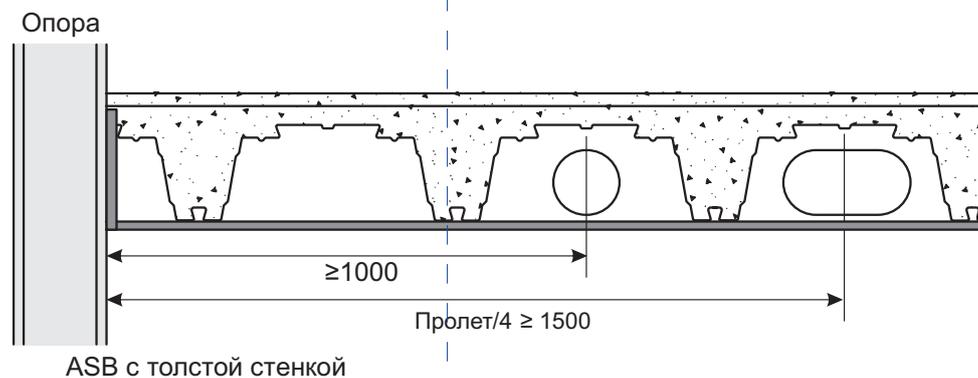
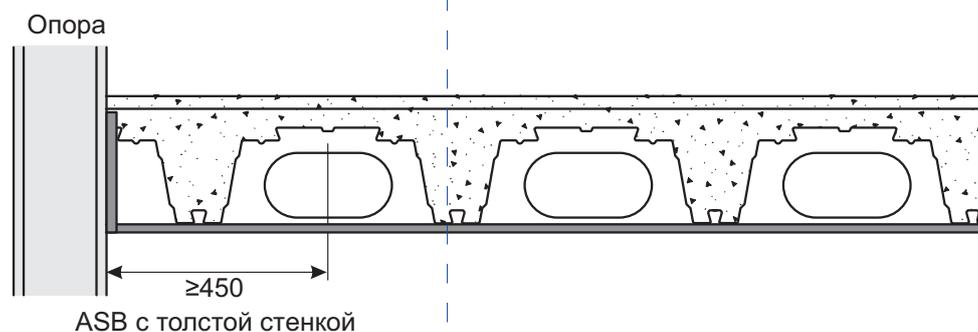
#### Профили ASB (FE)

- Предусматриваются продолговатые отверстия глубиной до 160 мм и длиной 320 мм по центру между ребрами, но не в пределах 450 мм от опор.
- Или предусматриваются круглые отверстия диаметром до 160 мм.
- Основания всех отверстий вне зависимости от глубины должны находиться на 20 мм выше нижней полки. Это исключает попадание в радиус впадины профиля и позволяет разместить отверстия в соответствии с формой настила.

Подробные правила устройства отверстий в стенке обобщены на рис. 7.10.



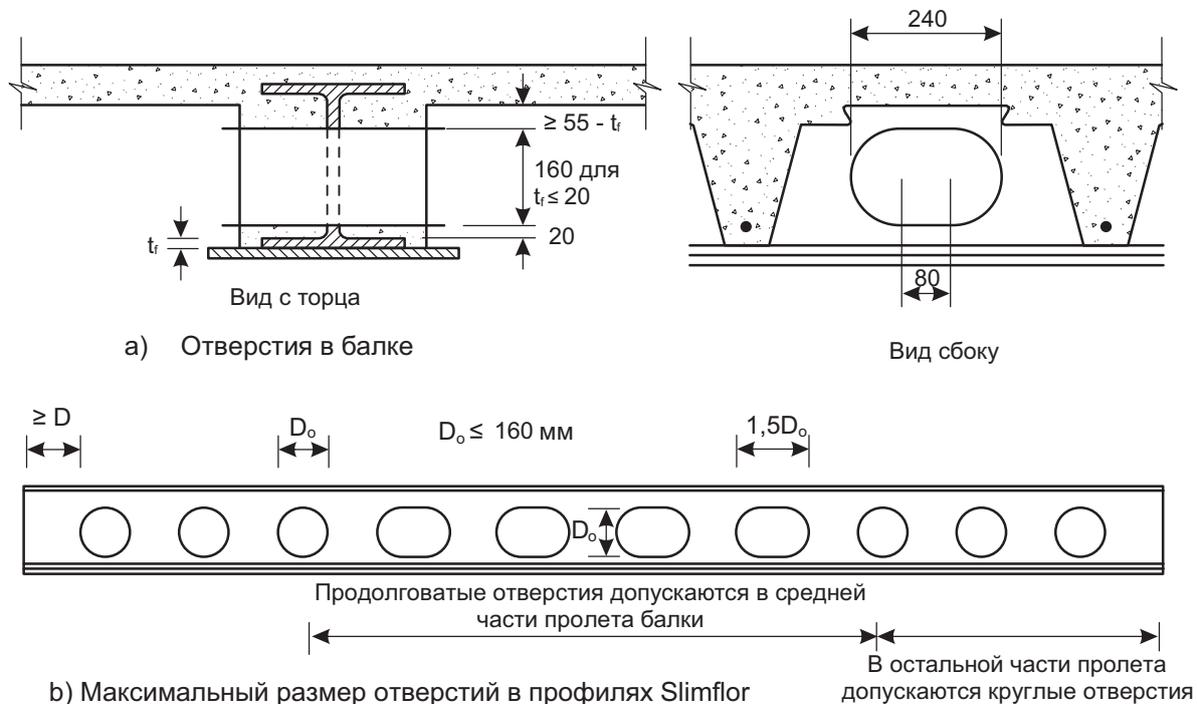
#### а) Макс. размер отверстия



#### б) Расположение отверстий

**Рис. 7.10.** Подробные правила формирования отверстий в стенке балки ASB: а) максимальный размер отверстия; б) расположение отверстий

Максимальный допустимый размер и расположение отверстий в стенках балок SFB также установлены в ходе испытаний. Основания всех отверстий должны предусматриваться на высоте приблизительно 20 мм над верхней поверхностью нижней полки широкополочного двутаврового профиля. В различных частях пролета можно предусматривать комбинации из продолговатых отверстий глубиной до 160 мм и длиной 240 мм и круглых отверстий диаметром до 160 мм. Полные сведения о максимальных размерах и допустимом расположении приведены на рис. 7.11.



**Рис. 7.11.** Подробные правила формирования отверстий в стенке балки SFB: а) максимальный размер отверстия; б) расположение отверстий

Отверстия в стенке влияют на сопротивление сдвигу, изгибная жесткость и момент инерции площади балки. Эмпирическая формула для определения измененных свойств профилей ASB и SFB в зависимости от геометрии отверстия приведена в источнике 74. Проектирование с учетом отверстий также предусматривается в программе для проектирования от Corus.

Отверстия также могут влиять на огнестойкость профиля. Для обеспечения экономичности проекта на нижнюю полку профиля ASB с отверстиями требуется наносить огнезащиту для обеспечения предела огнестойкости 60 минут (и выше). При этом для обеспечения предела огнестойкости 30 минут профили ASB с отверстиями не требуют огнезащиты.

Одним из значительных преимуществ системы Slimdek является возможность устройства в ней инженерных коммуникаций. В балках можно предусматривать отверстия значительного размера, но проектировщик должен соблюдать строгие правила в отношении положения и размера отверстий, а также их влияния на работу балки.

### Отверстия в плите

Чтобы предусмотреть в плите перекрытия отверстия, требуется точное проектирование и планирование. В следующем перечне обобщены доступные проектировщику варианты (см. рис. 7.12).

- Отверстия размером до 300 мм x 300 мм можно предусматривать в любом месте плиты над гребнями настила, как правило, без необходимости устройства дополнительной арматуры.
- Отверстия шириной до 400 мм и длиной 1000 мм можно предусматривать сквозь гребни настила ComFlor 225. Вокруг отверстия может понадобиться предусмотреть дополнитель-

ную арматуру, которая должна быть спроектирована в соответствии с BS EN 1992-1-1<sup>[24]</sup> (или BS 8110<sup>[30]</sup>).

- Отверстия шириной до 1000 мм и длиной 2000 мм можно предусматривать, удалив одно ребро (не более) настила, зафиксировав на краях накладку и предусмотрев дополнительную арматуру для передачи усилий от ребра с нарушенной целостностью. Следует запроектировать ребристую плиту в соответствии с BS EN 1992-1-1 (или BS 8110) с использованием настила в качестве несъемной опалубки. Указания приведены в руководстве Corus к системе *Slimdek*<sup>[74]</sup>.
- Края больших отверстий, как правило, требуется обрамлять второстепенными балками.
- Необходимые отверстия в плите следует выполнять при помощи опалубки или пустообразователя, а отверстия в настиле следует вырезать после выдерживания, если во время строительства не предусматриваются опоры или постоянная обрезка.

Если отверстие размером более 300 мм x 300 мм располагается в пределах рабочей ширины плиты рядом с балкой (L/8), проект балки должен исключать совместную работу. Сгруппированные рядом отверстия, расположенные поперек пролета, следует считать одним большим отверстием.

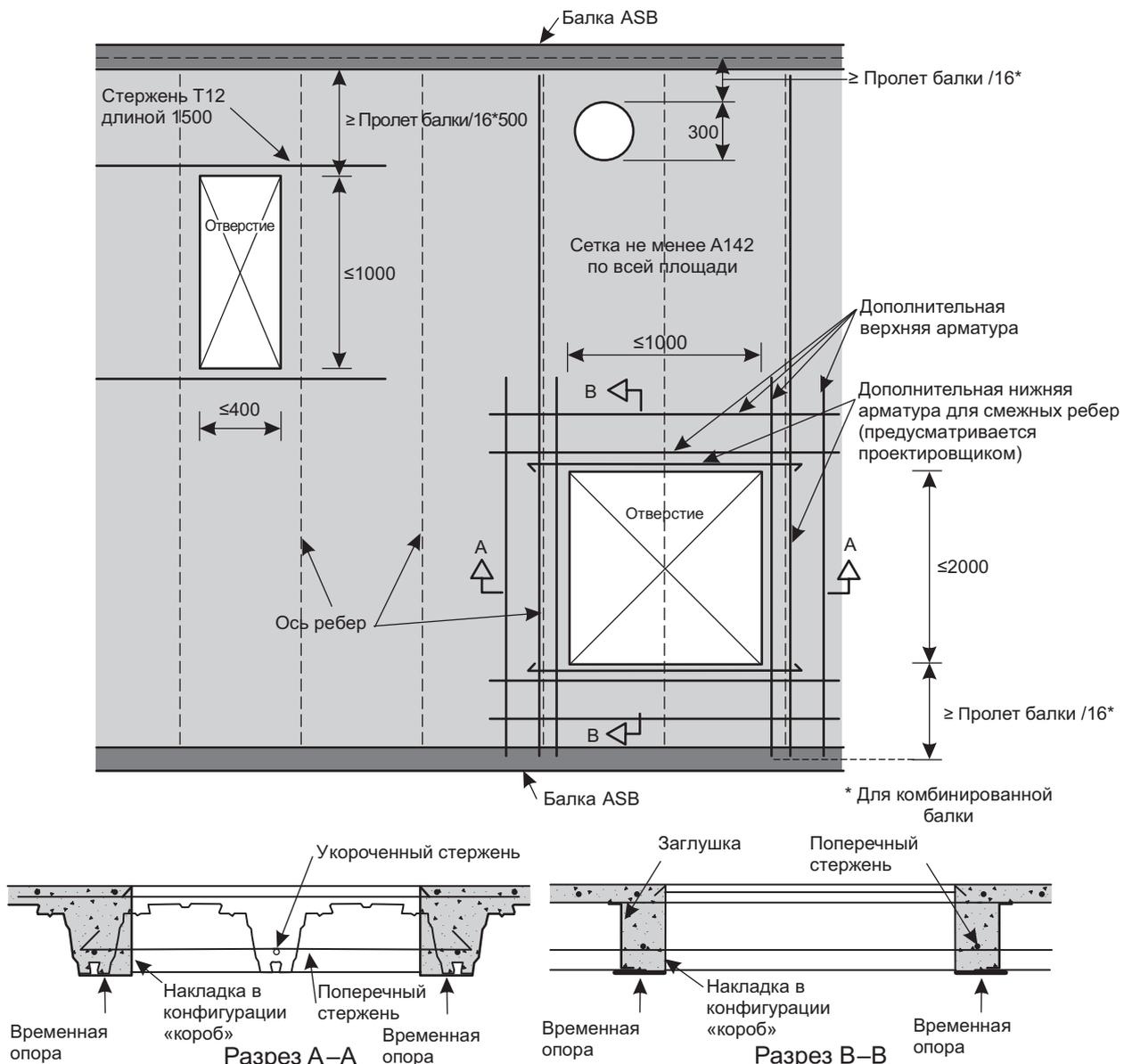


Рис. 7.12. Отверстия малого и среднего размера в плите

Требования по устройству проводки инженерных коммуникаций сквозь конструкции приводят к необходимости инженеру-конструктору вносить существенные изменения в проект, например, усиливать плиты в области отверстий или предусматривать выполнение отверстий в стенках металлических балок.

### Крепления инженерных коммуникаций

На настил *ComFlor 225* можно крепить инженерные коммуникации и подвесные потолки. Для крепления инженерных коммуникаций, проходящих параллельно или перпендикулярно пролету настила, можно использовать фиксаторы.

Новая регулируемая фиксирующая клипса *Lindapter Slimdek 2*<sup>[80]</sup> выдерживает безопасную рабочую нагрузку до 1,0 кН в каждом месте крепления. Это позволяет подвешивать инженерные коммуникации непосредственно на настиле между ребрами. Также допускается использовать самосверлящие самонарезающие винты для крепления фиксаторов к настилу после укладки бетона, однако во время их крепления следует соблюдать осторожность, чтобы не нарушить сцепление между настилом и слоем бетона.

Интеграция инженерных коммуникаций подробно описана в публикации «Интеграция инженерных коммуникаций в систему *Slimdek*»<sup>[35]</sup>.

## 7.2.4 Особенности конструкции

### Концы настила

Часто возникает необходимость в использовании листов настила неполной ширины, особенно у поперечных балок и краев плиты. Если необходимо использовать лист неполной ширины, для обеспечения локального опирания настила необходимо использовать Z-образные профили, как показано на рис. 7.13. Это следует указать на компоновочном чертеже настила (раздел 3.2).

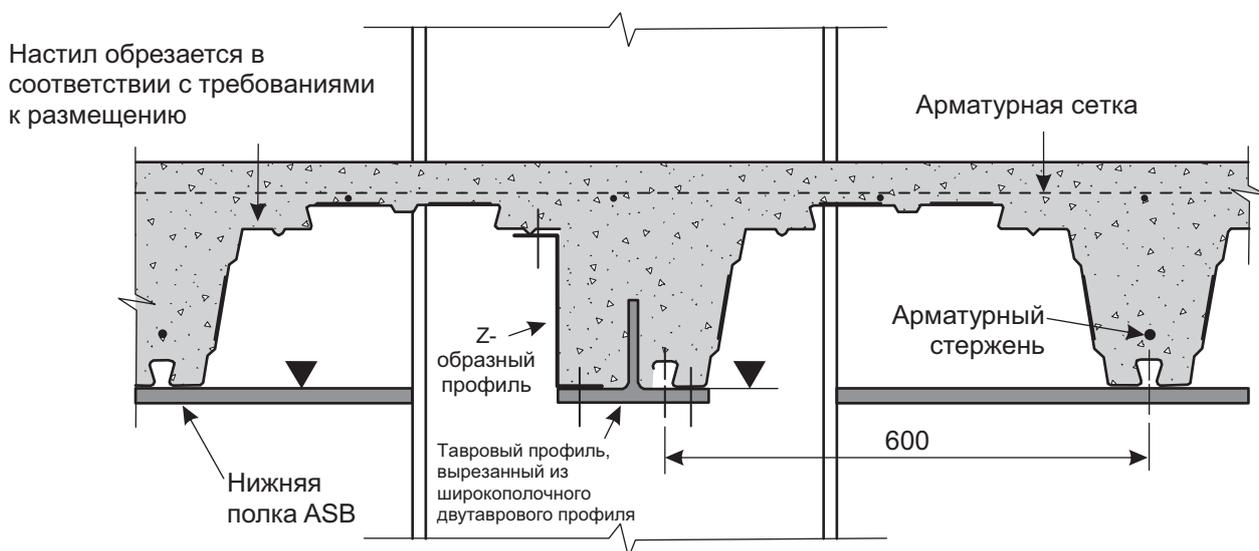


Рис. 7.13. Z-образный профиль для края настила у поперечной балки

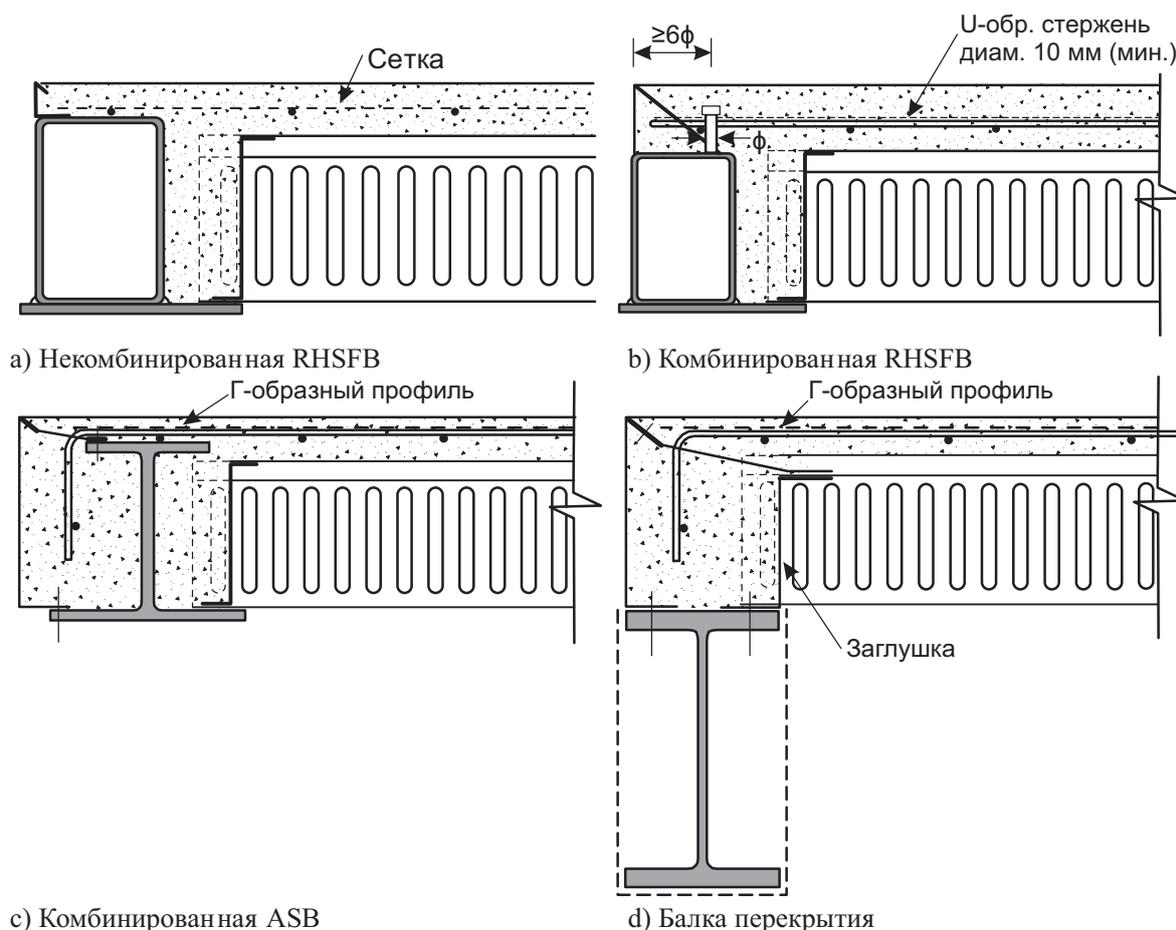
### Края плиты

В конструкции *Slimdek* предусматриваются различные варианты крайних балок. К ним относятся:

- традиционные балки перекрытия;
- балки из полого профиля прямоугольного сечения *Slimfor*;
- асимметричные балки *Slimflor*.

Типовые узлы крайних балок показаны на рис. 7.14. Следует упомянуть некоторые критически важные размеры.

- На узле (а) слой бетона над RHSFB должен составлять либо ноль, либо 40 мм и более.
- На узле (b) слой бетона над комбинированной балкой RHSFB должен, по крайней мере, на 15 мм превышать высоту упоров в приваренном состоянии (упоры длиной 85 мм или 70 мм).
- На узле (c) минимальное расстояние от наклейки до верхней полки должно составлять 125 мм (для обеспечения доступа крепежного инструмента), а максимальная длина выступа наклейки от нижней полки должна составлять 150 мм.



**Рис. 7.14.** Типовые крайние балки

### Межколонные связи

Между колоннами требуется предусматривать связи, перпендикулярные основным балкам. Это необходимо для обеспечения:

- устойчивости во время строительства;
- прочности и устойчивости готовой конструкции;
- передачи усилий (например, в связи с ветровыми воздействиями).

Связи могут быть различных видов, показанных на рис. 7.15, при этом наиболее распространены следующие.

- Тавровые профили, в которых полка тавра обеспечивает опору настила.
- Прямоугольные полые профили (RHS), на нижний пояс которых опирается настил.
- Облегченные ASB профили, особенно рядом с отверстиями.
- Профили RHS с огнезащитой, не заключенные в плиту.

Рекомендации по проектированию связей для обеспечения устойчивости приведены в источнике 81.

Крепление настила к нижней полке узкополочных двутавровых балок часто представляет практическую сложность на площадке, так как в пространство между стенкой настила и полкой балки невозможно вставить крепежный инструмент. Поэтому желательно использовать балку ASB или RHS с приваренным нижним поясом. Если тавровые профили или профили RHS заключены в плиту, к стенке колонны следует приварить полку для обеспечения локальной опоры для настила.

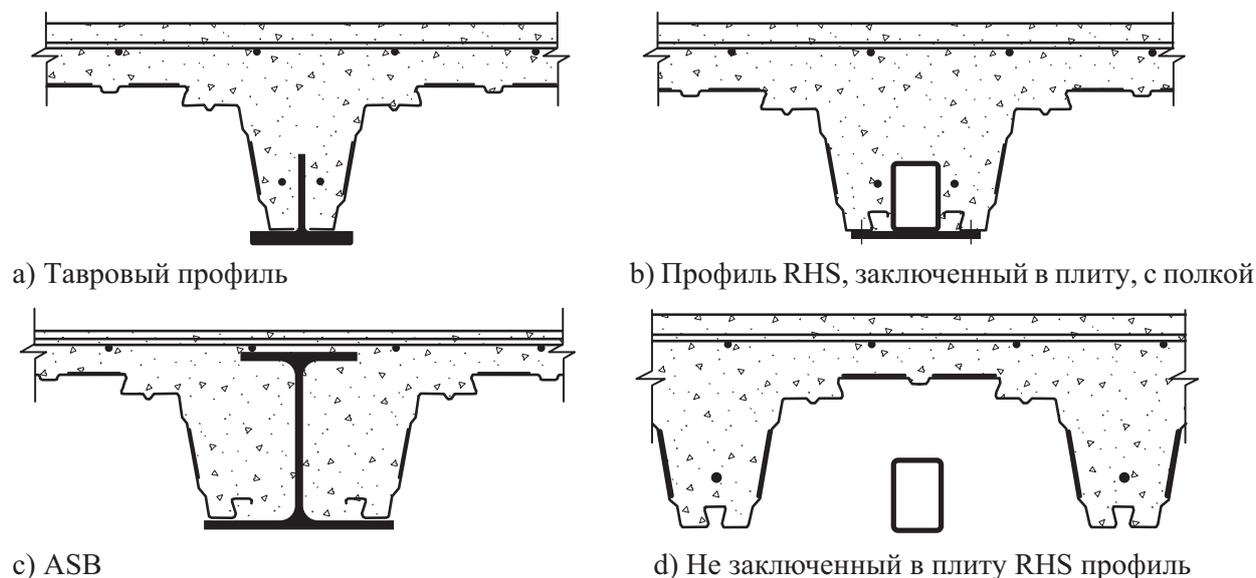


Рис. 7.15. Альтернативные варианты связей

### 7.3 Практика выполнения строительных работ

Рекомендованные практики получения, хранения и размещения пакетов глубокого настила на стальном каркасе в целом не отличаются от практик, рекомендованных для неглубокого настила. Однако в связи с использованием заглушек в процедуре размещения и крепления настила есть одно значительное отличие. Проектировщикам и монтажникам систем *Slimdek* следует использовать «Руководство ВКСА по монтажу глубокого настила»<sup>[82]</sup>. В этой публикации подробно описаны безопасные процедуры монтажа.

#### Планирование

При проектировании плит по стальному настилу важное значение имеет детализировка узлов конструкций. В частности, при использовании глубокого настила инженеры-проектировщики часто предусматривают узлы, которые невозможно смонтировать. Таких ситуаций, разумеется, следует избегать и всегда использовать только стандартные узлы Corus (которые можно скачать на сайте Corus). Некоторые типовые схемы, которых следует избегать, показаны на рис. 7.16. Узлы (a) и (b) на рисунке осуществимы при использовании стального уголка или деревянной опоры (см. рис. 4.6). Узел (c) невозможно реализовать, если зазор между верхней полкой балки ASB и накладкой на край составляет менее 110 мм в связи с отсутствием достаточного пространства для крепления накладки на нижнюю полку. Исправить такую ситуацию можно, спроектировав накладку и плиту с небольшим выступом. Одним из способов решения проблем, показанных на узле (d), является приварка пояса к полке профиля, на который опирается настил. Узел (g) невозможно реализовать в связи с отсутствием достаточного пространства для крепления накладки на нижнюю полку профиля. Для решения этой проблемы следует расширить пояс (не менее чем на 110 мм), чтобы накладку можно было прикрепить непосредственно к нему. Горизонтальную часть уголка на узле (h) нужно расширить, чтобы обеспечить необходимый доступ (см. рис. 4.6). Проблемы на узле (j) можно решить, добавив пояс к полке RHS элемента и установив его на таком уровне, чтобы настил опирался обеими сторонами на пояс.

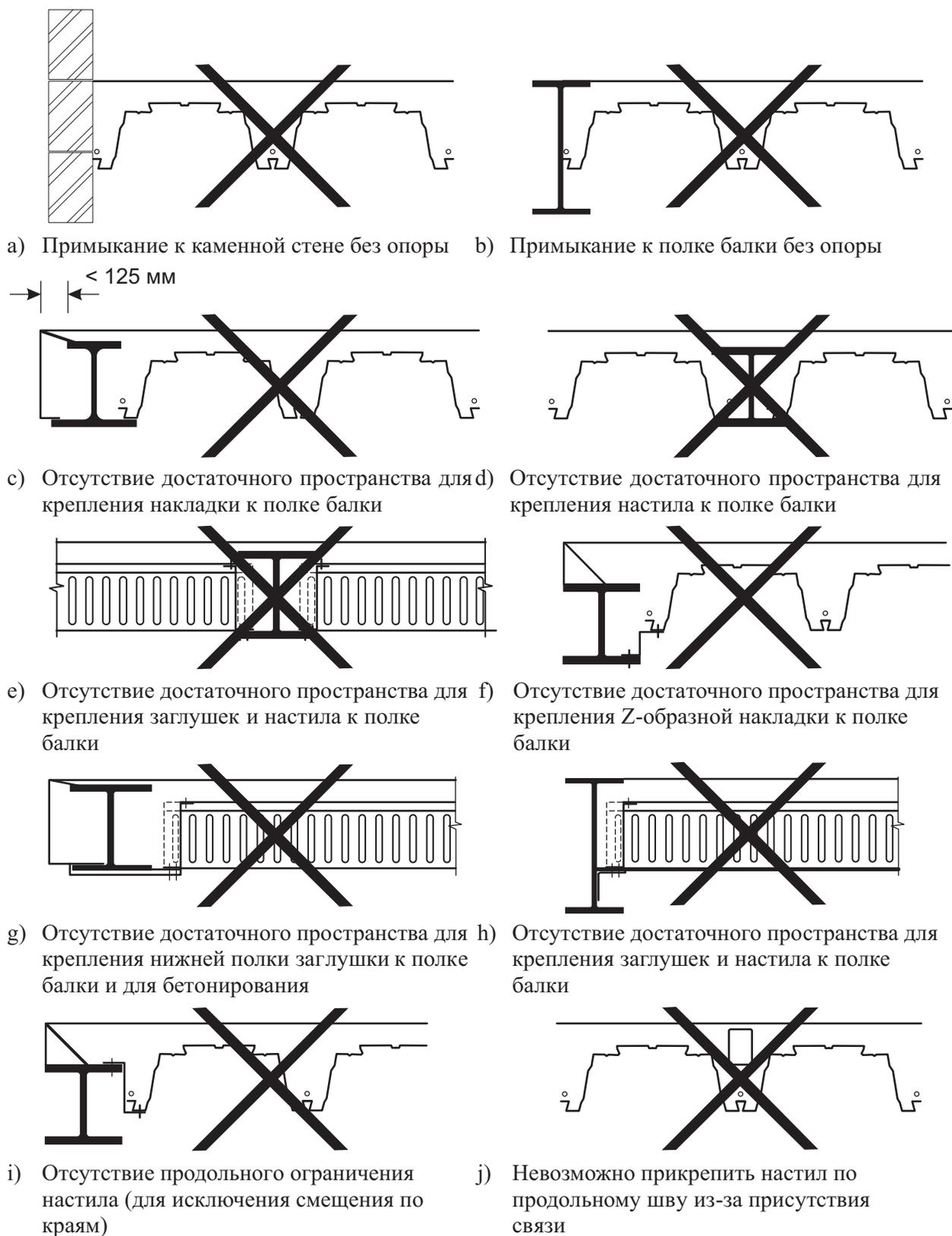


Рис. 7.16. Недопустимые узлы установки настила

Прочие важные факторы, касающиеся планирования

- Монтажная площадка — наличие в здании твердой, плоской, хорошо утрамбованной поверхности, с которой может работать монтажник настила, еще более важно для глубокого, чем для неглубокого настила. Это связано с тем, что в глубоком настиле используются заглушки, которые обычно монтируются с монтажной площадки или автовышки (см. далее).

- Расположение защитного ограждения периметра следует определить на раннем этапе. Его следует устанавливать со смещением от крайних балок, так как во время укладки листов настила на них должны стоять монтажники настила.
- Пакеты настила необходимо правильно размещать в соответствии с чертежами подрядчика по монтажу настила, чтобы свести к минимуму нежелательные перемещения настила вручную и необходимость перемещения по открытым металлоконструкциям.

### **Размещение и крепление настила**

Для установки и крепления листов глубокого настила на балки *Slimflor* после монтажа постоянных металлоконструкций необходимо использовать следующую процедуру.

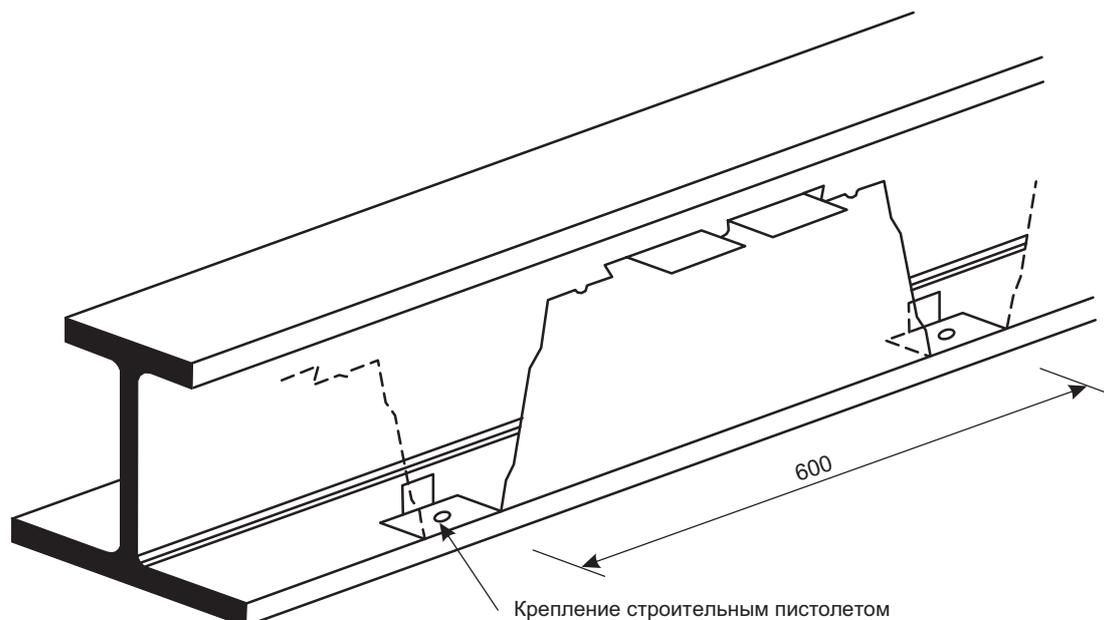
Сначала выполняется фиксация концевых заглушек, как показано на рис. 7.17. Они поставляются отрезками по 1800 мм, что равно длине трех секций настила *ComFlor 225*. Они крепятся к краям нижних полок балок с обеих сторон (за исключением крайних балок), с помощью не менее чем двух штифтов для строительного пистолета на каждый отрезок. По возможности заглушки следует монтировать с монтажной площадки. Такие приспособления, как автовышки и передвижные леса с монтажной площадкой, допускается использовать, если основание достаточно выровнено и утрамбовано, в том числе участки вокруг основания колонн.

К монтажу настила следует приступать только после установки концевых заглушек и сетки безопасности (или альтернативного средства) для защиты от падения с высоты. После этого листы настила вручную опускают на балки по одному. Нормативная длина зоны опирания листов должна составлять 50 мм. Ширина полок должна обеспечивать необходимую длину опирания, позволяя при этом опускать листы в положение вертикально (т. е. без необходимости вставлять лист между верхней и нижней полкой). Длина зоны опирания ни при каких обстоятельствах не должна быть менее 40 мм. Так как стоять на металлоконструкциях, расставив ноги, после монтажа заглушек часто неудобно, монтажники настила, как правило, встают на верхнюю полку балки с обеих концов первой связки настила, после чего срезают стальной бандаж и поднимают первый лист настила на металлоконструкцию поверх смонтированных заглушек. Укладку листов настила должны всегда выполнять не менее двух рабочих. Если длина листов составляет более 6 м, желательно, чтобы настил размещали по двое рабочих с каждой стороны листа при помощи подъемного устройства с удлиненной ручкой, если не предусматривается механическая система для подъема.

После укладки листов на весь пролет их крепят к нижним полкам балок при помощи строительного пистолета и к верху заглушек при помощи самосверлящих самонарезающих винтов.

Для формирования краев плиты и для заполнения участков, в которых 600-миллиметровый профиль настила не совпадает с параллельными опорами, используют легкие краевые стальные накладки. Такие профили изготавливаются индивидуально для каждого проекта и указываются на компоновочном чертеже настила (раздел 3.2).

Настил является частью арматуры плиты. Остальная арматура представлена арматурными стержнями в каждой гофре настила и арматурной сеткой, уложенной в верхней части плиты. Арматура крепится в соответствии с требованиями проектировщика конструкций (или субподрядного проектировщика). Для размещения стержней в 70 мм от основания гофры, как правило, используются прокладки. Если требуется обеспечить предел огнестойкости 90 или 120 минут, расстояние увеличивается на 90 и 120 мм соответственно. Для крепления возле опор и крайних балок, а также над балками в целях контроля образования трещин могут использоваться дополнительные арматурные сетки и стержни.



**Рис. 7.17.** Крепление заглушек на ASB

После установки арматуры генеральный подрядчик готовит плиту перекрытия к бетонированию, предусматривая необходимые временные опоры, после чего выполняет бетонирование плиты. Следует обеспечить уплотнение бетона, а для обеспечения распределения бетонной смеси вокруг балок за концами настила необходимо выполнять вибрирование бетонной смеси.

Анкерные упоры (для обеспечения совместной работы с балками SFB и RHSFB) можно приваривать к этим профилям во время изготовления, не создавая помех для настила. Если упоры привариваются на площадке, следует предусматривать меры предосторожности и процедуры, описанные в разделе 6.5.

#### **Установка временных опор**

Под настилы с большими пролетами следует устанавливать временные опоры. Требования определяются проектировщиком конструкций и указываются на чертежах со схемами расположения настила. При длине пролета 7,5 м и более временные опоры должны быть установлены до укладки настила. Временные опоры являются промежуточными точками опоры для листов настила на время бетонирования плиты. Временные опоры должны во всех случаях обеспечивать устойчивость балок каркаса без учета сил трения.

Если необходимо предусмотреть временные опоры для балок, опоры должны обладать намного большей прочностью, чем опоры настила. Как правило, требуется использовать тройную систему Trishore или связи. Такие временные опоры следует размещать вдоль балок с шагом не менее 3 м. Часто возникает необходимость устанавливать временные опоры на два уровня ниже балки, чтобы не допустить прогибов двутавровой балки несимметричного сечения в результате ползучести.

#### **Отрезки настила небольшой длины**

Если из-за шага балок требуется использовать настил длиной до 1 м (особенно при непараллельном расположении балок) намного более эффективным является использование неглубокого комбинированного настила. Это устраняет необходимость в использовании заглушек с малым шагом и сложном нарезании очень коротких отрезков настила ComFlor 225.

## **7.4 Дополнительная информация**

Приведенные далее источники относятся исключительно к настоящему разделу (информация об авторах и издательствах приведена в разделе 8 «Источники»).

*Руководство Corus по системе Slimdek*<sup>[74]</sup>

Это основной источник, в котором рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и строительством системы *Slimdek*.

*Руководство BCSCA по монтажу глубокого настила*<sup>[82]</sup>

В этой публикации подробно описаны безопасные процедуры монтажа глубокого настила.

## 8 ИСТОЧНИКИ

- 1 Composite Flooring Systems: Sustainable construction solutions MCRMA, 2003 /  
Комбинированные системы перекрытий: экоустойчивые решения в строительстве MCRMA, 2003 г.
- 2 Better value in steel - Composite flooring - floors using steel decking (P285)  
The Steel Construction Institute, 2001 /  
Оптимизация стоимости металлоконструкций. Комбинированные перекрытия. Перекрытия с использованием стального настила (P285)  
Институт стальных конструкций, 2001 г.
- 3 NICKS, S.J, LAWSON, R.M, RACKHAM, J.W, and FORDHAM, P. Comparative structure cost of modern commercial buildings - Second Edition (P137)  
The Steel Construction Institute, 2003 /  
С. Дж. Хикс, Р. М. Лоусон, Дж. В. Рэкхэм, П. Фордхэм. Сравнительный анализ стоимости основного несущего каркаса современных многофункциональных офисных зданий (второе издание) (P137)  
Институт стальных конструкций, 2003 г.
- 4 Managing health and safety in construction  
Construction (Design and Management) Regulations 2007. (CDM) Approved Code of Practice (Series code L144).  
HSE Books, 2007 /  
Управление охраной труда и техникой безопасности  
Строительные нормы и правила (проектирование и управление), 2007 г. (CDM) Согласованный свод правил (код серии L144).  
HSE Books, 2007 г.
- 5 BROWN, D.G.  
The Construction (Design and Management) Regulations 1994:  
Advice for designers in steel (P162)  
The Steel Construction Institute, 1997 /  
Д. Г. Браун. Правила строительства (проектирование и управление), 1994 г. Рекомендации для проектировщиков стальных конструкций (P162).  
Институт стальных конструкций, 1997 г.
- 6 Code of Practice for metal decking and stud welding (Ref 37/04). BCSA, 2004 /  
Практическое руководство по устройству металлических настилов и приварке упоров (ист. 37/04)  
BCSA, 2004 г.
- 7 AD 175: Diaphragm action of steel decking during construction Advisory Desk, in New Steel Construction, Vol 3 (4), Aug 1995 /  
AD 175: диафрагменное действие стального настила во время строительства. Рекомендательная служба, New Steel Construction. Том 3 (4), август 1995 г.
- 8 BS EN 10326: 2004 Continuously hot-dip coated strip and sheet of structural steels. Technical delivery conditions  
BSI /  
BS EN 10326: 2004. Полосы и листы строительной стали, изготовленные методом непрерывного горячего покрытия. Технические условия поставки  
BSI
- 9 AD 247: Use of composite construction in an aggressive environment. Advisory Desk, in New Steel Construction, Vol 9(2), March 2001 /  
AD 247: эксплуатация комбинированных конструкций в агрессивных условиях. Рекомендательная служба, New Steel Construction, том 9(2), март 2001 г.
- 10 BS EN 1991-1-6:2005 Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Actions during execution  
BSI /  
BS EN 1991-1-6:2005 Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Воздействия во время выполнения работ  
BSI

- 11** BS 5950: Structural use of Steelwork in Building:  
 BS 5950-1:2000 Structural use of steelwork in building. Code of practice for design. Rolled and welded sections  
 BS 5950-3.1:1990 Design in composite construction. Code of practice for design of simple and continuous composite beams  
 BS 5950-4:1994 Structural use of steelwork in building. Code of practice for design of composite slabs with profiled steel sheeting  
 BS 5950-6:1995 Structural use of steelwork in building. Code of practice for design of light gauge profiled steel sheeting  
 BS 5950-8: 2003 Code of practice for fire resistant design  
 BSI /  
 BS 5950: использование стальных конструкций в строительстве.  
 BS 5950-1:2000. Использование стальных конструкций в строительстве. Свод правил проектирования. Прокатные и сварные профили  
 BS 5950-3.1:1990. Проектирование комбинированных конструкций. Свод правил проектирования простых и непрерывных комбинированных балок  
 BS 5950-4:1994. Использование стальных конструкций в строительстве. Свод правил проектирования комбинированных плит с профнастилом  
 BS 5950-6:1995. Использование стальных конструкций в строительстве. Свод правил проектирования комбинированных плит с тонким профнастилом  
 BS 5950-8: 2003. Свод правил проектирования в огнестойком исполнении  
 BSI
- 12** BS EN 1991-1-1:2002 Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Densities, self-weight, imposed loads for buildings BSI /  
 BS EN 1991-1-1:2002. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Плотность, собственная масса, прилагаемые нагрузки на здания. BSI
- 13** BS EN 1993-1-3:2006 Eurocode 3. Design of steel structures. General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting BSI /  
 BS EN 1993-1-3:2006. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Общие правила. Дополнительные правила для холоднодеформированных элементов конструкций и настила. BSI
- 14** BS EN 1994-1-1:2004 Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. General rules and rules for buildings BSI /  
 BS EN 1994-1-1:2004. Еврокод 4. Проектирование комбинированных стальных и бетонных конструкций. Общие правила и строительные правила. BSI
- 15** BS 882:1992 Specification for aggregates from natural sources for concrete  
 BSI /  
 BS 882:1992. Технические условия на заполнители бетона из натуральных источников  
 BSI
- 16** BS EN 206-1:2000 Concrete. Specification, performance, production and conformity  
 BSI /  
 BS EN 206-1:2000. Бетон. Технические условия, характеристики, производство и соответствие.  
 BSI
- 17** BS 8500-1:2006 Concrete. Complementary British Standard to BS EN 206-1. Method of specifying and guidance for the specifier  
 BSI. /  
 BS 8500-1:2006. Бетон. Дополнительный британский стандарт к BS EN 206-1. Метод составления и руководство составителя.  
 BSI.
- 18** BS 8204-2:2003 Screeds, bases and in situ floorings. Concrete wearing surfaces. Code of practice  
 BSI /  
 BS 8204-2:2003. Стяжки, основания и монолитные перекрытия. Бетонные поверхности износа. Свод правил.  
 BSI
- 19** Concrete industrial ground floors - A guide to their design and construction. Third Edition (TR34)  
 The Concrete Society, 2003 /  
 Промышленные бетонные перекрытия первых этажей. Руководство по проектированию и возведению. Третье издание (TR34)  
 Общество бетона, 2003 г.
- 20** AD 163: Provision for water vapour release in composite slabs Advisory Desk, in New Steel Construction, Vol 2 (6), December 1994 /  
 AD 163. Меры по выпуску водяных паров из комбинированных плит. Рекомендательная служба, New Steel Construction, том 2 (6), декабрь 1994 г.

- 21** BS 5606: 1990 Guide to accuracy in building BSI /  
BS 5606: 1990. Руководство по обеспечению точности при строительстве. BSI
- 22** BS 4483:2005 Steel fabric for the reinforcement of concrete. Specification.  
BSI /  
BS 4483:2005. Стальная сетка для армирования бетона. Технические условия.  
BSI
- 23** BS 4449:2005 Steel for the reinforcement of concrete. Weldable reinforcing steel. Bar, coil and decoiled product. Specification. BSI /  
BS 4449:2005. Стальная арматура для бетона. Сварная стальная арматура. Прутковая арматура, арматура в бухтах и выпрямленная арматура. Технические условия. BSI
- 24** BS EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures. General rules and rules for buildings  
BSI /  
BS EN 1992-1-1:2004. Еврокод 2. Проектирование бетонных конструкций. Общие правила и строительные правила.  
BSI
- 25** BS 8666:2005 Scheduling, dimensioning, bending and cutting of steel reinforcement for concrete. Specification.  
BSI /  
BS 8666:2005. Планирование, определение размеров, гибка и резка стальной арматуры для бетона. Технические условия.  
BSI
- 26** BOND, A.J., HARRISON T., BROOKER O., MOSS R., NARAYANAN, R. and WEBSTER, R.  
How to design concrete structures using Eurocode 2 (CCIP-006)  
The Concrete Centre, 2007 /  
А. Дж. Бонд, Т. Харрисон, О. Брукер, Р. Мосс, Р. Нараянан и Р. Вебстер. Проектирование бетонных конструкций с использованием Еврокода 2 (CCIP-006)  
Центр бетона, 2007 г.
- 27** BS EN 14889 Fibres for concrete:  
BS EN 14889-1:2006 Steel fibres. Definitions, specifications and conformity.  
BS EN 14889-2:2006 Polymer fibres. Definitions, specifications and conformity  
BSI /  
BS EN 14889. Фиброволокно для бетона.  
BS EN 14889-1:2006. Стальное волокно. Определения, технические условия и соответствие.  
BS EN 14889-2:2006. Полимерные волокна. Определения, технические условия и соответствие.  
BSI
- 28** Cracking in composite/corrugated metal decking floor slabs (CAS13) The Concrete Society, 2003 /  
Трещинообразование в плитах перекрытия из комбинированного бетона/металлического профнастила (CAS13). Общество бетона, 2003 г.
- 29** JOHNSON, R.P. and ANDERSON, D. Designer's Guide to BS EN 1994-1-1  
Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures. Part 1.1 General rules and rules for buildings.  
Thomas Telford, 2004 /  
Р. П. Джонсон и Д. Андерсон.  
Руководство проектировщика к BS EN 1994-1-1  
Еврокод 4. Проектирование комбинированных стальных и бетонных конструкций.  
Часть 1.1. Общие правила строительства.  
Thomas Telford, 2004 г.
- 30** BS 8110-1:1997 Structural use of concrete. Code of practice for design and construction  
BSI /  
BS 8110-1:1997. Использование стальных конструкций в строительстве. Свод правил по проектированию и строительству.  
BSI
- 31** BS EN 1994-1-2:2005 Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. General rules. Structural fire design  
BSI /  
BS EN 1994-1-2:2005. Еврокод 4. Проектирование комбинированных стальных и бетонных конструкций. Общие правила. Огнезащита металлоконструкций.  
BSI

- 32** NA to BS EN 1994-1-2:2005 UK National Annex to Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures. General rules. Structural fire. Design  
BSI /  
Обязательное приложение к BS EN 1994-1-2:2005. Национальное приложение к Еврокоду 4. Великобритания. Проектирование комбинированных стальных и бетонных конструкций. Общие правила. Огнезащита металлоконструкций.  
BSI
- 33** SIMMS, W.I., KIRBY, B.R., BAILEY, C.G. and BURGESS, I.W. Steel building design: Fire resistance design (P375)  
The Steel Construction Institute, 2008. /  
У. И. Симмс, Б. Р. Кирби, С. Г. Бейли, И. В. Берджесс. Проектирование металлоконструкций. Проектирование огнестойкости (P375). Институт стальных конструкций, 2008 г.
- 34** Backpropping Flat Slabs by Eur Ing Pallett Bsc Eng FICE FCS - PFP/136 (23/08/04): Pallett Temporary Works Ltd /  
Подкосы креплений для плоских плит. Инженер, бакалавр технических наук. FICE FCS-PFP/136 (23/08/04). Pallett Temporary Works Ltd
- 35** McKENNA, P.D. and LAWSON, R.M.  
Interfaces: Design of steel framed buildings for service integration (P166) The Steel Construction Institute, 1997 /  
П. Д. МакКенна, Р. М. Лоусон. Места соединений. Проектирование стальных каркасов зданий для интеграции инженерных коммуникаций (P166). Институт стальных конструкций, 1997 г.
- 36** OGDEN, R.G.  
Interfaces: Curtain wall connections to steel frames (P101)  
The Steel Construction Institute, 1992 /  
Р. Г. Огден. Места соединений. Соединения наружных несущих стен к стальному каркасу (P101). Институт стальных конструкций, 1992 г
- 37** WAY, A.G. and COUCHMAN, G.H.  
Acoustic Detailing for Steel Construction (P372)  
The Steel Construction Institute, 2008 /  
А. Г. Уэй, Г. Х. Каучман. Акустическое исполнение стальных конструкций (P372). Институт стальных конструкций, 2008 г.
- 38** DEPARTMENT OF LOCAL GOVERNMENT AND COMMUNITIES  
The Building Regulations 2000  
Approved Document E: Resistance to the passage of sound  
The Stationery Office, 2003 /  
ДЕПАРТАМЕНТ МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ И СООБЩЕСТВ. Строительные нормы и правила, 2000 г. Утвержденный документ Е. Соппротивление прохождению звука. The Stationery Office, 2003 г.
- 39** Part E Robust Details Handbook 3rd edition  
Robust Details Ltd, 2007 /  
Справочник Robust Details, часть Е, 3-е издание. Robust Details Ltd, 2007 г.
- 40** Guidance for the design of steel-fibre-reinforced concrete (TR63)  
The Concrete Society, 2007 /  
Руководство по проектированию конструкций из бетона, армированного стальной фиброй (TR63). Общество бетона, 2007 г.
- 41** Guidance on the use of macro-synthetic fibre reinforced concrete (TR65)  
The Concrete Society, 2007 /  
Руководство указания по применению бетона, армированного синтетической макрофиброй (TR65). Общество бетона, 2007 г.
- 42** MULLETT, D.L.  
Composite floor systems  
Blackwell Science and The Steel Construction Institute, 1998 /  
Д. Л. Маллет. Системы комбинированных перекрытий. Blackwell Science и Институт стальных конструкций, 1998 г.
- 43** LAWSON, R.M.  
Design of composite slabs and beams with steel decking (P055)  
The Steel Construction Institute, 1989 /  
Р. М. Лоусон. Проектирование комбинированных плит и балок со стальными настилами (P055). Институт стальных конструкций, 1989 г.

- 45** AD 150, Composite floors - wheel loads from forklift trucks Advisory Desk, in New Steel Construction, Vol 1(7), Dec 1993 /  
AD 150, Комбинированные перекрытия. Колесная нагрузка от вилочных погрузчиков. Рекомендательная служба, New Steel Construction, Том 1(7), декабрь 1993 г.
- 46** LAWSON, R.M.  
Commentary on BS 5950: Part 3: Section 3.1 'Composite Beams' (P078) The Steel Construction Institute, 1990 /  
Р. М. Лоусон. Комментарии к BS 5950. Часть 3. Раздел 3.1 «Комбинированные балки» (P078). Институт стальных конструкций, 1990 г.
- 47** BS EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings  
BSI /  
BS EN 1993-1-1:2005. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Общие правила и строительные правила.  
BSI
- 48** NETHERCOT, D.A. and LAWSON, R.M.  
Lateral stability of steel beams and columns (P093)  
The Steel Construction Institute, 1992 /  
Д. А. Нетеркот, Р. М. Лоусон. Поперечная устойчивость стальных балок и колонн (P093). Институт стальных конструкций, 1992 г.
- 49** BS EN 1990:2002 Eurocode. Basis of structural design BSI /  
BS EN 1990:2002. Еврокод. Основы проектирования конструкций. BSI
- 50** LAWSON, R.M. and HICKS, S.J.  
Design of beams with large web openings for services (P355)  
The Steel Construction Institute, to be published 2009 /  
Р. М. Лоусон, С. Дж. Хикс. Проектирование балок с большими отверстиями в стенке для инженерных коммуникаций (P355). Институт стальных конструкций, готовится к публикации в 2009 г.
- 51** SMITH, A.L., HICKS, S.J. and DEVINE, P.J.  
Design of floors for vibration: A new approach (P354)  
The Steel Construction Institute, 2007 /  
А. Л. Смит, С. Дж. Хикс, П. Дж. Девайн. Проектирование перекрытий с учетом вибраций. Новый подход (P354). Институт стальных конструкций, 2007 г
- 52** NEWMAN, G.M., ROBINSON, J.T. and BAILEY, C.G.  
A new approach to multi-storey steel-framed buildings. Second Edition (P288)  
The Steel Construction Institute, 2006. /  
Г. М. Ньюман, Дж. Т. Робинсон, С. Дж. Бейли. Новый подход к строительству многоэтажных зданий со стальным каркасом. Второе издание (P288). Институт стальных конструкций, 2006 г.
- 53** NEWMAN L C, DOWLING, J.J. and SIMMS, W I.  
Structural fire design: Offsite applied thin film intumescent coatings. Second Edition (P160)  
The Steel Construction Institute, 2005. /  
Л. С. Ньюман, Дж. Дж. Доулинг, У. И. Симмс. Проектирование огнезащиты металлоконструкций. Тонкие вспучивающиеся огнезащитные покрытия, наносимые за пределами строительной площадки. Второе издание (P160). Институт стальных конструкций, 2005 г.
- 54** RT1187: Guidance on the fire protection of beams with web openings The Steel Construction Institute, 2005. /  
RT1187. Руководство по огнезащите балок с отверстиями в стенке. Институт стальных конструкций, 2005 г.
- 55** BS 476-21:1987 Fire tests on building materials and structures. Methods for determination of the fire resistance of loadbearing elements of construction  
BSI /  
BS 476-21:1987. Огневые испытания строительных материалов и конструкций зданий. Методы определения огнестойкости несущих элементов конструкции.  
BSI
- 56** NEWMAN, G.M. and LAWSON, R.M. Fire resistance of composite beams (P109) The Steel Construction Institute, 1991 /  
Г. М. Ньюман, Р. М. Лоусон. Огнезащита комбинированных балок (P109). Институт стальных конструкций, 1991 г.
- 57** HICKS, S.J.  
Strength and ductility of headed stud connectors welded in modern profiled steel sheeting,  
The Structural Engineer, Vol. 85(10), May 2007, pp 32-38 /  
С. Дж. Хикс. Прочность и податливость соединителей с головкой, привариваемых к современному настилу из профлиста, The Structural Engineer, том 85(10), май 2007 г., с. 32-38

- 58** AD 192, Transverse reinforcement in composite T-beams  
Advisory Desk, in *New Steel Construction*, Vol 5 (1), Feb/Mar 1997 /  
AD 192. Поперечная арматура в комбинированных тавровых балках. Рекомендательная служба, *New Steel Construction*, том 5 (1), февр.–март 1997 г.
- 59** AD 266, Shear connection in composite beams  
Advisory Desk, in *New Steel Construction*, Vol 11 (4), July 2003 /  
AD 266. Сдвиговые соединения, в комбинированных балках. Рекомендательная служба, *New Steel Construction*, том 11 (4), июль 2003 г.
- 60** Fire protection for structural steel in buildings (4th edition) ASFP/ FTSG/ SCI, 2007. /  
Огнезащита металлоконструкций зданий (4-е издание) ASFP/ FTSG/ SCI, 2007.
- 61** CIMSTEEL  
Design for Construction  
The Steel Construction Institute, 1997 /  
CIMSTEEL. Проектирование в строительстве. Институт стальных конструкций, 1997 г.
- 62** AD 174, Shear connection along composite edge beams  
Advisory Desk, in *New Steel Construction*, Vol 3 (3), June 1995 /  
AD 174. Сдвиговые соединения, вдоль крайних комбинированных балок. Рекомендательная служба, *New Steel Construction*, том 3 (3), июнь 1995 г.
- 63** BS EN 12350-1:2000 Testing fresh concrete. Sampling  
BSI /  
BS EN 12350-1:2000. Испытания свежеуложенного бетона. Отбор образцов.  
BSI
- 64** Cracking: power trowelled concrete for floor slabs (CAS8) The Concrete Society, 2003 /  
Образование волосных трещин плиты перекрытия из бетона механической затирки (CAS8).  
Общество бетона, 2003 г.
- 65** BS 8203: 1996 Code of Practice for installation of resilient floor coverings. /  
BS 8203: 1996. Свод правил по монтажу эластичных покрытий пола
- 66** Composite concrete slabs on steel decking - GCG5 (CS161) The concrete Society, 2008 /  
Комбинированные бетонные плиты на стальном настиле. GCG5 (CS161). Общество бетона, 2008 г.
- 67** The Manual and Advisory Safety Code of Practice for concrete pumping BCPA, 1990 /  
Руководство и свод рекомендаций по безопасности при подаче бетона бетононасосом, BCPA, 1990 г.
- 68** Guide to steel erection in windy conditions (ref 39/05)  
BCSA, 2004 /  
Руководство по монтажу стальных конструкций в условиях воздействия ветра (ист. 39/05)  
BCSA, 2004 г.
- 69** Guide to the erection of multi-storey buildings (ref 42/06)  
BCSA, 2006 /  
Руководство по возведению многоэтажных зданий (ист. 42/06)  
BCSA, 2006 г.
- 70** Good construction practice for composite slabs  
Publication No. 73, European Convention for Constructional Steelwork Technical Committee 7 - Working  
Group 7.6 ECCS, 1993 /  
Рекомендованные нормы строительства комбинированных плит  
Публикация № 73. Европейская конвенция для технического комитета 7 по строительным металло-  
конструкциям. Рабочая группа 7.6 ECCS, 1993 г.
- 71** National Structural Steelwork Specification for Building Construction (5<sup>th</sup> edition)  
BCSA and SCI, 2007 /  
Национальная спецификация строительных стальных конструкций для монтажа зданий (5-е изда-  
ние)  
BCSA и SCI, 2007 г.
- 72** Guidance Note GS28: Safe Erection of Structures  
HMSO, 1984 (currently withdrawn, awaiting update) /  
Рекомендательная записка GS28. Безопасный монтаж конструкций.  
HMSO, 1984 г. (в настоящее время изъят из обращения, ожидает обновления)
- 73** Health and safety in construction (3<sup>rd</sup> Edition))  
HSG 150, HSE Books, 2006 /  
Охрана труда и техника безопасности в строительстве (3-е издание)  
HSG 150, HSE Books, 2006 г.

- 74** CORUS  
*Slimdek* Manual (<http://www.corusconstruction.com>) /  
CORUS  
Руководство к системе *Slimdek* (<http://www.corusconstruction.com>)
- 75** MULLETT, D.L.  
Design of RHS *Slimflor*<sup>®</sup> edge beams (P169)  
The Steel Construction Institute, 1997 /  
Д. Л. Маллет. Проектирование балок прямого полого профиля *Slimflor*<sup>®</sup> (P169). Институт стальных конструкций, 1997 г.
- 76** LAWSON, R.M., MULLETT, D.L., and RACKHAM, J.W. Design of Asymmetric *Slimflor*<sup>®</sup> Beams using deep composite decking (P175)  
The Steel Construction Institute, 1997 /  
Р. М. Лоусон, Д. Л. Маллет, Дж. В. Рэкхэм. Проектирование асимметричных балок *Slimflor*<sup>®</sup> с использованием глубокого комбинированного настила (P175). Институт стальных конструкций, 1997 г.
- 77** MULLETT, D.L., and LAWSON, R.M.  
Design of *Slimflor*<sup>®</sup> fabricated beams using deep composite decking (P248)  
The Steel Construction Institute, 1999  
*Slim Floor Integrated Design Software (SIDS)*  
Corus (<http://www.corusconstruction.com>) /  
Д. Л. Маллет, Р. М. Лоусон. Проектирование сварных балок *Slimflor*<sup>®</sup> с использованием глубокого комбинированного настила (P248). Институт стальных конструкций, 1999 г. *Slim Floor Integrated Design Software (SIDS)*  
Corus (<http://www.corusconstruction.com>)
- 78** NETHERCOT, D. A., SALTER, P. R. and MALIK, A. S.  
Design of members subject to combined bending and torsion (P057)  
The Steel Construction Institute, 1989 /  
Д. А. Нетеркот, П. Р. Солтер и А. С. Малик. Проектирование элементов, подвергаемых совместным изгибам и кручению (P057). Институт стальных конструкций, 1989 г.
- 79** Lindaptor International, Brackenbeck Road, Bradford, West Yorkshire BDN 2NF /  
Lindaptor International, Brackenbeck Road, Bradford, West Yorkshire BDN 2NF
- 80** WAY, A.J.  
Guidance on meeting the robustness requirements in Approved Document A (P341)  
The Steel Construction Institute, 2005 /  
А. Дж. Уэй. Руководство по выполнению требований к надежности в утвержденном документе А (P341). Институт стальных конструкций, 2005 г.
- 81** BCSA Guide to the Installation of Deep Decking  
Publication number 44/07  
BCSA, 2007 /  
Руководство BCSA по монтажу глубокого настила.  
Публикация № 44/07  
BCSA, 2007 г.



CI/SfB

(23) Nh2

МАРТ 2009 г.

**АССОЦИАЦИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ  
И КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
(МСРМА)**

СОВМЕСТНО С

**ИНСТИТУТОМ СТАЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ**