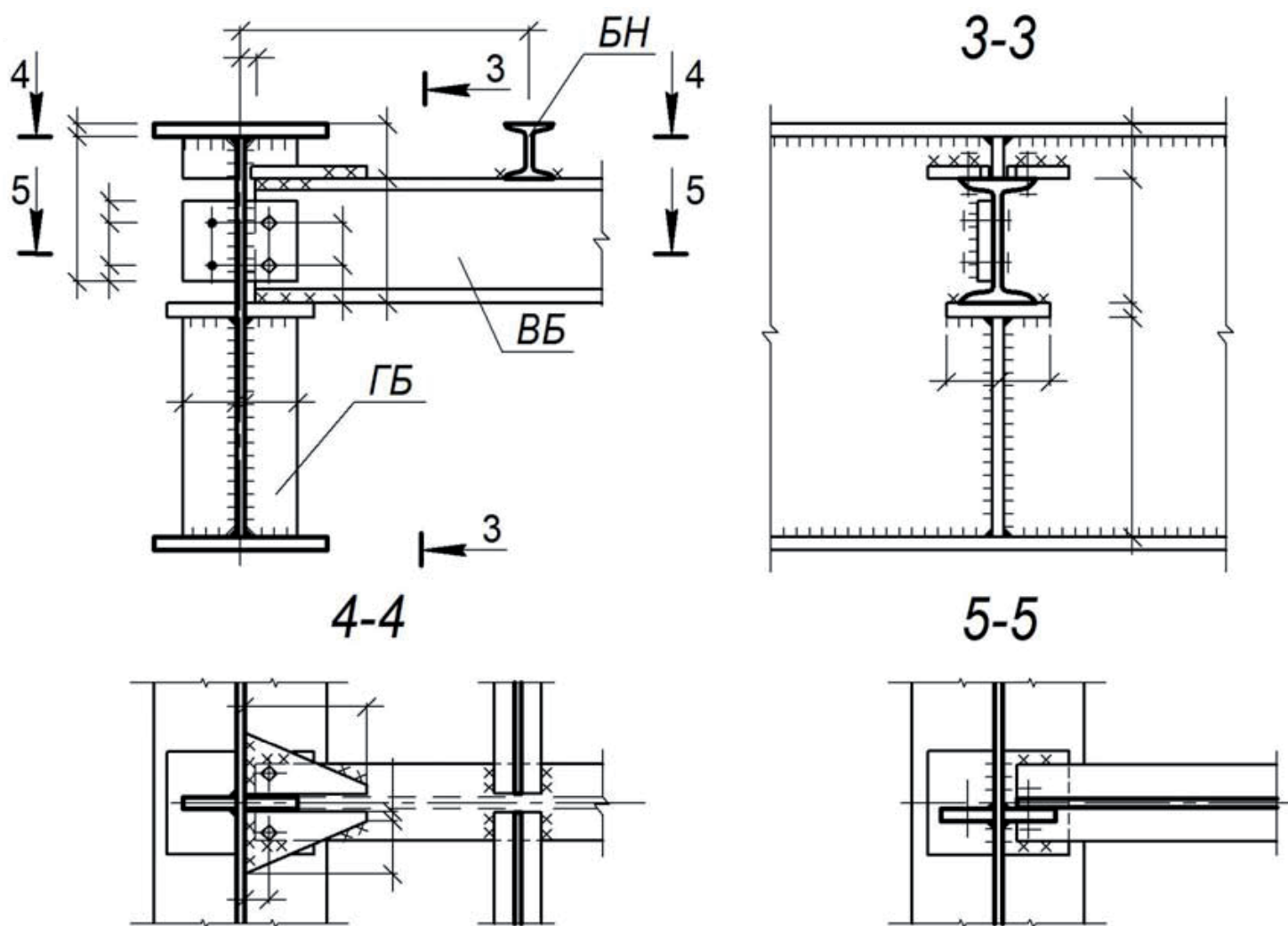


И.К. Родионов

# КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ РАБОЧИХ ПЛОЩАДОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

Электронное учебно-методическое пособие



УДК 624.014:624.075.23:624.072.2  
ББК 30.4

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, завкафедрой «Технология и организация  
строительного производства» Самарского государственного  
архитектурно-строительного университета *В.П. Попов*;  
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного  
университета *В.И. Булгаков*.

Научный редактор канд. техн. наук *В.М. Дидковский*.

Автор выражает благодарность  
*Скалкину Антону и Садыковой Евгении*, выпускникам 2011 года,  
за помощь, оказанную при оформлении чертежей.

Родионов, И.К. Конструктивные решения элементов и узлов рабочих площадок промышленных зданий : электронное учебно-методическое пособие / И.К. Родионов ; под ред. В.М. Дидковского. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

Учебно-методическое пособие содержит описание и чертежи конструктивных элементов рабочих площадок и основных узлов их сопряжений.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 270800.68, 270800.62 «Строительство», 270102.65 «Промышленное и гражданское строительство», 270105.65 «Городское строительство и хозяйство», при изучении дисциплины «Металлические конструкции» и выполнении курсового проекта.

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.

Редактор *Т.Д. Савенкова*  
Технический редактор *З.М. Малявина*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 24.12.2015.

Объем издания 4,9 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-52-13.

Издательство Тольяттинского государственного университета  
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14  
тел. 8(8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

Введение .....	7
Раздел I	
1. Конструкции рабочих площадок промышленных зданий .....	10
2. Балочные клетки .....	11
3. Центральные-сжатые колонны .....	21
4. Сопряжения балок с колоннами .....	28
Раздел II	
Рис. 1. Нормальная схема балочной клетки. Вариант с расположением крайних балок настила в ячейках по осям .....	31
Рис. 2. Нормальная схема балочной клетки. Вариант со смещением крайних балок настила в ячейках с осей на полшага .....	32
Рис. 3. Усложненная схема балочной клетки. Вариант с расположением крайних вспомогательных балок в ячейках по осям .....	33
Рис. 4. Усложненная схема балочной клетки. Вариант со смещением крайних вспомогательных балок в ячейках с осей на полшага .....	34
Рис. 5. Отправочный элемент главной балки со сварным монтажным стыком при усложненной схеме балочной клетки .....	35
Рис. 6. Отправочный элемент главной балки с монтажным стыком на высокопрочных болтах при усложненной схеме балочной клетки .....	36
Рис. 7. Отправочный элемент главной балки со сварным монтажным стыком при нормальной схеме балочной клетки с сопряжением балок в одном уровне .....	37
Рис. 8. Отправочный элемент главной балки с изменением сечений поясов при нормальной схеме балочной клетки с этажным сопряжением балок .....	38
Рис. 9. Варианты опорных частей главных балок .....	39
Рис. 10. Варианты монтажных сварных стыков главных балок .....	40
Рис. 11. Монтажный клепаный стык главной балки .....	41
Рис. 12. Монтажный стык главной балки на высокопрочных болтах .....	42
Рис. 13. Варианты узлов сопряжений балок .....	43
Рис. 14. Варианты узлов сопряжений балок настила с главными балками в одном уровне .....	44
Рис. 15. Варианты узлов пониженного сопряжения вспомогательных балок с главными .....	45
Рис. 16. Сплошная колонна с оголовком для опирания главных балок сверху .....	46
Рис. 17. Сплошная колонна с оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа с этажным сопряжением балок .....	47

Рис. 18. Сплошная колонна с оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне .....	48
Рис. 19. Сквозная колонна с раскосной решеткой и оголовком для опирания главных балок сверху .....	49
Рис. 20. Сквозная колонна с раскосной решеткой и оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; этажное сопряжение балок .....	50
Рис. 21. Сквозная колонна с раскосной решеткой и оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне .....	51
Рис. 22. Сквозная колонна с планками и оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне .....	52
Рис. 23. Варианты диафрагм сквозных колонн .....	53
Рис. 24. Узлы опирания главных балок на сплошные колонны .....	54
Рис. 25. Узлы опирания главных балок на сквозные колонны .....	55
Рис. 26. Узлы примыкания главных балок к сплошным и сквозным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; этажное сопряжение балок .....	56
Рис. 27. Узлы примыкания главных балок к сплошным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; сопряжение балок в одном уровне .....	57
Рис. 28. Узлы примыкания главных балок к сквозным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; сопряжение балок в одном уровне .....	58
Рис. 29. Узлы примыкания главных балок к сплошным колоннам при усложненной схеме балочной клетки .....	59
Рис. 30. Узлы примыкания главных балок к сквозным колоннам при усложненной схеме балочной клетки .....	60
Рис. 31. Шарнирные базы сплошных центрально-сжатых колонн без усиления плиты и с усилением её рёбрами .....	61
Рис. 32. Шарнирные базы сплошных центрально-сжатых колонн с усилением плит рёбрами, диафрагмами и траверсами .....	62
Рис. 33. Шарнирные базы сквозных центрально-сжатых колонн .....	63
Рис. 34. Жесткие базы колонн .....	64
Библиографический список .....	65
Глоссарий .....	66

*Светлой памяти моего учителя,  
лауреата Ленинской премии  
Всеволода Матвеевича Дидковского  
посвящается*

## Введение

*Рабочие площадки* – это довольно часто применяемые в промышленных зданиях относительно простые конструкции. Со стальными рабочими площадками как с конструктивными решениями студенты-строители встречаются впервые при изучении курса «Архитектура промышленных зданий». Более глубоко, с позиции особенностей работы, расчёта и конструирования, ознакомление происходит в процессе изучения дисциплины «Металлические конструкции».

**Цель дисциплины** – подготовка студентов к профессиональной деятельности в области проектирования, монтажа и эксплуатации металлических конструкций строительного назначения.

### **Задачи дисциплины**

1. Выработка понимания работы металлических конструкций зданий и сооружений.

2. Овладение принципами рационального проектирования металлических конструкций с учетом требований изготовления, монтажа и надежности в эксплуатации на основе технико-экономического анализа.

3. Формирование навыков конструирования и расчета металлических конструкций для решения конкретных инженерных задач с использованием норм проектирования, стандартов, справочников, средств автоматического проектирования.

### **В результате изучения дисциплины студент должен:**

*знать:*

- основные принципы конструирования, работы и расчета элементов и частей строительных конструкций, выполненных из стали и алюминиевых сплавов;
- современные нормативные и справочные источники;

*уметь:*

- пользоваться нормативно-технической литературой, стандартными прикладными расчетными программными пакетами и с их помощью рассчитывать металлические конструкции;
- выполнять рабочие чертежи металлических конструкций со спецификациями;
- оценивать техническое состояние металлических конструкций;

*владеть:*

- методами чтения и построения архитектурно-строительных чертежей в ручной и машинной графике;

- методами расчетов зданий и сооружений, способами оформления технических решений на чертеже;
- основами расчета металлических конструкций зданий и сооружений на статические и динамические нагрузки;
- основами конструирования металлических конструкций зданий и сооружений.

Для закрепления знаний, получения навыков практического проектирования студентам необходимо выполнить **курсовую работу «Рабочая площадка промышленного здания»**.

Рабочая площадка предназначается для размещения технологического оборудования. Она представляет собой систему колонн, на которых покоится балочная клетка, покрытая настилом.

*Расчетно-конструктивная часть работы* включает следующие основные разделы:

### **1. Конструирование и расчет элементов и узлов балочной клетки.**

1.1. Выбор оптимального варианта ячейки балочной клетки.

1.1.1. Балочная клетка нормального типа (1 вариант).

1.1.2. Балочная клетка усложненного типа (2 вариант).

1.1.3. Технико-экономическое сравнение вариантов ячеек балочной клетки.

1.2. Конструирование и расчет главной балки.

### **2. Работа, расчёт и конструирование колонны.**

2.1. Стержень колонны.

2.2. Оголовок колонны.

2.3. База колонны.

**Цель** данного учебно-методического пособия – изложить основные принципы работы и конструирования простейших стальных конструкций, их узлов и соединений на примере рабочих площадок промышленных зданий.

В этой связи в пособии ставятся следующие **задачи**:

- изложить основные требования по компоновке балочных клеток рабочих площадок;
- раскрыть особенности работы и конструирования балок рабочих площадок, отдельных их узлов и соединений;
- раскрыть специфику работы и конструирования центрально-сжатых колонн рабочих площадок и их сопряжений с балками и фундаментами.

**В результате выполнения курсовой работы студент должен:**

- **понимать** работу в целом рабочих площадок;
- **знать** особенности проектирования отдельных их частей;
- **уметь** работать с нормативной технической литературой.

Учебно-методическое пособие включает два раздела. Первый содержит описание конструктивных элементов рабочих площадок и основных узлов их сопряжений. Второй, основной, – чертежи, выполненные на стадиях проектирования КМ (конструкции металлические) и КМД (конструкции металлические детализировочные): маркировочные схемы (планы и разрезы), планы ячеек балочных клеток, рабочие чертежи основных несущих конструкций (балок настила, главных балок и колонн), чертежи отдельных их частей и сопряжений.

В частности, монтажные планы и разрезы рабочих площадок, планы ячеек балочных клеток представлены на рис. 1–4, рабочие чертежи отправочных марок главных балок – на рис. 5–8, чертежи их опорных частей – на рис. 9, чертежи стыков укрупнительной сборки главных балок – на рис. 10–12, чертежи узлов сопряжений балок в балочных клетках – на рис. 13–15.

Чертежи колонн и их сопряжений с балками представлены на рис. 16–30. В частности, на рис. 16–22 представлены рабочие чертежи колонн сплошного и сквозного сечений, на рис. 23 – чертежи вариантов диафрагм сквозных колонн, на рис. 24–30 – чертежи сопряжений балок с колоннами для различных вариантов компоновок ячеек балочных клеток, на рис. 31–34 – чертежи шарнирных и жестких баз сплошных и сквозных колонн.

# РАЗДЕЛ I

## 1. КОНСТРУКЦИИ РАБОЧИХ ПЛОЩАДОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Рабочие площадки промышленных зданий* предназначены для размещения технологического оборудования.

В конструктивном отношении они представляют собой системы колонн, на которых покоятся балочные клетки, покрытые настилом.

Настил воспринимает эксплуатационные нагрузки: вес технологического оборудования, людей и т. п. В качестве настила балочных клеток обычно применяют плоские стальные листы или сборные железобетонные плиты, перспективно также применение индустриального щитового настила, состоящего из несущего стального листа, усиленного снизу продольными и поперечными ребрами.

Балочные клетки представляют собой перекрестные системы балок; их назначение – восприятие нагрузки с настила и последующая передача её на колонны.

Колонны – это вертикальные конструкции, воспринимающие нагрузку от балочных клеток и передающие её на фундаменты.

Сопряжения колонн с балками и фундаментами часто являются шарнирными. В этих случаях для обеспечения геометрической неизменяемости, жесткости рабочих площадок необходимо между колоннами создать связи, располагающиеся в направлении модульных осей.

### Вопросы для самоконтроля

1. Назначение рабочих площадок промышленных зданий.
2. Основные конструктивные элементы рабочих площадок.
3. Назначение и конструктивные особенности настилов.
4. Назначение и конструктивные особенности балочных клеток.
5. Назначение и конструктивные особенности колонн.
6. С помощью чего достигается геометрическая неизменяемость, жесткость рабочих площадок?

## 2. БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ

Наибольшее распространение в рабочих площадках промышленных зданий получили два типа балочных клеток – нормальный и усложненный.

Балочные клетки нормального типа состоят из главных балок (ГБ) и балок настила (БН) (рис. 1, 2). Главные балки обычно перекрывают больший пролет; балки настила располагаются перпендикулярно главным. Нагрузка с настила передается на балки настила, которые, в свою очередь, передают ее на главные балки, сопрягающиеся с колоннами.

В балочных клетках усложненного типа вводятся дополнительные вспомогательные балки (ВБ), располагающиеся под балками настила и опирающиеся на главные балки (рис. 3, 4). Нагрузка в этом типе балочных клеток передается более длинным путем: с настила – на балки настила, с балок настила – на вспомогательные балки, далее – на главные и, наконец, на колонны.

Каждый тип балочных клеток имеет свои характерные сопряжения балок по высоте, определяющие строительную высоту перекрытия.

### 2.1. Компоновка балочной клетки

Проектирование рабочей площадки при заданном шаге колонн начинается с выбора наиболее выгодной компоновки ячейки балочной клетки. Выбор производится путем технико-экономического сравнения нескольких возможных вариантов компоновки.

Экономичность принятого решения можно определить по следующим показателям:

- расход стали на 1 м<sup>2</sup> ячейки;
- количество типоразмеров балок на ячейку;
- количество отпавочных марок на ячейку.

В курсовом проекте достаточно провести технико-экономическое сравнение двух типов компоновки ячейки балочной клетки – нормального и усложненного. В случае мало отличающихся между собой показателей расхода стали рекомендуется принимать вариант с менее трудоемкими в изготовлении и монтаже конструкциями.

При компоновке ячеек балочной клетки определяются взаимное расположение балок и их шаг. Большие пролёты перекрываются главными балками, меньшие – балками настила и вспомогательными. Шаг балок настила определяется в общем случае несущей способностью и жесткостью настила. Обычно при стальном плоском листе он составляет  $a = 0,6–1,6$  м; при настиле из сборных железобетонных плит  $a = 2,0–3,5$  м (рис. 1–4). Шаг вспомогательных балок обычно назначается в пределах  $l_2 = 2,0–5,0$  м (рис. 3, 4). Шаги балок настила в нормальном типе балочных клеток и вспомогательных балок в усложненном должны быть кратны пролету главных балок. Шаг балок настила в усложненном типе балочной клетки кратен пролету вспомогательных балок.

Для уменьшения трудоемкости изготовления балочных клеток в качестве балок настила и вспомогательных балок наиболее целесообразно применять обычные прокатные двутавры; главные балки, перекрывающие большие пролёты, чаще всего составного сечения.

При проектировании главной балки в курсовом проекте должен быть решен вопрос о наличии и месторасположении монтажного стыка (стыка укрупнительной сборки).

Монтажные стыки в общем случае представляют собой сопряжения отдельных частей конструкций, отправочных марок, назначенных по условиям транспортировки и возможностям грузоподъемного оборудования завода-изготовителя и монтажной организации.

По условиям транспортировки вопрос разбивки конструкции на отправочные марки решается сравнением ее габаритов и веса с габаритами и весом, предельно допустимыми для принятого в качестве средства доставки транспорта.

Основную массу металлоконструкций перевозят с заводов на строительные площадки по железной дороге. Предельно допустимые длины и вес перевозимых железнодорожным транспортом конструкций регламентируются «Техническими условиями погрузки и крепления грузов» [6]. В частности, в соответствии с ними длина отдельного отправочного элемента не должна превышать 14200 и 13774 мм при перевозке на одной четырехосной платформе грузоподъемностью 62 т соответственно с металлическими и деревянными бортами.

Провозные габариты железнодорожного транспорта: предельная высота конструкции – 3900 мм, предельная ширина – 3250 мм, толщина подкладок – 150 мм.

При выборе типа платформы необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент использования железнодорожного транспорта, равный отношению ве-

са перевозимого груза к грузоподъемности платформы, был по возможности ближе к единице.

Месторасположение монтажных стыков главных балок должно предусматривать членение их на отдельные, желательно одинаковые, отправочные элементы (рис. 5–8). В разрезных балках стыки располагают обычно в середине пролета (рис. 1–4); возможно также их симметричное относительно середины расположение.

Компоновку ячейки балочной клетки необходимо производить с учетом месторасположения монтажного стыка главной балки. Балки настила в нормальном типе балочной клетки или вспомогательные балки в усложненном типе не должны попадать на сечение главной балки, где расположен ее монтажный стык.

В пределах ячеек оси крайних балок настила (в балочной клетке нормального типа) или вспомогательных балок (в усложненном типе) могут совмещаться с разбивочными осями колонн (рис. 1, 3), а могут быть смещены с осей на половину шага (рис. 2, 4).

Эти особенности существенно влияют на конструкцию сопряжения балок с колоннами.

## 2.2. Главные балки

В качестве главных балок рабочих площадок обычно применяют сварной составной двутавр симметричного сечения, состоящий из стенки и двух поясов (рис. 5–8). Размеры сечений поясов и стенок следует принимать в соответствии с действующими стандартами: в качестве поясов применяется горячекатаный широкополосный универсальный прокат, стенки выполняются из горячекатаного листового проката. Соединение поясов и стенки рационально выполнять автоматической сваркой; швы наплавляются сплошные, их катеты определяются расчетом на сдвиг.

Сечение составной балки, подобранное по максимальному изгибающему моменту, можно уменьшить в местах снижения моментов: в разрезных балках ближе к опорам. Однако каждое изменение сечения, дающее экономию материала, увеличивает трудоемкость изготовления балки. Как показывают исследования, оно экономически целесообразно только для балок пролетом более 10–12 м.

Уменьшить сечение балки можно путем уменьшения ее высоты или сечений поясов.

В балках рабочих площадок наибольшее применение получило уменьшение ширины поясов, так как высота при этом сохраняется постоянной. Менее удобно изменять толщину поясов, так как балка оказывается неодинаковой высоты, при этом осложняется заказ стали.

Редко применяется и изменение сечения уменьшением высоты стенки балки, так как может потребоваться увеличение толщины стенки для восприятия касательных напряжений.

В разрезных сварных балках пролетом до 30 м принимается по одному изменению сечения поясов с двух сторон от середины пролета балки (рис. 8). Введение второго изменения экономически нецелесообразно, так как дает дополнительную экономию материала лишь порядка 3–4 %. Более значительной экономии стали можно достигнуть путем непрерывного изменения ширины поясов, получаемого диагональным раскроем широкополосной стали кислородной резкой. Однако это связано с увеличением трудоемкости изготовления балки и применяется редко.

При равномерной нагрузке наиболее выгодное по расходу стали место изменения сечения поясов однопролетной сварной балки находится на расстоянии от опор, равном примерно  $1/6$  пролета балки.

При проектировании составных главных балок необходимо обеспечить местную устойчивость ее сжатых зон.

Стенки балок для обеспечения их устойчивости могут быть укреплены продольными и поперечными ребрами жесткости.

Продольные ребра жесткости ставят в средней части пролета балки в сжатой зоне стенки. Их назначение – препятствовать местной потере устойчивости (выпучиванию) стенки от действия нормальных напряжений, увеличивающихся в разрезных балках в направлении от опор к середине пролета.

Вариант усиления стенки продольными ребрами экономически оправдан для балок высотой более двух метров. В балках меньшей высоты постановку продольных ребер, являющихся значительным усложнением конструкции, можно избежать, назначая толщину стенки, достаточную с позиции обеспечения устойчивости, еще в процессе подбора сечения балки.

Назначение поперечных ребер жесткости – предупреждение местной потери устойчивости стенки от действия касательных напряжений, увеличивающихся в разрезных балках в направлении от середины пролета к опорам. Необ-

ходимость постановки поперечных ребер жесткости, а также их максимальный шаг определяются в зависимости от условной гибкости стенки в соответствии с требованиями п. 7.10 СНиП II–23–81\* [3].

Поперечные ребра жесткости целесообразно расставлять в местах расположения опирающихся балок (БН или ВБ) симметрично относительно середины пролета главных балок. С учетом характера изменения касательных напряжений меньший шаг ребер принимается у опор, больший – в средней части пролета главной балки.

В балочных клетках нормального типа ввиду частого расположения балок настила нецелесообразно ставить поперечные ребра жесткости в местах опирания каждой из них. В этом случае ребра жесткости располагают через одну или две балки (рис. 7, 8).

В балочных клетках усложненного типа поперечные ребра жесткости ставят в местах опирания вспомогательных балок, совмещая иногда функции ребер жесткости и ребер опорных столиков (рис. 5), а также в промежуточных сечениях (рис. 6), если это требуется по расчету.

Верхние пояса главных балок испытывают значительные сжимающие нормальные напряжения в середине пролета; устойчивость их должна быть обеспечена с учетом требований п. 7.24 СНиП II–23–81\* [3].

В опорных сечениях главных балок на сравнительно небольших участках, местно, действуют значительные реакции, что может привести к пластическим деформациям стенок балок в этих зонах. Для исключения их, четкой передачи давлений опорные части составных главных балок следует укреплять поперечными ребрами.

Наибольшее применение получило конструктивное решение опорных частей с торцевыми ребрами (рис. 9, а). Его достоинством является четкость передачи опорного давления через строганный торец ребра, а также универсальность, позволяющая осуществлять как опирание на колонну сверху (рис. 24, 25), так и примыкание сбоку (рис. 26–30).

Реже применяется конструктивное решение с внутренними парными опорными ребрами (рис. 9, б), что объясняется в основном большей сложностью в изготовлении, а также возможностью применения лишь в случае опирания главной балки на опору сверху.

По способу соединения отправочных марок различают сварные, клепаные и болтовые монтажные стыки.

На рис. 10 показаны два возможных варианта сварных монтажных стыков главных балок.

В первом варианте все элементы балки, в том числе и растянутый нижний пояс, соединяются на монтаже прямым швом встык (рис. 10, *а*). Такое монтажное соединение целесообразно, когда напряжения в растянутом поясе в рассматриваемом сечении балки не превышают расчетное сопротивление стыковых сварных соединений растяжению по пределу текучести.

При расположении стыка в середине главной балки в случае применения визуального контроля качества швов это условие, как правило, не выполняется. Тогда применяется второй вариант – с соединением растянутого пояса косым швом (рис. 10, *б*). Такой стык является равнопрочным основному сечению полки.

При выполнении сварных монтажных стыков важным моментом является порядок наплавки швов. С целью уменьшения сварочных напряжений и деформаций этот порядок принимается следующим: сначала заваривают стык стенки, затем наплавляют стыковые швы полок, имеющие наибольшую поперечную усадку; оставленные незаваренными на заводе участки угловых поясных швов (около 500 мм по обе стороны от стыка) дают возможность полкам несколько вытянуться при поперечной усадке стыковых поясных швов, таким образом, в зоне стыка поясов и стенки уменьшается концентрация напряжений, способствующих появлению трещин; последними заваривают угловые поясные швы, имеющие небольшую продольную усадку.

В отличие от сварных стыков клепаные и болтовые монтажные укрупнительные соединения применяются в более ответственных конструкциях.

Основное правило конструирования этих соединений заключается в перекрытии каждого элемента балки стыковыми элементами (накладками), площадь сечения которых при равной прочности не меньше площади соединяемых элементов. Для уменьшения размеров и веса накладок при конструировании назначают минимальный шаг заклепок или болтов (для болтов табл. 39 СНиП II–23–81\* [3]).

Для конструкций из обычных углеродистых сталей заклепки изготавливают из круглой калиброванной стали марок Ст2 (заклепочная) и Ст3 (заклепочная) с удлинением 26 и 23% и пределом текучести  $22 \text{ кН/см}^2$ ; для конструкций из низколегированных сталей применяются заклепки из стали марки 09Г2 с удлинением 18% и пределом текучести  $30 \text{ кН/см}^2$ . Диаметры заклепок нормируются по диаметрам отверстий. В конструкциях применяют заклепки, поставленные в отверстия диаметром 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 28,5, 31,5 мм.

На рис. 11 показан вариант монтажного клёпаного стыка клёпаной балки. Все элементы балки стыкуются в одном сечении; за торец каждой отправочной марки никакие детали не выступают. Пояса перекрыты листовыми и уголковыми накладками, стенка на всю высоту – парными листовыми накладками.

Клёпаные монтажные стыки применяют в основном в клёпанных конструкциях балок. Заклепочные соединения, являющиеся в прошлом основным видом соединений металлических конструкций, в настоящее время из-за неудобств технологического процесса клёпки почти полностью вытеснены швами и высокопрочными болтами.

В болтовых укрупнительных стыках применяют высокопрочные болты. Они изготавливаются из высокопрочных сталей: углеродистой стали Ст35 или легированных сталей 40Х, 40ХФА и 38ХС; готовые болты термически упрочняются. Как и болты нормальной точности, высокопрочные болты ставят в отверстия диаметром на 2–3 мм больше, чем их диаметр. Монолитность соединения обеспечивается трением между поверхностями соединяемых элементов, стянутых между собой с большой силой высокопрочными болтами. Чтобы обеспечить надежность соединения, которая зависит от степени сжатия соприкасающихся поверхностей, болты затягивают специальными тарировочными ключами, позволяющими контролировать силу их натяжения.

Необходимо помнить, что отверстия в заклепочных монтажных стыках ослабляют сечение балки. В монтажных соединениях на высокопрочных болтах ослабление балки можно не учитывать, так как вследствие действия сил трения накладки вступают в работу стыка в неослабленном сечении, что компенсирует ослабление сечения отверстиями.

На рис. 12 представлены чертежи монтажного стыка главной балки на высокопрочных болтах. Стык каждого пояса перекрыт тремя листовыми накладками; стык стенки – парными листовыми.

### **2.3. Сопряжения балок**

Различают три основных вида сопряжений балок в балочных клетках: этажное, в одном уровне и пониженное.

Первые два вида характерны для балочных клеток нормального типа (рис. 1, 2).

При этажном сопряжении балки настила непосредственно укладываются сверху на главные балки. Варианты конструктивных решений таких сопряжений представлены на рис. 13, *а*.

Выбор конкретного варианта определяется работой стенки главной балки в месте опирания балок настила. Если местные напряжения в стенке не превышают расчетное сопротивление стали на сжатие, определенное по пределу текучести, то есть стенка работает в упругой стадии, то применяется вариант 1 (рис. 13, *а*). В противном случае производится усиление стенки, одним из способов которого является постановка вертикальных ребер в данном сечении (вариант 2) (рис. 13, *а*).

Этажное сопряжение применяется при достаточной строительной высоте балочной клетки. Однако иногда по технологическим условиям строительная высота является ограниченной. В этих случаях целесообразно применять сопряжения балок настила с главными балками в одном уровне (рис. 13, *б*; 14).

Для этого вида сопряжений характерно расположение в одной плоскости верхних граней полок балок настила и главных балок. Сопряжение балок настила с главными может производиться путем прикрепления к ребрам жесткости (рис. 13, *б*) или через специальные опорные столики, приваренные к стенкам главных балок (рис. 7, 14).

Опорный столик представляет собой горизонтальную пластину толщиной 16–20 мм с приваренным внизу симметрично вертикальным ребром толщиной 8–12 мм. Ребро может быть короткое, определенное по условиям восприятия действующих опорных усилий, или до нижней полки главной балки в случае выполнения им функций ребра жесткости. Минимальная ширина пластины определяется шириной полки балки настила плюс 30–40 мм. Минимальная длина пластины диктуется необходимостью достаточного опирания балки настила и составляет минимум 120–140 мм. Над столиком к стенке главной балки приваривается ребро с двумя отверстиями для крепления балки настила болтами при монтаже.

Опорные узлы балок настила могут быть решены в шарнирном (рис. 13, *а*, *б*; 14, *а*) и жестком (рис. 14, *б*) вариантах.

В шарнирных узлах имеет место только передача опорных давлений балок настила. В частности, эта передача может осуществляться:

- на верхние полки главных балок (рис. 13, *а*);
- через болты или сварные швы, прикрепляющие балки настила к ребрам жесткости главных балок (рис. 13, *б*);
- на опорные столики главных балок (рис. 14, *а*).

При жестких сопряжениях балок настила с главными балками кроме опорных давлений имеют место изгибающие моменты. Их передача может быть достигнута с помощью клиньев, приваренных к верхним поясам главных балок и балок настила, а также швов, прикрепляющих нижние пояса балок настила к горизонтальным пластинам опорных столиков главных балок (рис. 14, *б*).

Для усложненных схем балочных клеток (рис. 3, 4) характерно пониженное сопряжение вспомогательных балок с главными балками. Нагрузка от вспомогательных балок может передаваться на главные непосредственно через ребра жесткости (рис. 13, *в*) или через опорные монтажные столики (рис. 15).

Возможны шарнирное (рис. 13, *в*; 15, *а*) и жесткое (рис. 15, *б*) решения опорных узлов вспомогательных балок.

В шарнирных узлах действуют только опорные давления от вспомогательных балок. Они могут передаваться через болты, соединяющие их с ребрами главных балок (рис. 13, *в*), или через опорные столики главных балок (рис. 15, *а*).

При жестком прикреплении вспомогательных балок к главным кроме опорных давлений действуют опорные изгибающие моменты. Восприятие их в данном случае может быть осуществлено также с помощью клиньев, прикрепленных на сварке к верхним поясам вспомогательных и стенкам главных балок, а также через швы, соединяющие нижние пояса вспомогательных балок с горизонтальными пластинами опорных столиков (рис. 15, *б*).

Во всех рассмотренных узлах сопряжений балок (рис. 13–15) болты являются конструктивными или рабочими. В частности, к первым относятся болты узлов, приведенных на рис. 14 и 15, и болты прикрепления правой балки настила (рис. 13, *б*). Эти болты применяются диаметром 16–24 мм грубой или нормальной точности. Болты крепления левой балки настила (рис. 13, *б*) и вспомогательных балок (рис. 13, *в*) являются рабочими, передающими опорные давления соответствующих балок на главные. Их принимают в виде болтов нормальной точности или высокопрочных.

## Вопросы для самоконтроля

1. Основные элементы и особенности передачи нагрузки в балочных клетках нормального и усложненного типов.
2. Показатели экономичности компоновки ячейки балочной клетки.
3. Что такое компоновка балочной клетки и как она производится?
4. С учётом каких требований производится «разбивка» конструкций на отправочные марки?
5. Чем определяется привязка крайних балок настила (или вспомогательных) в ячейке?
6. Прокат, применяемый для стенок и полок составных сварных балок.
7. Методы изменения сечений разрезных сварных балок, их достоинства и недостатки.
8. Способы обеспечения местной устойчивости составных главных балок.
9. Продольные и поперечные ребра жесткости, их назначение и правила расстановки.
10. Причина усиления опорных частей главных балок ребрами жесткости.
11. Опорные части с торцевыми ребрами и парными ребрами жесткости, их достоинства и недостатки.
12. Причины конструирования косых и прямых сварных монтажных стыков нижних, растянутых поясов главных балок.
13. Порядок наплавки швов при выполнении сварных монтажных стыков главных балок.
14. Клепаные монтажные стыки, область их применения и особенности конструирования.
15. Укрупнительные стыки на высокопрочных болтах, область их применения и особенности конструирования.
16. Виды сопряжения балок в балочных клетках, область их применения и конструктивные особенности.
17. Шарнирные и жесткие сопряжения балок, их работа и конструктивные особенности.
18. Назначение болтов в узлах сопряжения балок, болты рабочие и конструктивные.

### 3. ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ КОЛОННЫ

Колонны рабочих площадок представляют собой вертикальные конструкции, передающие нагрузку от балочных клеток вниз на фундаменты.

В колоннах различают:

- стержень – основной элемент, передающий нагрузку сверху вниз;
- оголовок – верхнюю часть, воспринимающую нагрузку от вышележащих конструкций;
- базу (или башмак) – нижнюю часть колонны, передающую нагрузку на фундамент.

В зависимости от приложения нагрузки различают центрально-сжатые и внецентренно-сжатые колонны. В рабочих площадках в основном применяются центрально-сжатые колонны, в которых нагрузка приложена или симметрично относительно оси стержня (рис. 26–30), или непосредственно к центру сечения (рис. 24, 25).

#### 3.1. Стержни центрально-сжатых колонн

Наибольшее распространение при центральном сжатии получили сплошные и сквозные колонны постоянного сечения: сплошные колонны – при больших нагрузках и небольших высотах, сквозные, наоборот, – при меньших нагрузках и больших высотах.

Основным сечением стержней сплошных центрально-сжатых колонн является симметричный двутавр. При относительно небольших нагрузках возможно применение прокатного двутавра с параллельными гранями полок, колонного профиля. При значительных, более 1400–1500 кН, нагрузках, имеющих место в рабочих площадках, требуются более мощные сечения. В качестве таковых применяют сварные двутавры, составленные из трех листов: листа стенки и двух поясных (рис. 16–18).

Стенки выполняют из горячекатаного толстолистового проката; в качестве поясов применяют горячекатаный универсальный широкополосный прокат.

Соединение поясов и стенки рационально выполнять автоматической сваркой; швы наплавляются сплошные, катеты их назначают конструктивно 6–10 мм.

В целях увеличения жесткости стержней сплошных колонн против скручивания их следует укреплять поперечными парными ребрами жесткости. На каждом отправочном элементе должно быть не менее двух сечений с такими ребрами.

В соответствии с п. 7.14 и 7.21 СНиП II–23–81\* [3] поперечные и продольные парные ребра жесткости следует ставить и для обеспечения устойчивости стенок колонн. Размеры сечений ребер принимаются в соответствии с п. 7.10 СНиП II–23–81\* [3], как для поперечных ребер жесткости балок. Продольные ребра жесткости эффективны и как увеличивающие площадь сечения стержня, однако в случае их применения значительно увеличивается трудоемкость изготовления колонн.

Местная устойчивость полок центрально-сжатых сплошных колонн должна обеспечиваться с учетом положений п. 7.23 СНиП II–23–81\* [3].

Стержни сквозных колонн состоят обычно из двух или нескольких прокатных профилей, ветвей, соединенных между собой в плоскостях полок. В рабочих площадках наибольшее применение получили двухветвевые стержни, состоящие из двух швеллеров с полками, расположенными внутрь сечения (рис. 22), или двутавров (рис. 19–21).

Соединение ветвей между собой выполняется при помощи решетки (рис. 19–21) или на планках (рис. 22).

Решетка придает стержням бóльшую жесткость, поэтому колонны с решеткой применяют при значительных нагрузках, а также при возможных незначительных, не учтенных расчетом отклонениях продольной силы от оси стержня. Решетка может включать только раскосы (рис. 19–21) и раскосы с распорками (рис. 23, *a*). Элементы решетки обычно конструируются из одиночных уголков с предельной гибкостью  $\lambda = 150$ . Центрирование уголков решетки допускается на грань сечения или на точку, находящуюся за гранью сечения.

Колонны с планками (рис. 22) проще в изготовлении, не имеют выступающих уголков, но обладают меньшей жесткостью, чем колонны с решеткой. Планки принимают толщиной 6–12 мм. Ширина каждой планки определяется из расчета напуска ее на ветви 30–40 мм. Высота принимается порядка 0,5–0,7 от ширины сечения колонны. Расстановку планок в колоннах производят из условия обеспечения принятой гибкости ( $\lambda = 30–40$ ) отдельной ветви.

Расчет соединительных элементов (решеток, планок) сжатия составных стержней должен выполняться на условную поперечную силу  $Q_{fc}$ , принимаемую постоянной по всей длине стержня [3, п. 5.8\*].

Для предотвращения закручивания стержней сквозных колонн в них устраивают примерно через 3–4 м по высоте жесткие горизонтальные диафрагмы. Они могут быть сплошные и сквозные:

- сплошные диафрагмы – в виде листа толщиной 8–12 мм (рис. 23, а), а также двутавра или швеллера, применяемого в ветвях колонны (рис. 23, б);
- сквозные диафрагмы – из уголков, приваренных крест-накрест к поперечным ребрам внутри сечения колонн (рис. 23, в).

### 3.2. Оголовки центрально-сжатых колонн

Особенности конструктивных решений оголовок центрально-сжатых колонн определяются уже в процессе компоновки балочных клеток.

При смещении балок настила или вспомогательных балок на полшага с осей ячеек балочных клеток (рис. 2, 4) оголовки колонн проектируются под опирание главных балок сверху. В этом случае к торцам и сплошных, и сквозных колонн приваривается плита толщиной 18, 20 мм, имеющая четыре отверстия, привязки которых к осям должны соответствовать привязкам отверстий на нижних полках главных балок (рис. 16, 19, 24, 25).

Под плитами в оголовках сквозных колонн при любом соединении ветвей к наружным граням полков прикрепляются планки.

Работа оголовка зависит от характера передачи нагрузки на колонну от главных балок.

В сплошных колоннах возможны два варианта ориентирования главных балок по отношению к колоннам:

- стенки балок перпендикулярны стенкам колонн;
- стенки балок и колонн параллельны.

В первом случае опорные ребра балок распределенно передают давление через плиту на торец стенки колонны; она под плитой испытывает смятие и требует, как правило, значительно бóльшую толщину, чем стенка стержня колонны. Отсюда вариант с утолщенной стенкой в оголовке, представленный на рис. 24, а.

Во втором варианте ребра балок местно передают опорные давления через плиту на стенку колонны. Это может вызвать ее пластические деформации. Для предотвращения их могут быть поставлены парные вертикальные ребра (рис. 16 и 24, б). Сечение ребер определяется из условия смятия под плитой; высота – из условия среза четырех швов, прикрепляющих их к стенке колонны.

Для обеспечения жесткости вертикальные ребра окаймляются внизу поперечными ребрами.

В сквозных колоннах также возможны два варианта ориентирования главных балок:

- стенки главных балок параллельны стенкам ветвей колонн;
- стенки балок перпендикулярны стенкам ветвей.

В первом случае для предотвращения пластических деформаций изгиба плиты оголовка (от давления ребер балок) плиту усиливают диафрагмой (рис. 19, 25, *а*). Толщина ее определяется из условия смятия под плитой и не должна быть более 40 мм; высота – из условия среза четырех швов, прикрепляющих диафрагму к стенкам ветвей.

Конструкция оголовка для второго случая ориентирования балок представлена на рис. 25, *б*: для усиления плиты также применяются два ребра, но прикрепленные к диафрагме, расположенной между стенками ветвей колонны. Сечения ребер определяются из условия смятия их под плитой в зоне давления ребер балок. Высота ребер определяется из условия среза четырех швов, прикрепляющих их к диафрагме; высота диафрагмы – из условия среза четырех швов, прикрепляющих ее к стенкам ветвей. Толщина диафрагмы принимается конструктивно 8–12 мм, но не менее толщины стенок ветвей.

В обоих случаях диафрагмы и ребра окаймляются внизу поперечными ребрами.

В случаях расположения крайних балок настила или вспомогательных балок по осям ячеек балочных клеток (рис. 1, 3) оголовки колонн конструируются под примыкание главных балок сбоку.

В сплошных колоннах для этих целей к полкам колонн приваривают опорные столики (рис. 17, 18, 26, *а*, 27, 29). В рабочих площадках столики обычно выполняют из листа широкополосной универсальной стали толщиной 40 мм. Ширина столика на 30–40 мм больше ширины опорного ребра главной балки. Высота каждого столика определяется из условия работы на срез швов, прикрепляющих его к полке колонны.

Верхний, опорный торец столика строгается. На полках колонн выше столика должны быть три пары отверстий для прикрепления главных балок болтами на монтаже.

В сквозных колоннах аналогичные опорные столики прикрепляют швами к стенкам ветвей. Выше столиков в стенках также должны быть отверстия под болты (рис. 20–22, 26, *б*, 28, 30).

Для обеспечения жесткости оголовков сквозных колонн при примыкании главных балок между ветвями колонн в пределах высоты балок прикрепляются на сварке листовые диафрагмы в виде листа толщиной 8–12 мм.

Конструктивные особенности оголовков и сплошных, и сквозных колонн при примыкании главных балок зависят и от сопряжения балок по высоте в балочных клетках.

При этажном сопряжении крайние в ячейках балки настила опираются на колонны сверху. Для этого к торцам и сплошных, и сквозных колонн привариваются плиты толщиной 18, 20 мм (рис. 17, 20).

В случае сопряжения балок в одном уровне и пониженного для передачи нагрузки от них на колонны и сплошного, и сквозного сечений необходимы монтажные столики. Они аналогичны столикам, применяемым для крепления балок настила к главным балкам (рис. 7): каждый столик представляет собой горизонтальную пластину толщиной 16–20 мм с вертикальным ребром толщиной 8–12 мм, поддерживающим его снизу. Столики прикрепляют к стенкам и полкам сплошных колонн (рис. 18, 27, 29) или диафрагмам сквозных колонн (рис. 21, 22, 28, 30).

Над монтажными столиками располагаются ребра, имеющие отверстия для крепления на болтах балок настила или вспомогательных балок.

### **3.3. Базы центрально-сжатых колонн**

Базы стальных центрально-сжатых колонн служат для передачи давления со стержня более распределенно по площади опирания. В этой связи к нижним торцам колонн приваривают пластины, опорные плиты.

Конструкции баз должны обеспечивать прикрепление нижних концов колонн к фундаментам в соответствии с принятой расчетной схемой. Отсюда различают два основных типа баз: шарнирные (рис. 31–33) и жесткие (рис. 34).

Крепление баз стальных колонн к фундаментам осуществляется анкерными болтами.

При шарнирном сопряжении колонны с фундаментом анкерные болты ставят лишь для фиксации проектного положения колонны и закрепления ее в процессе монтажа. Анкеры в этом случае крепятся непосредственно к опорной плите базы (рис. 31–33), обеспечивая благодаря гибкости плиты необходимую податливость, шарнирность сопряжения колонны с фундаментом.

Диаметр анкерных болтов в шарнирных базах принимают 20–30 мм. Для обеспечения возможности некоторой передвижки колонны в процессе монтажа отверстия для анкерных болтов в опорной плите принимаются в 1,5–2,0 раза больше диаметра болтов. Вместо отверстий могут выполняться и проушины. На анкерные болты надевают шайбы с отверстиями на 2–3 мм больше диаметра болтов. После установки колонны в проектное положение болты затягиваются гайками и шайбы приваривают к опорной плите.

Простейшая конструкция шарнирной базы в виде плиты из широкополосного универсального проката, приваренной к торцу колонны, представлена на рис. 31, *а*.

Размеры плиты в плане обуславливаются нагрузкой от колонны, прочностью бетона фундамента и сечением колонны.

Толщина такой плиты определяется расчетом на изгиб, как пластины, от реактивного давления фундамента и не должна превышать 40 мм.

При значительных нагрузках это требование не выполняется. В этих случаях необходимое увеличение жёсткости достигается двумя способами:

- усилением обычного проката элементами жесткости;
- применением в качестве опорных пластин толстых литых плит, или слябов [10].

Первый способ рационален при расчетных усилиях до 4000–5000 кН. В качестве элементов жесткости применяются ребра, диафрагмы, траверсы. Кроме функций жесткости они, с другой стороны, служат в качестве элементов, распределяющих нагрузку от стержня более равномерно по плите.

Примеры таких баз представлены на рис. 31–33:

- рис. 31, *б*, *в* – базы сплошных колонн с ребрами;
- рис. 32, *а* – база сплошной колонны с ребрами и диафрагмами;
- рис. 32, *б* – база сплошной колонны с траверсами;
- рис. 33, *а*, *б* – базы сквозных колонн с траверсами и диафрагмой.

Второй способ целесообразен в колоннах с большими, 6000–10000 кН и более, расчетными усилиями. Для четкой передачи нагрузки торцы колонн и верхние грани опорных плит фрезеруются [1; 5; 8–11].

Жесткие базы центрально-сжатых колонн имеют не менее четырех анкерных болтов. Они крепятся или непосредственно к траверсам (рис. 34, *а*), или к анкерным плиткам, опирающимся на траверсы (рис. 34, *б*). Такие болты затягивают с напряжением, близким к расчетному сопротивлению, что устраняет воз-

возможность поворота колонны на опоре. Диаметр анкерных болтов в жестких базах принимают порядка 24–36 мм.

### Вопросы для самоконтроля

1. Назначение и основные элементы колонн.
2. Особенности передачи нагрузки на колонны, колонны центрально- и внецентренно-сжатые.
3. Области применения сплошных и сквозных колонн.
4. Области применения прокатных двутавров с параллельными гранями полок колонного профиля и сварных симметричных двутавров.
5. Чем достигается увеличение жесткости стержней сплошных двутавровых колонн против скручивания?
6. Обеспечение местной устойчивости стенок и полок центрально-сжатых сплошных колонн.
7. Сквозные колонны, их конструктивные особенности.
8. Способы соединения ветвей сквозных колонн, решетка и планки.
9. Предотвращение закручивания сквозных колонн, особенности сплошных и сквозных диафрагм.
10. Основные конструктивные отличия оголовков в случаях опирания и примыкания главных балок.
11. Основные конструктивные отличия оголовков сплошных колонн в случаях ориентирования главных балок перпендикулярно и параллельно стенкам колонн.
12. Основные конструктивные отличия оголовков сквозных колонн в случаях ориентирования главных балок перпендикулярно и параллельно стенкам ветвей колонн.
13. Назначение опорных плит в базах колонн.
14. Как обеспечивается прикрепление нижних концов колонн в соответствии с принятой расчетной схемой, шарнирной или жесткой?
15. Основная характерная особенность шарнирных баз.
16. Назначение анкерных болтов в шарнирных базах.
17. Назначение анкерных болтов в жестких базах, центрально- и внецентренно-сжатых.
18. Чем обуславливаются размеры плиты в плане?
19. От чего зависит толщина плиты?
20. Способы увеличения изгибной жесткости плиты.

#### 4. СОПРЯЖЕНИЯ БАЛОК С КОЛОННАМИ

В данном разделе рассмотрены шарнирные сопряжения главных балок и колонн как наиболее часто применяемые в одноэтажных рабочих площадках.

По конструктивному признаку такие сопряжения, как отмечалось в п. 3.2, могут выполняться в виде опирания главных балок сверху и примыкания сбоку.

Опираание сверху целесообразно применять, когда с колоннами непосредственно сопрягаются только главные балки (рис. 2, 4).

В этом случае главные балки укладывают на плиты оголовков и сплошных, и сквозных колонн с привязкой к осям 10 мм. Между ребрами балок устанавливаются листовые, фиксирующие зазор прокладки толщиной 20 мм.

На рис. 24 представлены чертежи узлов опирания главных балок на сплошные колонны:

- узел опирания для случая расположения стенки балки перпендикулярно стенке колонны (рис. 24, а);
- узел опирания для случая расположения стенок в одной плоскости (рис. 24, б).

В первом варианте оголовок колонны выполнен с утолщенной по условиям смятия стенкой.

Во втором – под плитой оголовка для предотвращения местных пластических деформаций стенки установлены парные вертикальные ребра.

На рис. 25 представлены чертежи узлов опирания главных балок на сквозные колонны:

- узел опирания для случая расположения стенок балок параллельно стенкам ветвей колонны (рис. 25, а);
- узел опирания для случая расположения стенок балок перпендикулярно стенкам ветвей (рис. 25, б).

В первом случае плита оголовка для предотвращения пластических деформаций изгиба усилена диафрагмой под ребрами главных балок.

Во втором с этой же целью поставлена диафрагма и парные вертикальные ребра.

Во всех рассмотренных вариантах опирания главные балки соединяются между собой болтами нормальной точности. Количество и диаметр болтов назначаются конструктивно: обычно принимается три пары болтов диаметром 16–24 мм. Болты располагают в нижней трети по высоте главных балок, чем достигается шарнирность работы балок на опоре. К оголовку каждая главная балка прикрепляется двумя болтами нормальной точности.

Примыкание главных балок сбоку (рис. 26–30) применяют при сопряжении с колонной не только главных балок, но и балок настила (рис. 1) или вспомогательных балок (рис. 3).

Передача нагрузки от главных балок осуществляется через строганные торцы их опорных ребер и пластин столиков, приваренных к полкам сплошных и стенкам сквозных колонн.

На монтаже крепление каждой главной балки к колонне осуществляется тремя парами болтов нормальной точности диаметром 16–24 мм, расположенными в нижней трети высоты опорного ребра.

Конструктивный зазор между опорным ребром балки и колонной должен быть равен 10 мм.

Сопряжения балок настила с колоннами возможны только при расположении их по осям в балочных клетках нормального типа (рис. 1). Конструкции их зависят от расположения балок по высоте, принятого в балочной клетке.

При этажном сопряжении балок настила с главными крайние в ячейках балки настила опираются на плиты оголовков колонн. На рис. 26, *а* и *б* представлены чертежи таких сопряжений в случае опирания балок настила соответственно на сплошную и сквозную колонны.

При сопряжении балок настила с главными в одном уровне крайние балки настила ячеек опираются на столики, приваренные к стенкам и полкам двутавров сплошных колонн или внутренним диафрагмам сквозных колонн. При монтаже они прикрепляются к ребрам колонн, расположенным выше столика, болтами нормальной точности диаметром 16–20 мм.

На рис. 27 и 28 представлены чертежи таких сопряжений:

- рис. 27, *а* – шарнирное сопряжение балки настила со сплошной колонной;
- рис. 27, *б* – жесткое сопряжение балок настила со сплошной колонной;
- рис. 28, *а* – шарнирное сопряжение балки настила со сквозной колонной;
- рис. 28, *б* – жесткое сопряжение балок настила со сквозной колонной.

Сопряжение вспомогательных балок с колоннами возможно в случае расположения их по осям в ячейках балочных клеток усложненного типа.

Прикрепление вспомогательных балок осуществляется через столики и ребра, приваренные к стенкам и полкам сплошных колонн или к диафрагмам оголовков сквозных колонн.

Чертежи таких сопряжений представлены на рис. 29 и 30:

- рис. 29, *а* – шарнирное сопряжение вспомогательной балки со сплошной колонной;

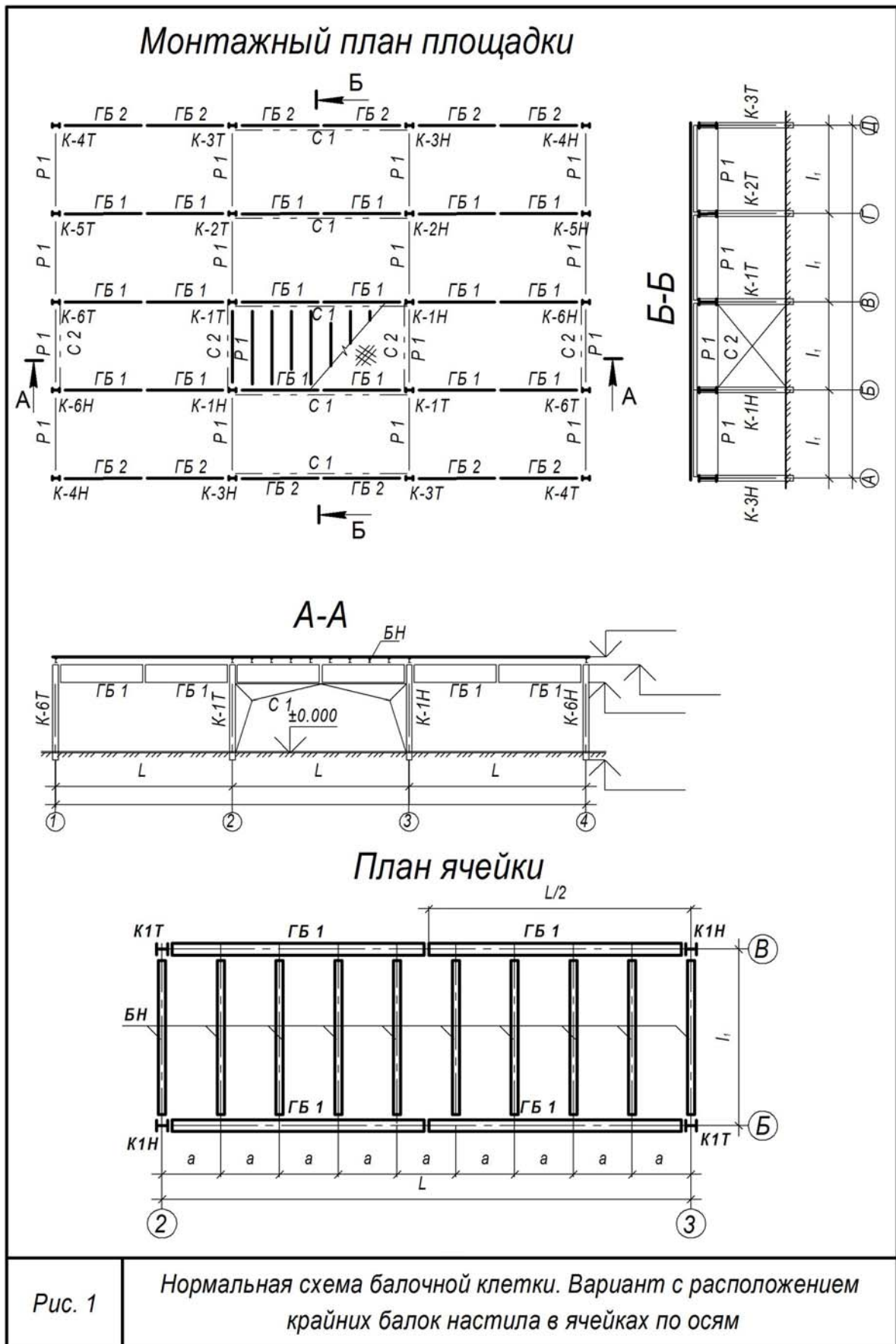
- рис. 29, б – жесткое сопряжение вспомогательной балки со сплошной колонной;
- рис. 30, а – шарнирное сопряжение вспомогательной балки со сквозной колонной;
- рис. 30, б – жесткое сопряжение вспомогательной балки со сквозной колонной.

Шарнирность или жесткость сопряжений балок настила или вспомогательных балок с колоннами может быть обеспечена теми же приемами, что и в соответствующих сопряжениях этих балок с главными балками (рис. 13–15).

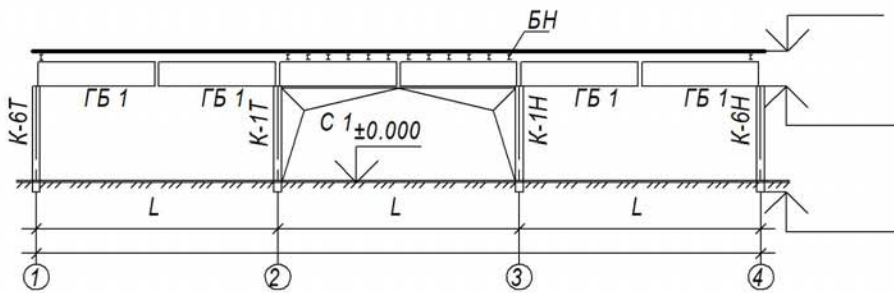
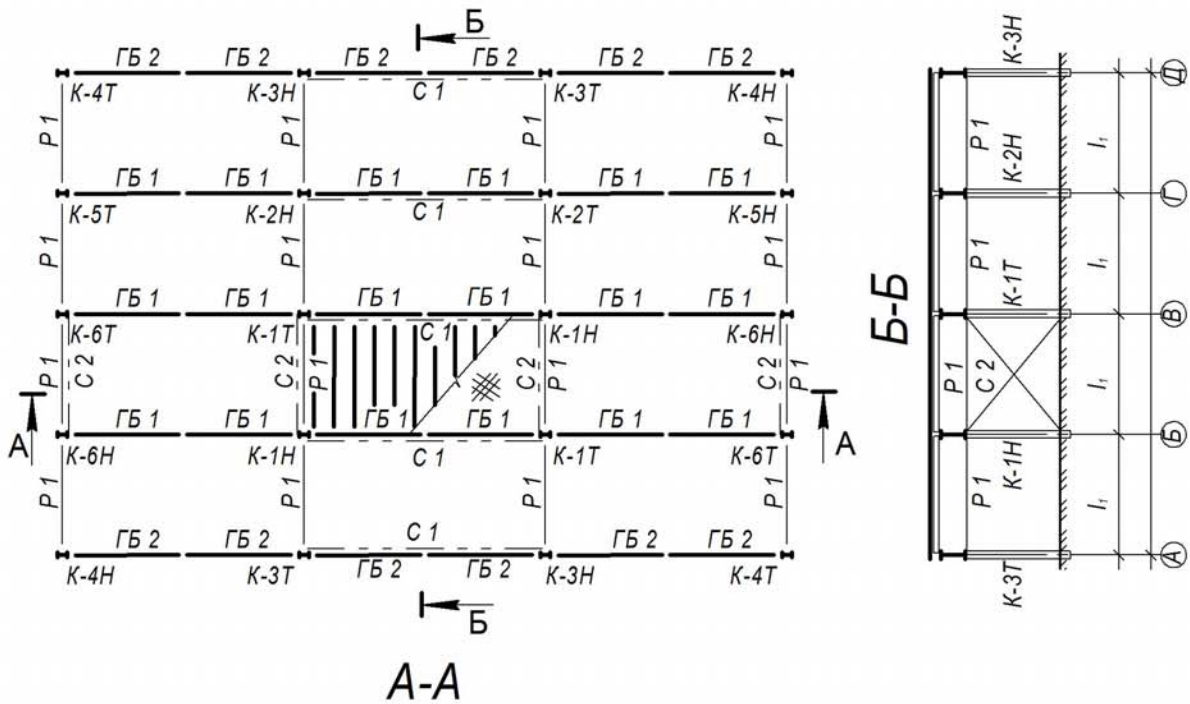
### Вопросы для самоконтроля

1. Когда целесообразно применять узел сопряжения главных балок с колоннами в виде опирания сверху?
2. Когда применяются в сплошных колоннах под плитой оголовка утолщенная стенка и парные вертикальные ребра?
3. Когда применяются в сквозных колоннах под плитой оголовка только диафрагма и диафрагма с парными вертикальными ребрами?
4. Назначение и расположение болтов в случаях опирания главных балок на колонны сверху.
5. Чем определяется применение узлов сопряжения в виде примыкания главных балок к колоннам сбоку?
6. Прикрепление главных балок к колоннам в случаях примыкания балок сбоку.
7. Расположение и назначение опорных столиков оголовков колонн при примыкании главных балок сбоку.
8. Расположение и назначение болтов при шарнирном примыкании главных балок сбоку.
9. Когда возможно сопряжение балок настила с колоннами?
10. На какой элемент оголовка опираются балки настила в случае этажного сопряжения балок?
11. На какой элемент оголовка опираются балки настила в случае сопряжения балок настила с главными балками в одном уровне?
12. Как осуществляется шарнирное и жесткое прикрепление балок настила к колоннам?
13. В каких случаях имеет место сопряжение вспомогательных балок с колоннами?
14. Как осуществляется шарнирное и жесткое прикрепление вспомогательных балок к колоннам?

## РАЗДЕЛ II



## Монтажный план площадки



## План ячейки

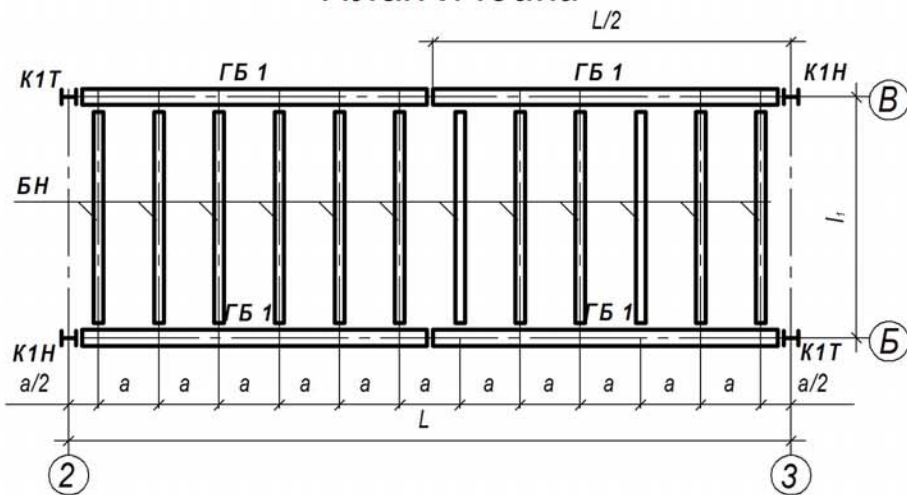
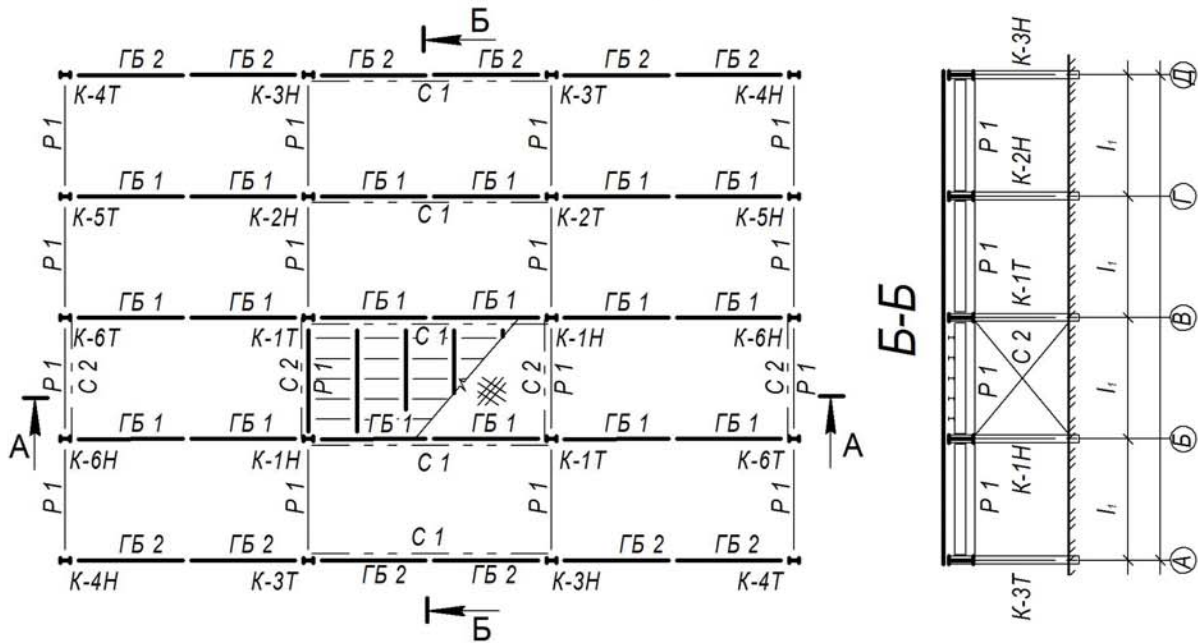


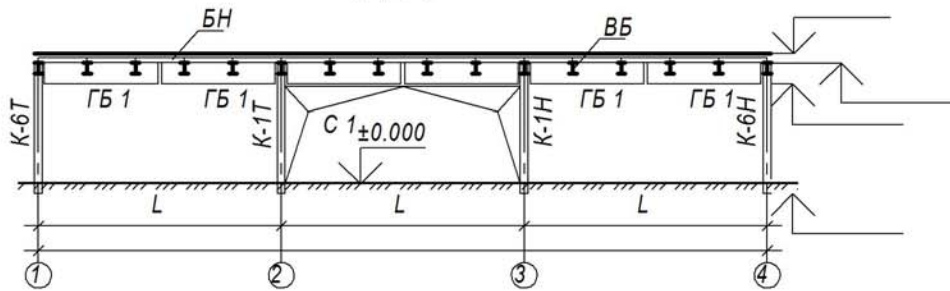
Рис. 2

Нормальная схема балочной клетки. Вариант со смещением крайних балок настила в ячейках с осями на полшага

### Монтажный план площадки



### A-A



### План ячейки

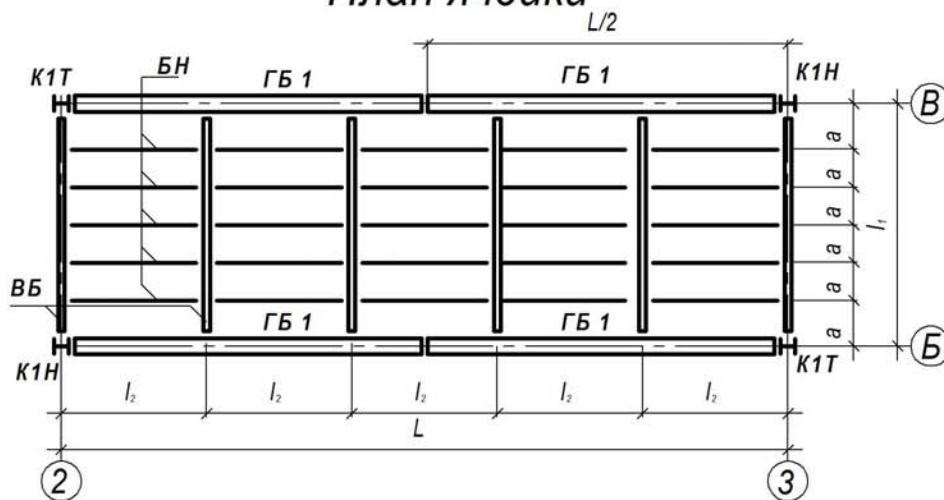
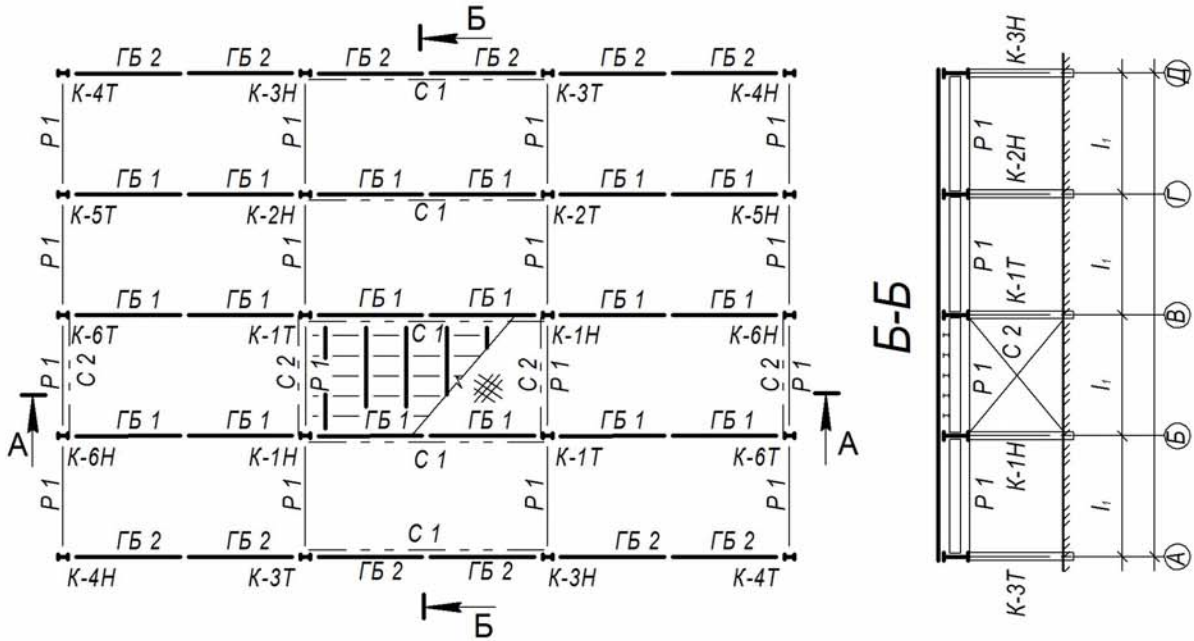


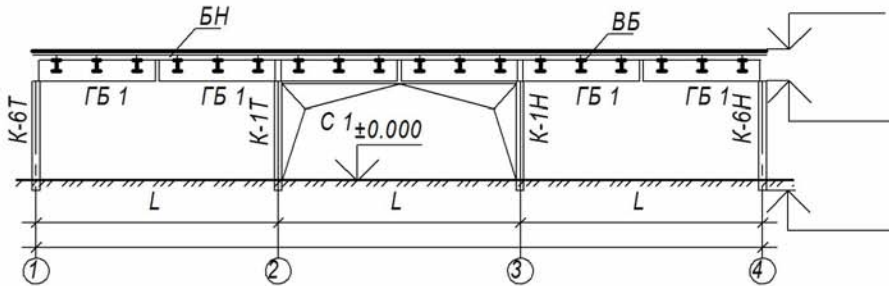
Рис. 3

Усложненная схема балочной клетки. Вариант с расположением крайних вспомогательных балок в ячейках по осям

### Монтажный план площадки



### А-А



### План ячейки

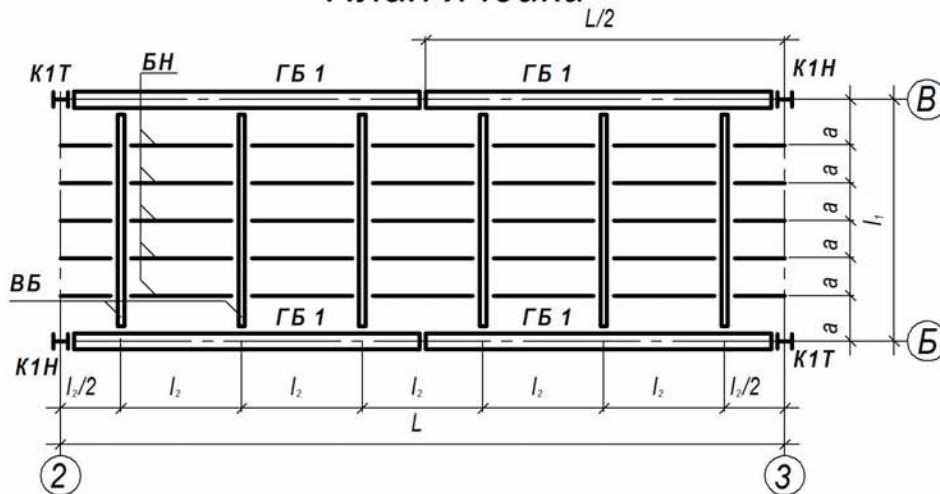


Рис. 4

Усложненная схема балочной клетки. Вариант со смещением крайних вспомогательных балок в ячейках с осей на полшага

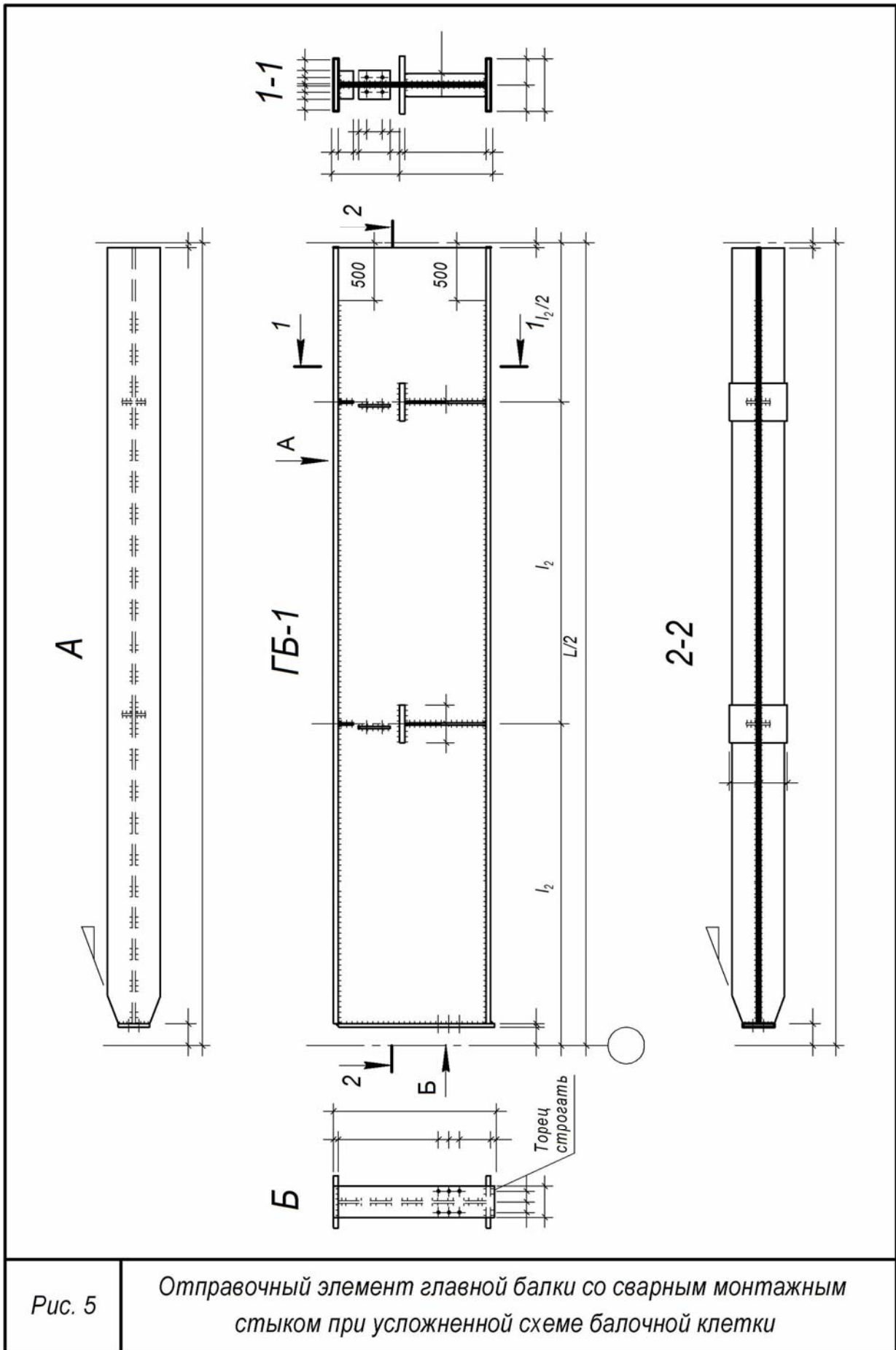


Рис. 5

Отправочный элемент главной балки со сварным монтажным стыком при усложненной схеме балочной клетки

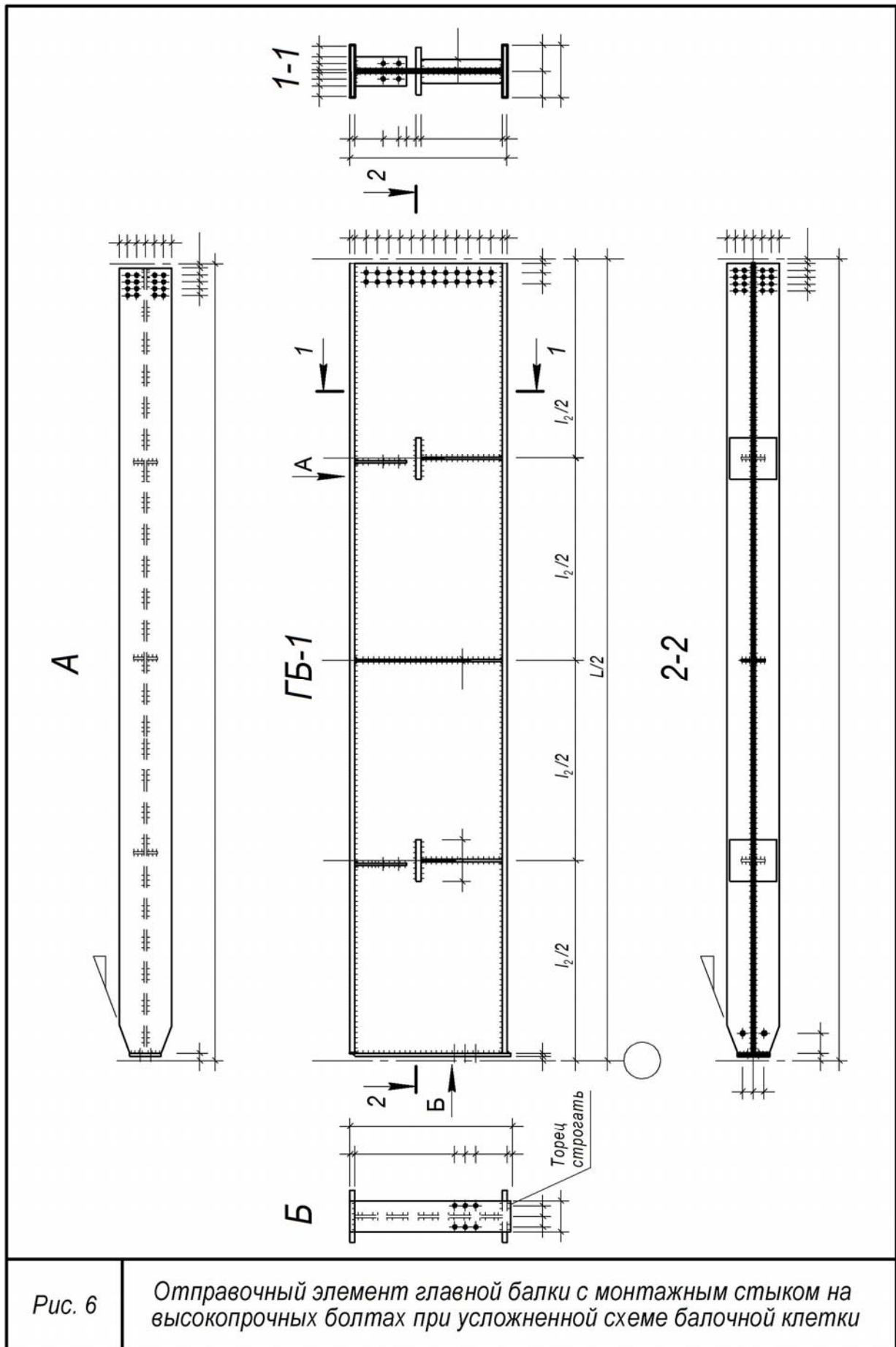


Рис. 6

Отправочный элемент главной балки с монтажным стыком на высокопрочных болтах при усложненной схеме балочной клетки

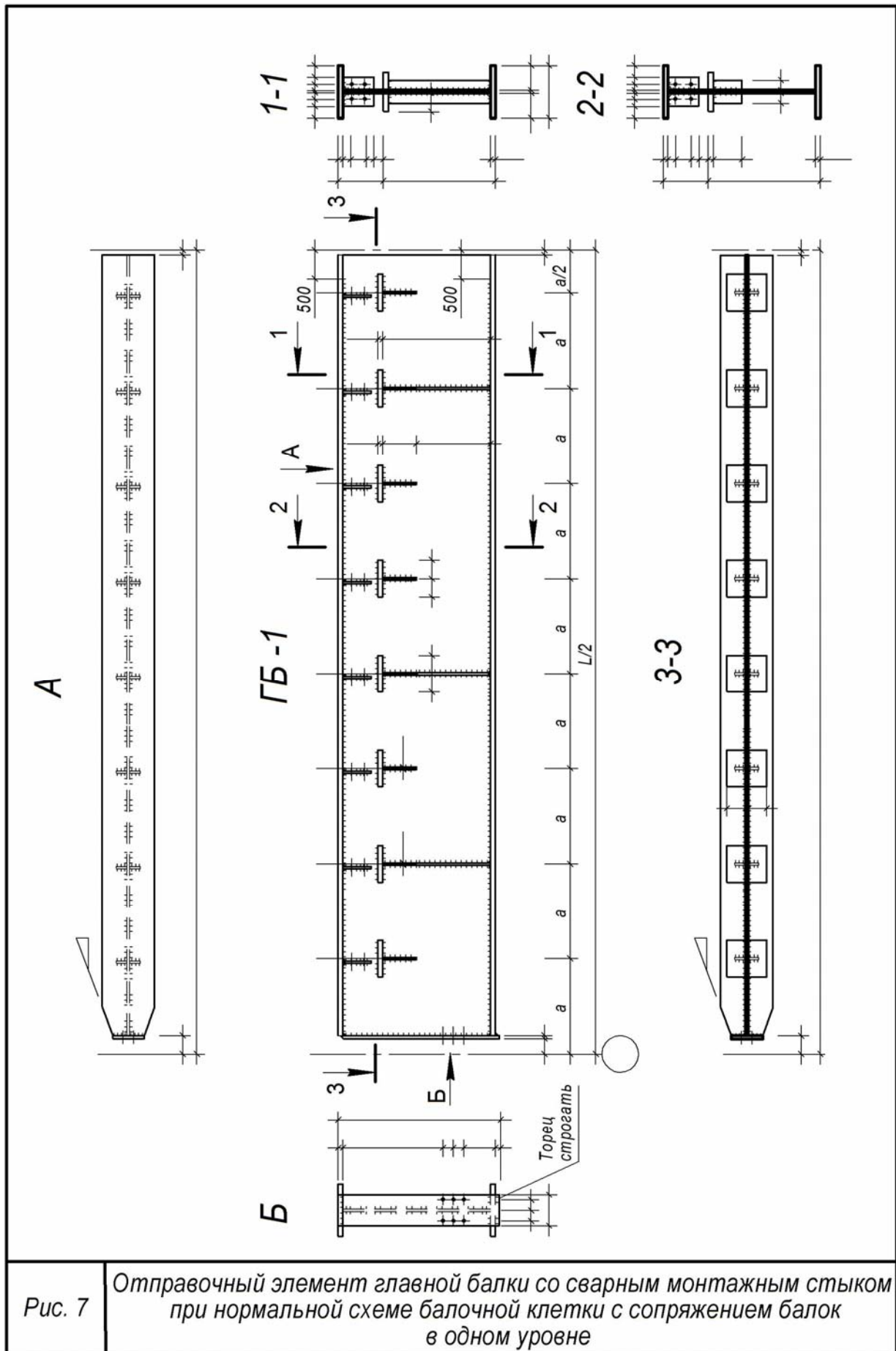


Рис. 7

Отправочный элемент главной балки со сварным монтажным стыком при нормальной схеме балочной клетки с сопряжением балок в одном уровне

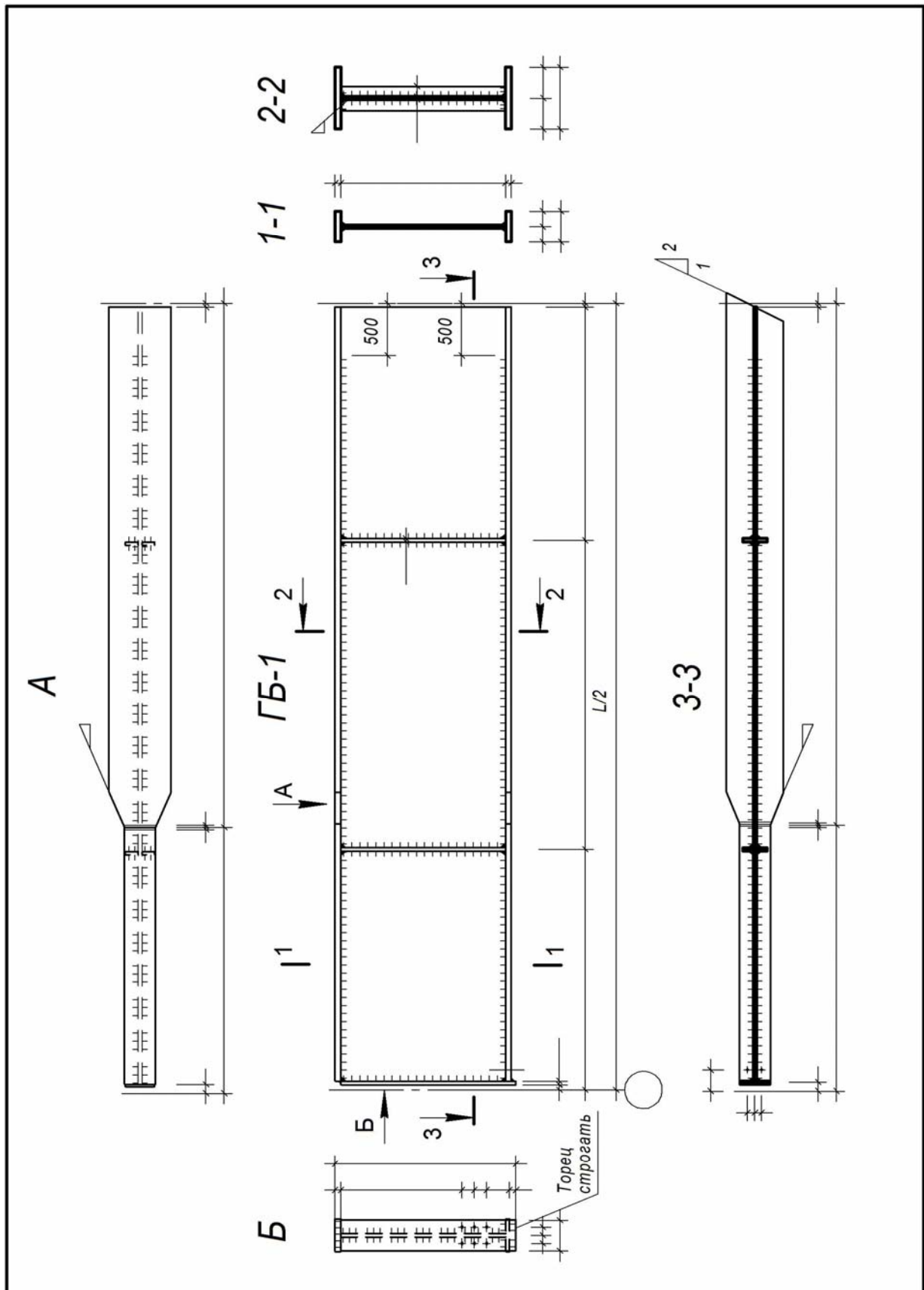


Рис. 8

Отправочный элемент главной балки с изменением сечений поясов при нормальной схеме балочной клетки с этажным сопряжением балок

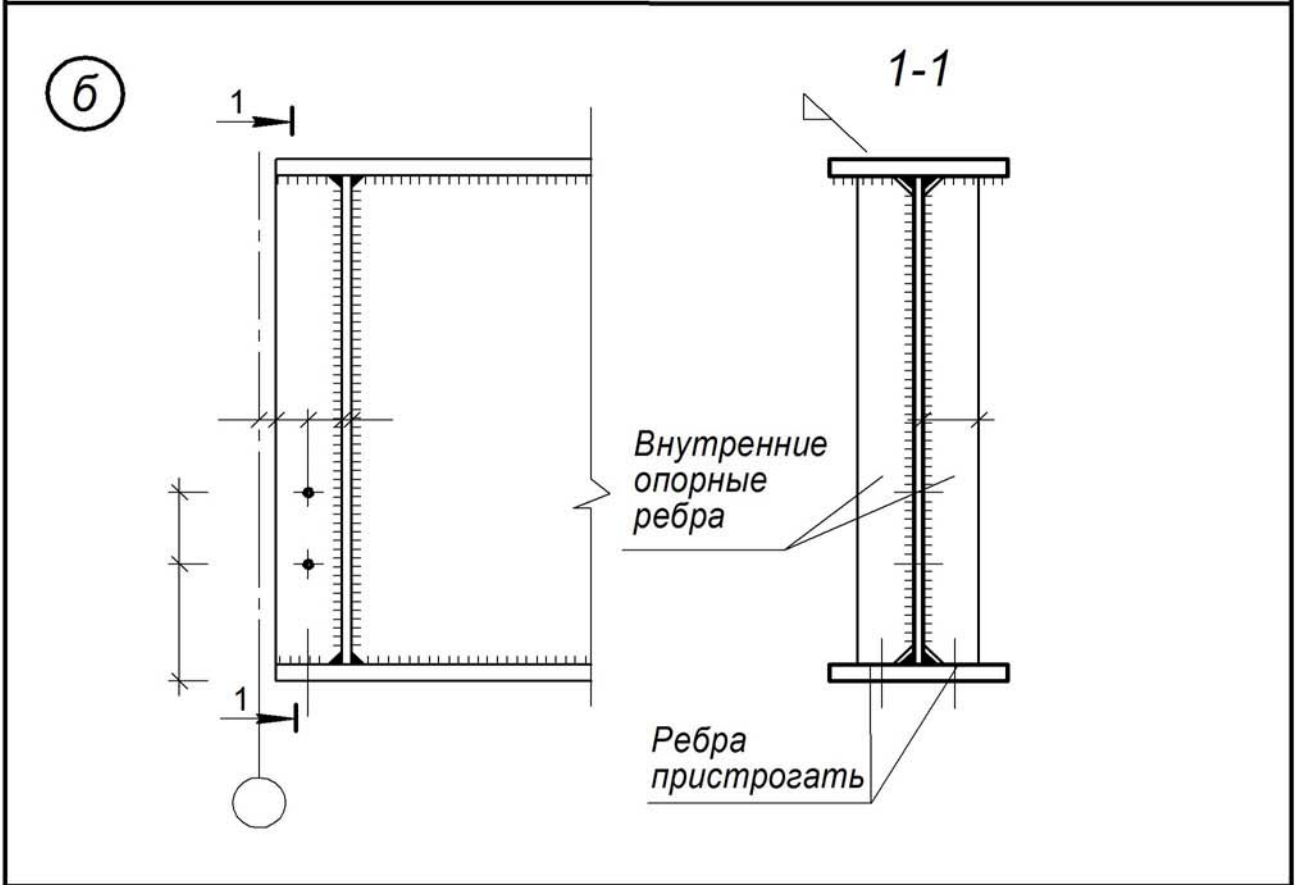
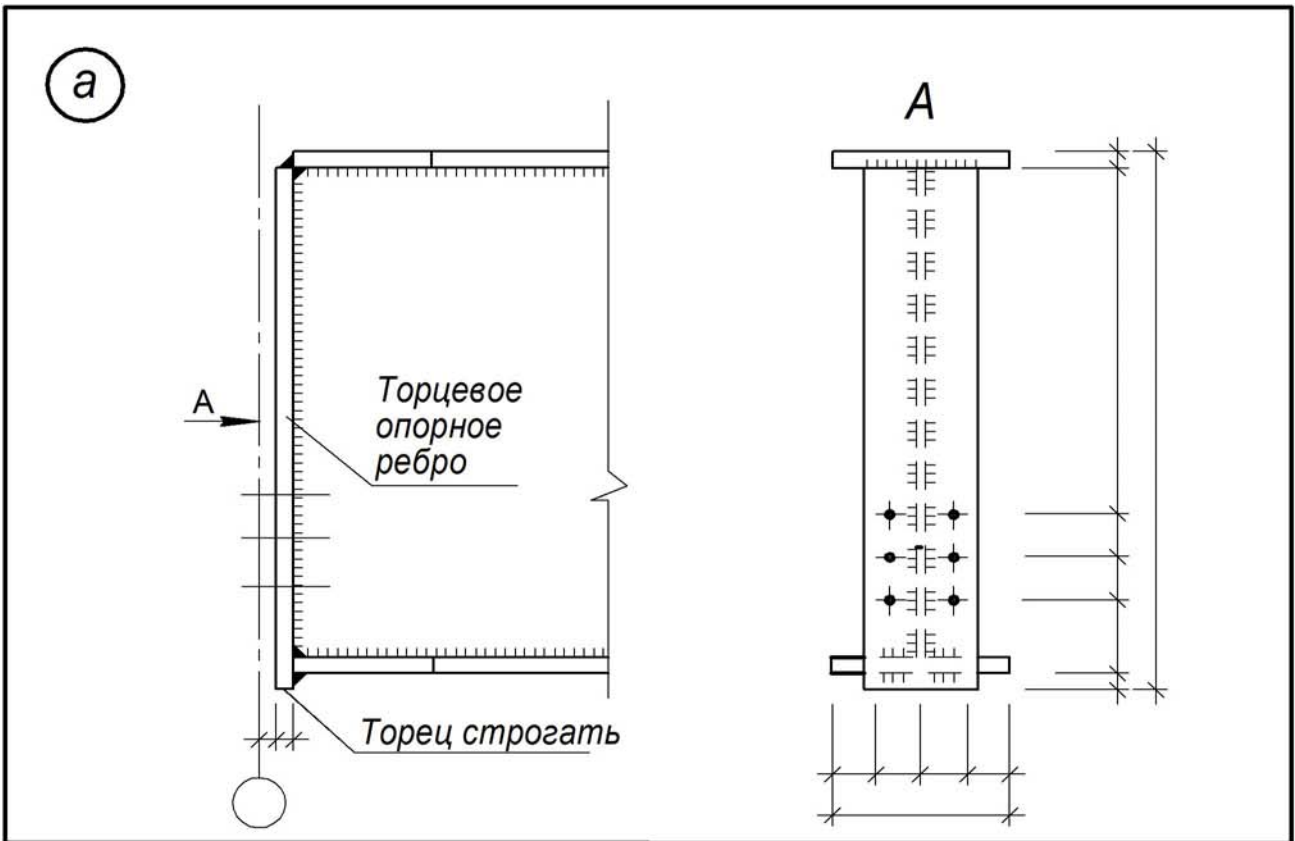
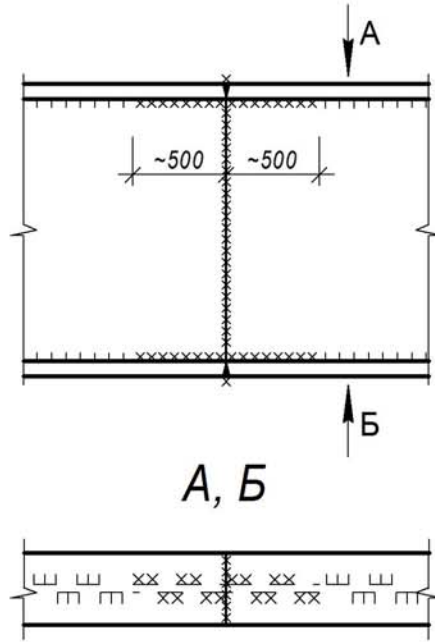


Рис. 9

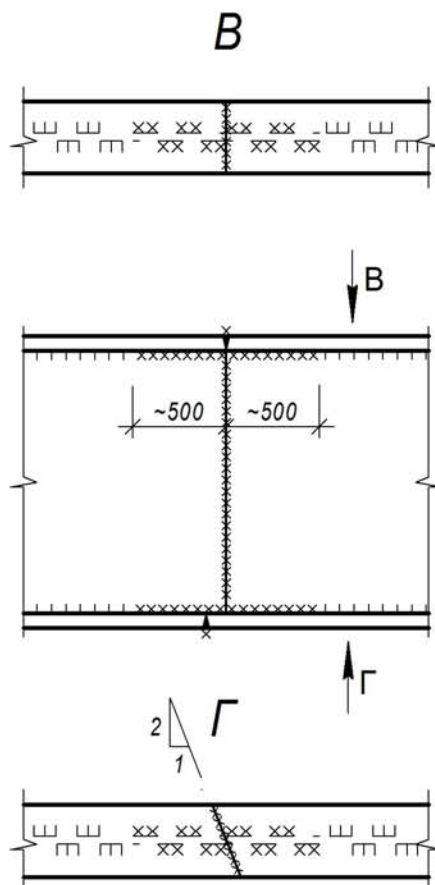
Варианты опорных частей главных балок

а



А, Б

б



Г

Рис. 10

Варианты монтажных сварных стыков главных балок

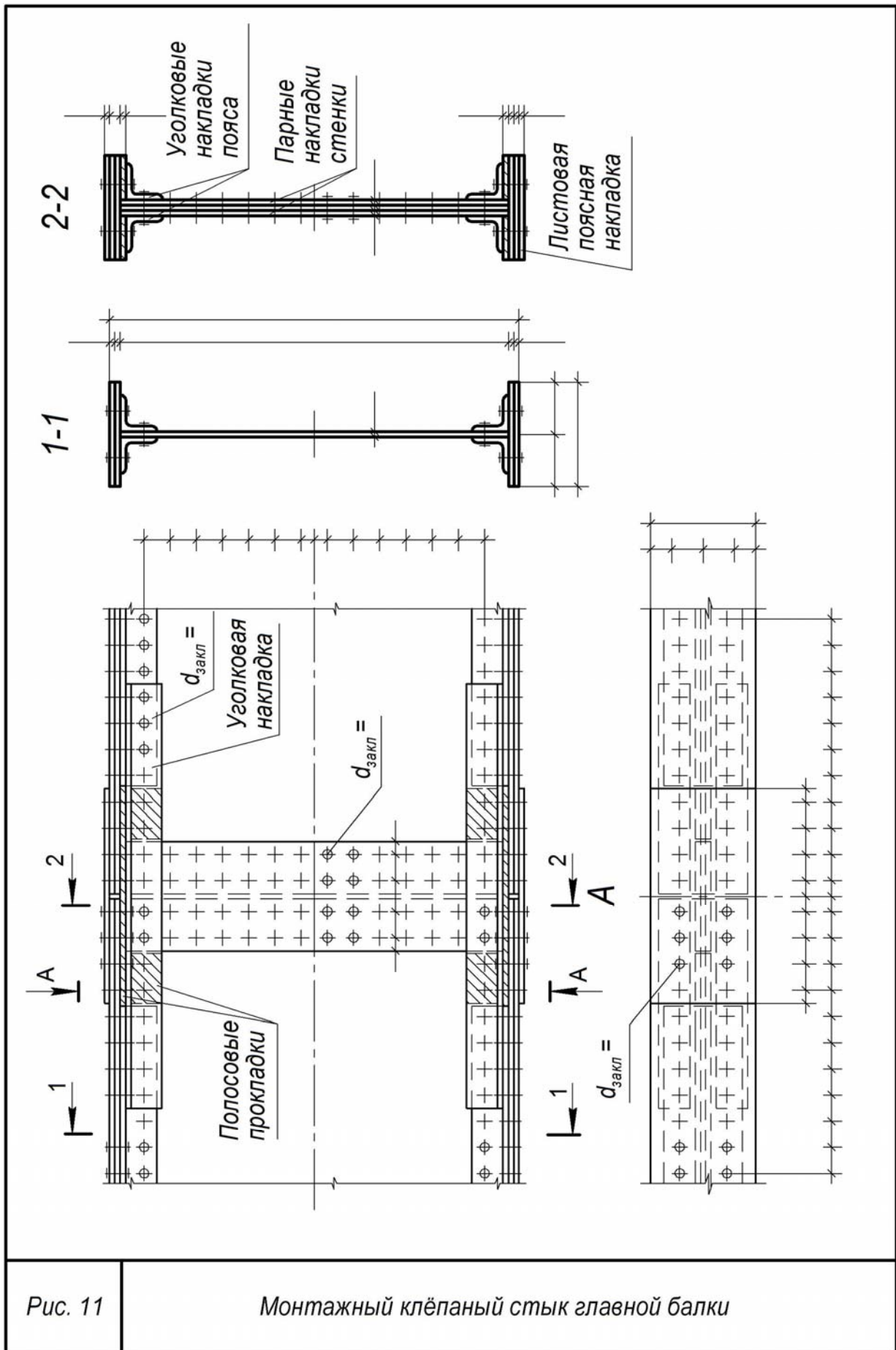


Рис. 11

Монтажный клёпанный стык главной балки

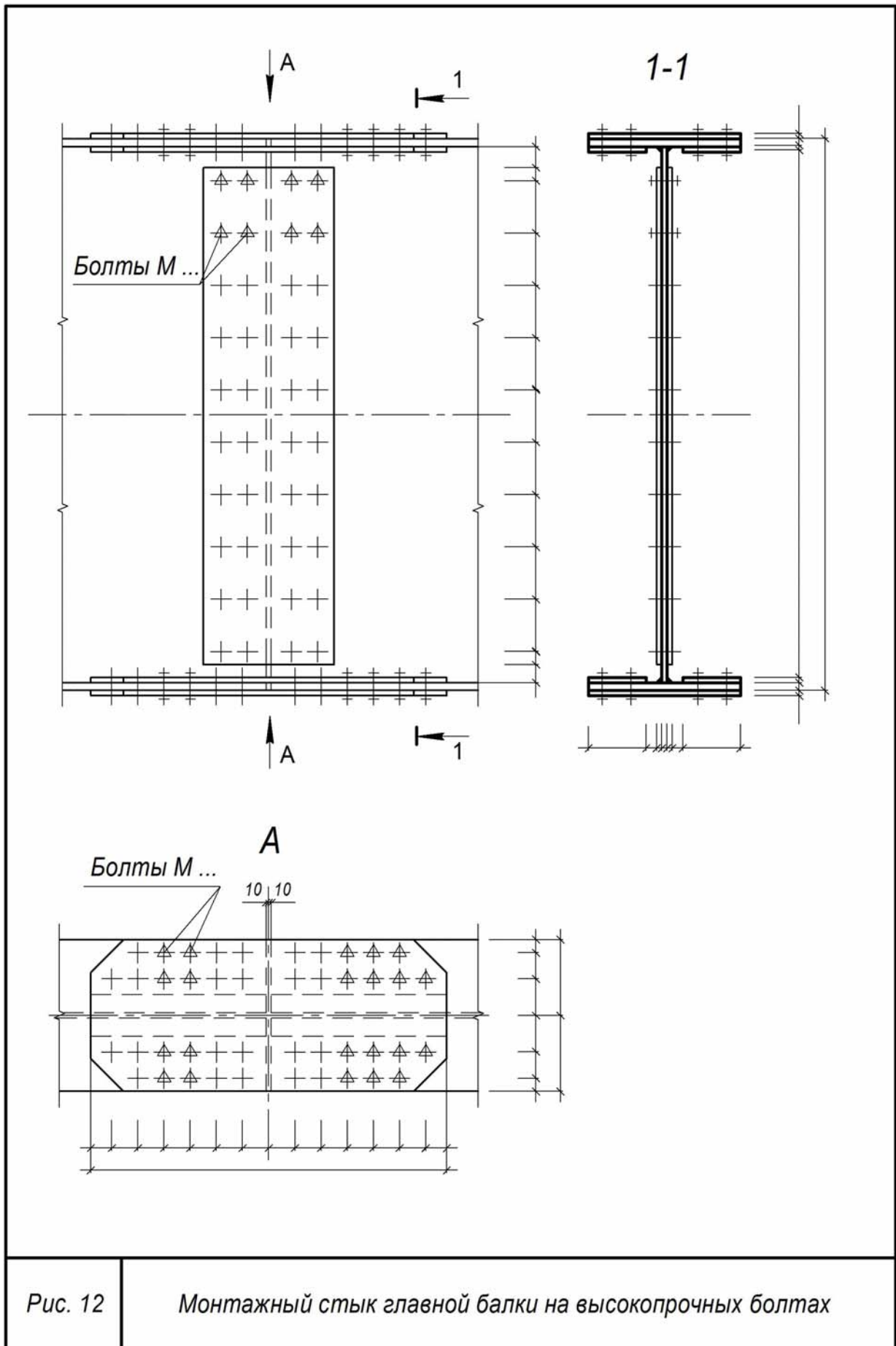
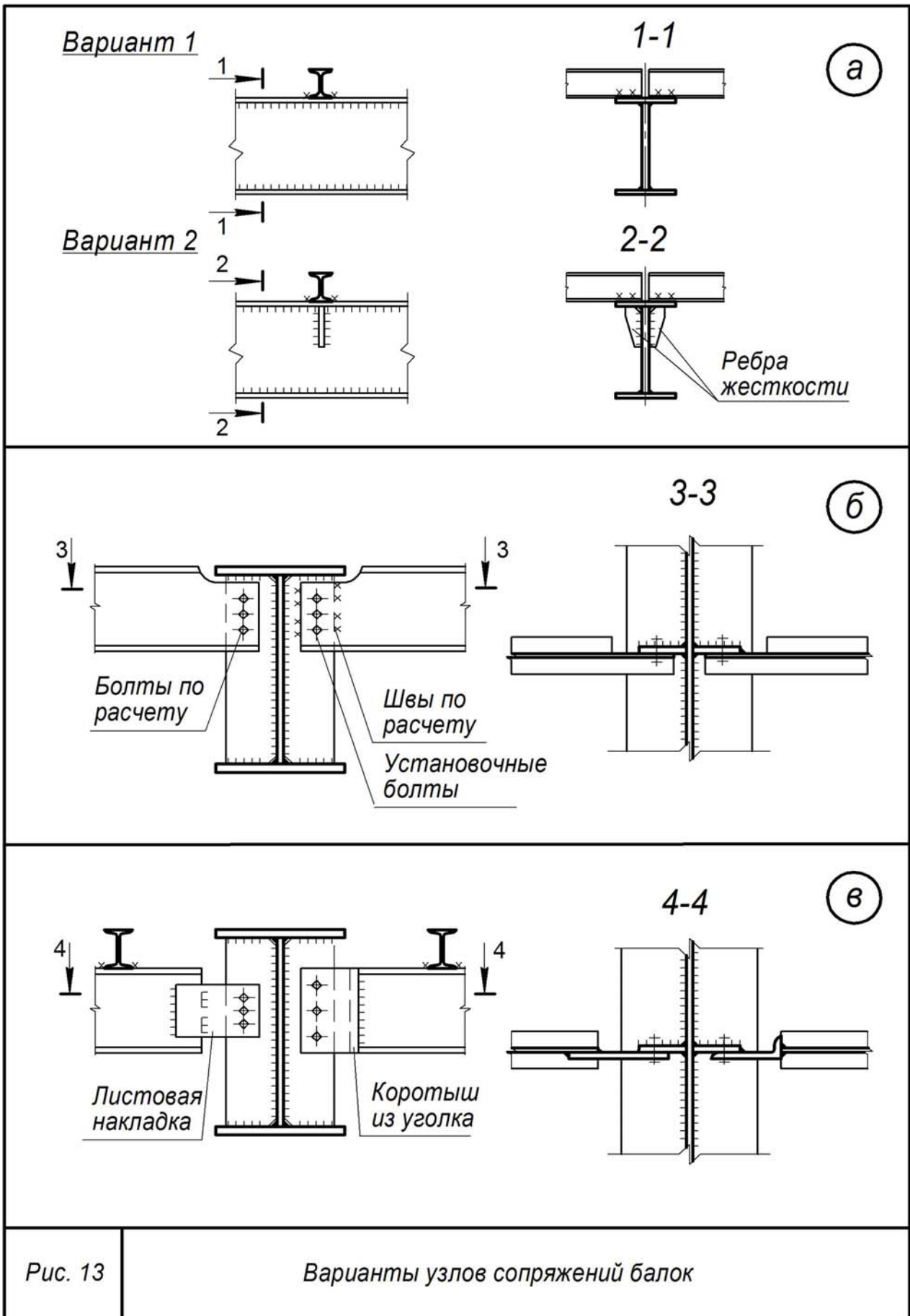


Рис. 12

Монтажный стык главной балки на высокопрочных болтах



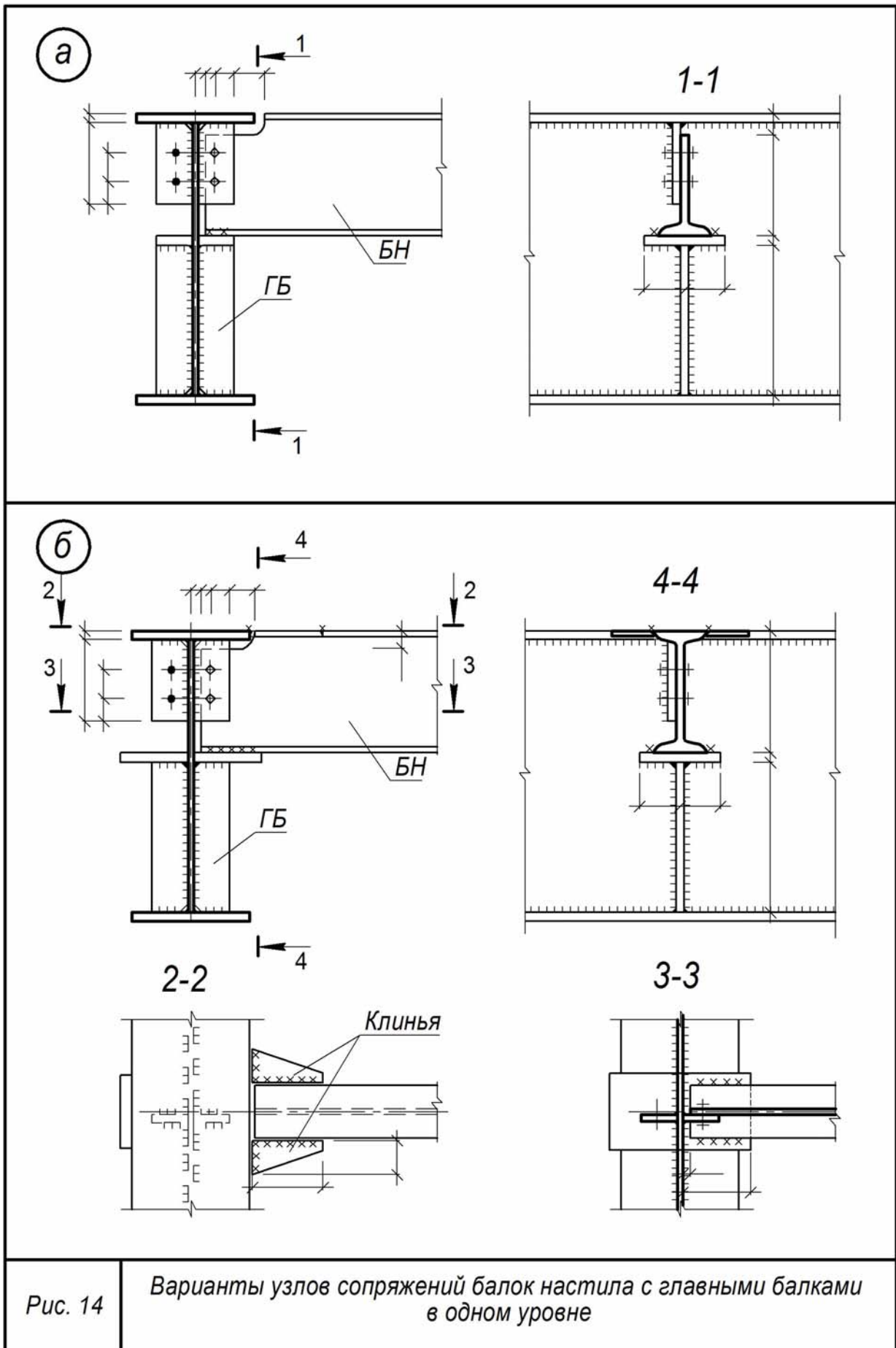


Рис. 14

Варианты узлов сопряжений балок настила с главными балками в одном уровне

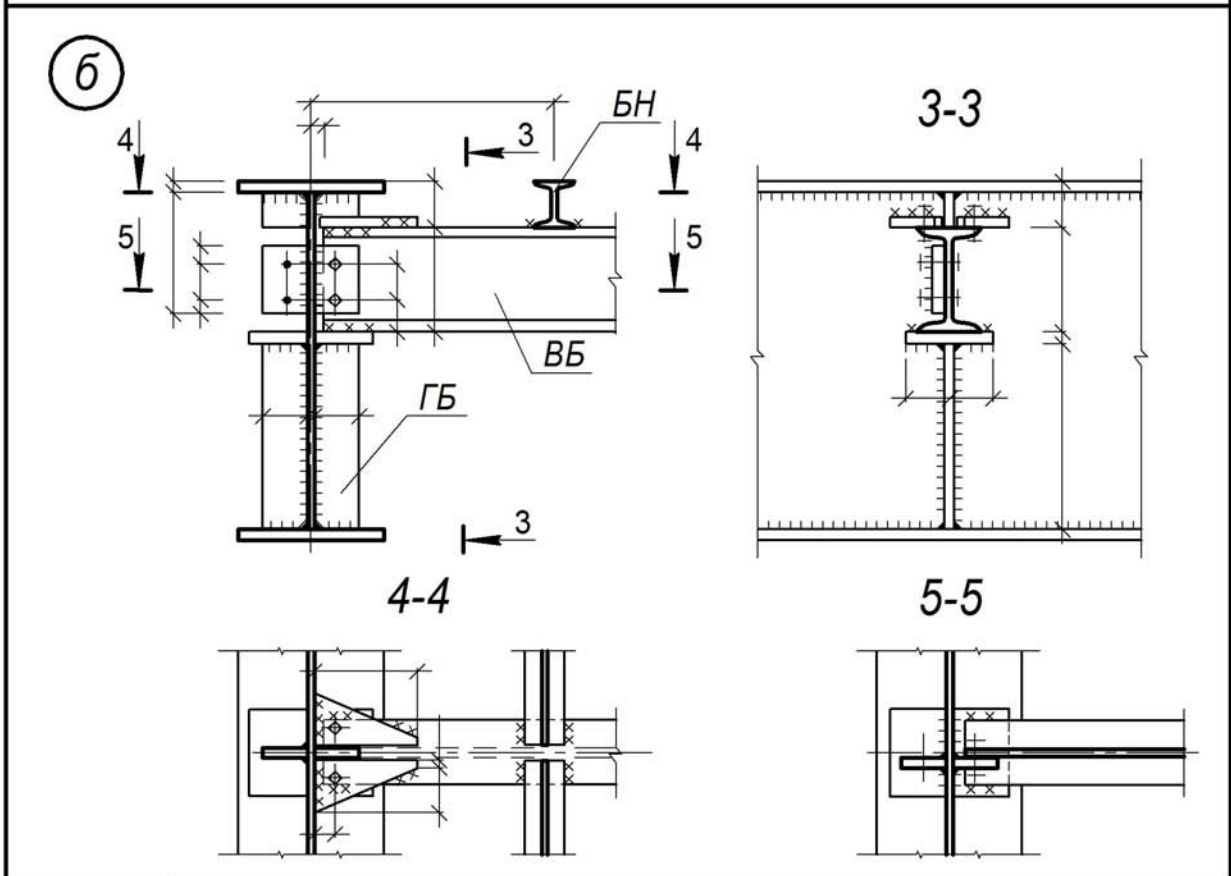
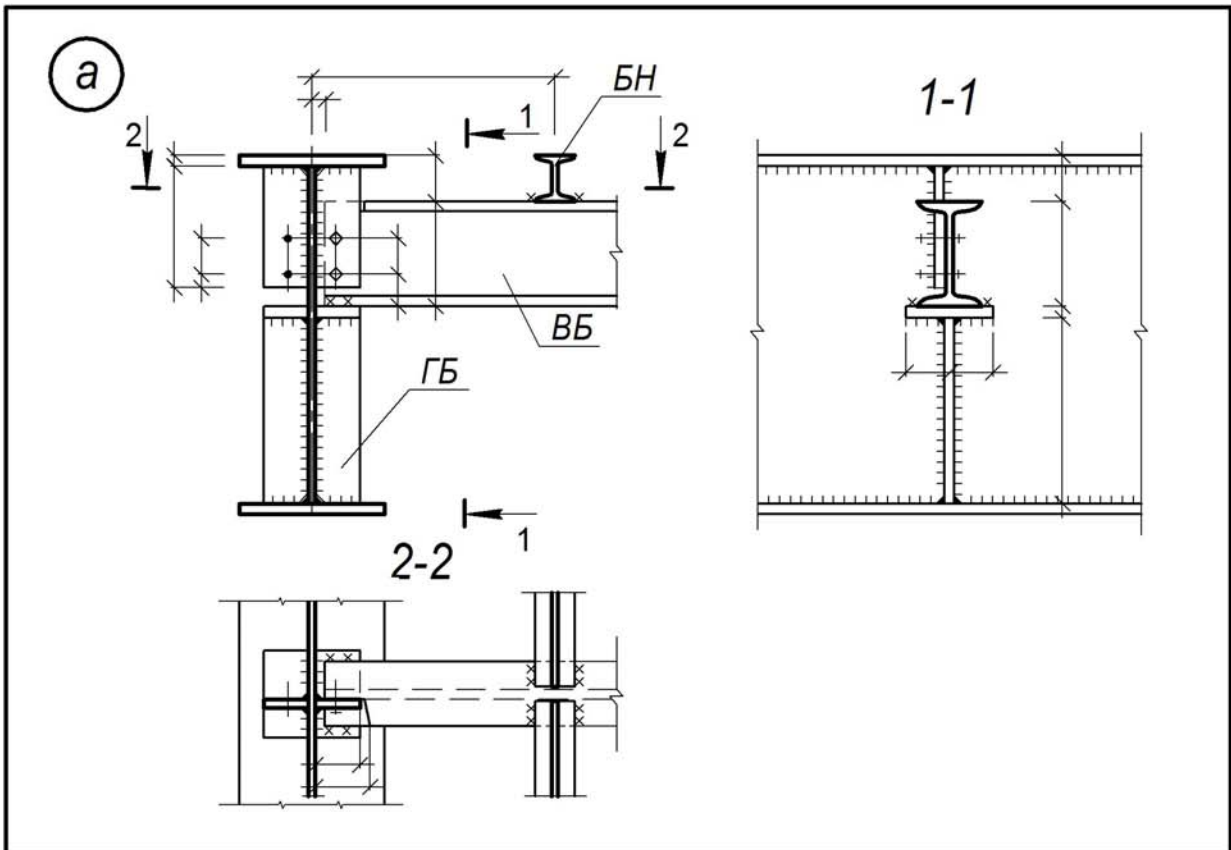


Рис. 15

Варианты узлов пониженного сопряжения  
вспомогательных балок с главными

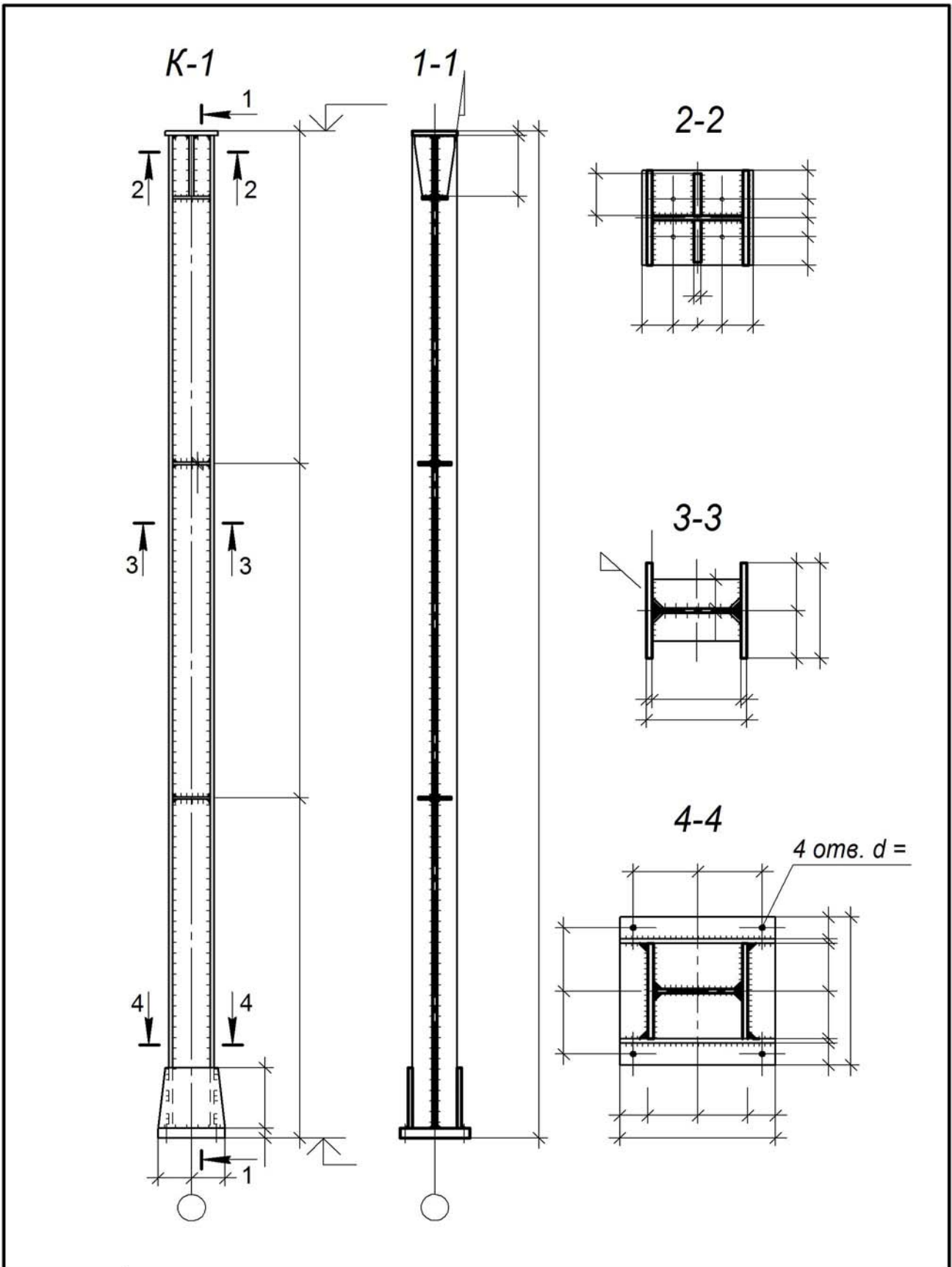


Рис. 16

Сплошная колонна с оголовком для опирания главных балок сверху

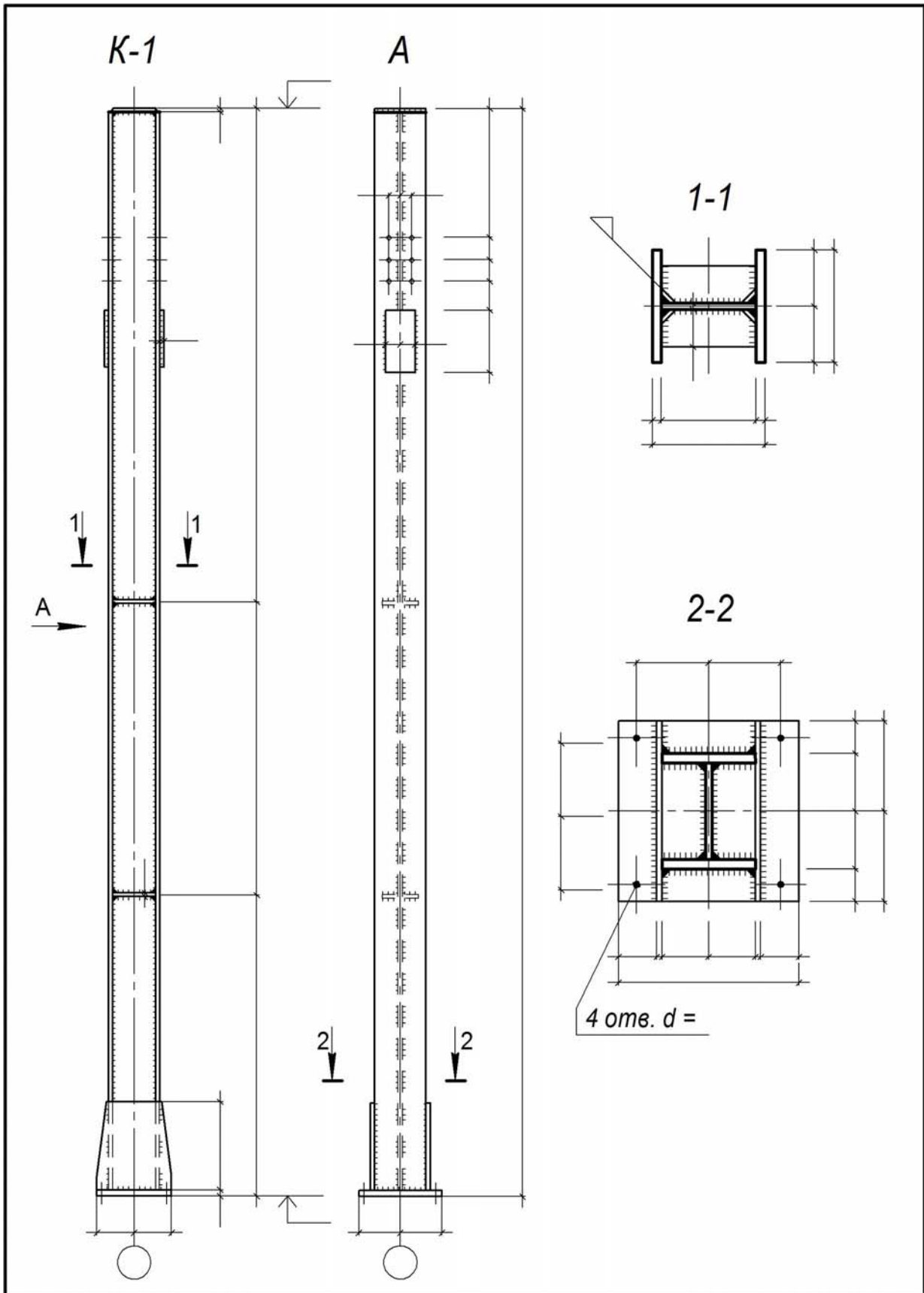


Рис. 17

Сплошная колонна с оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа с этажным сопряжением балок

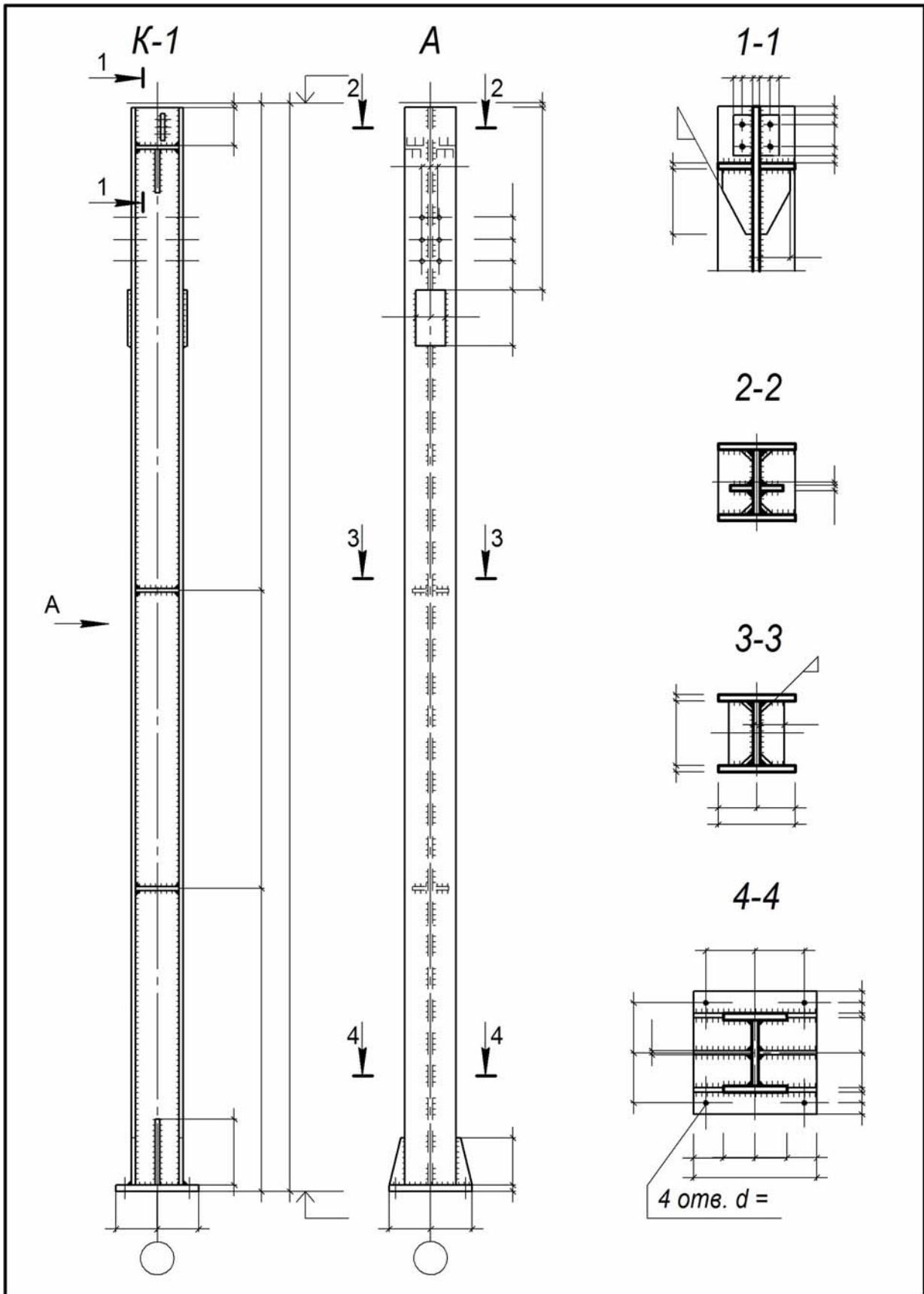


Рис. 18 Сплошная колонна с оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне

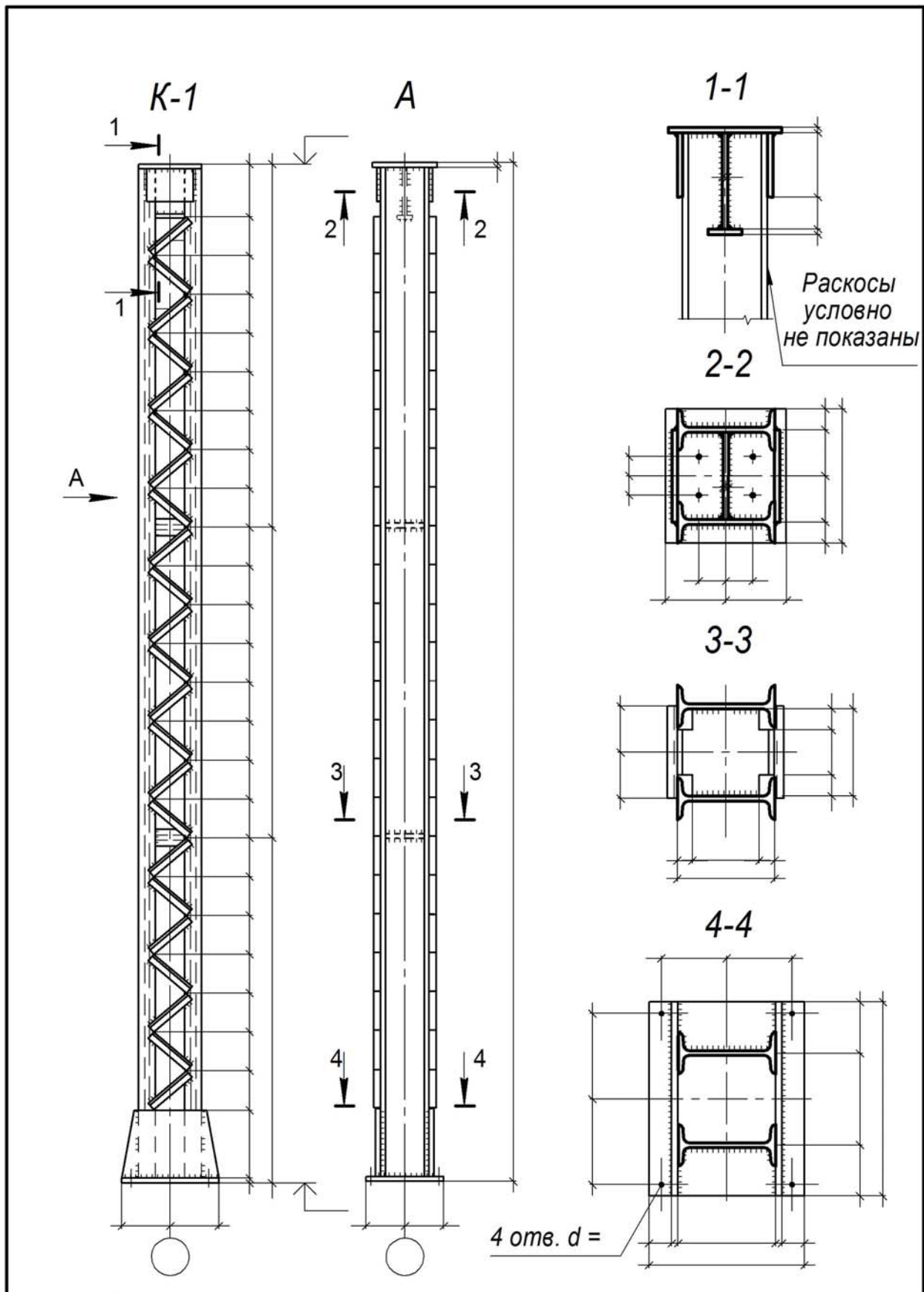
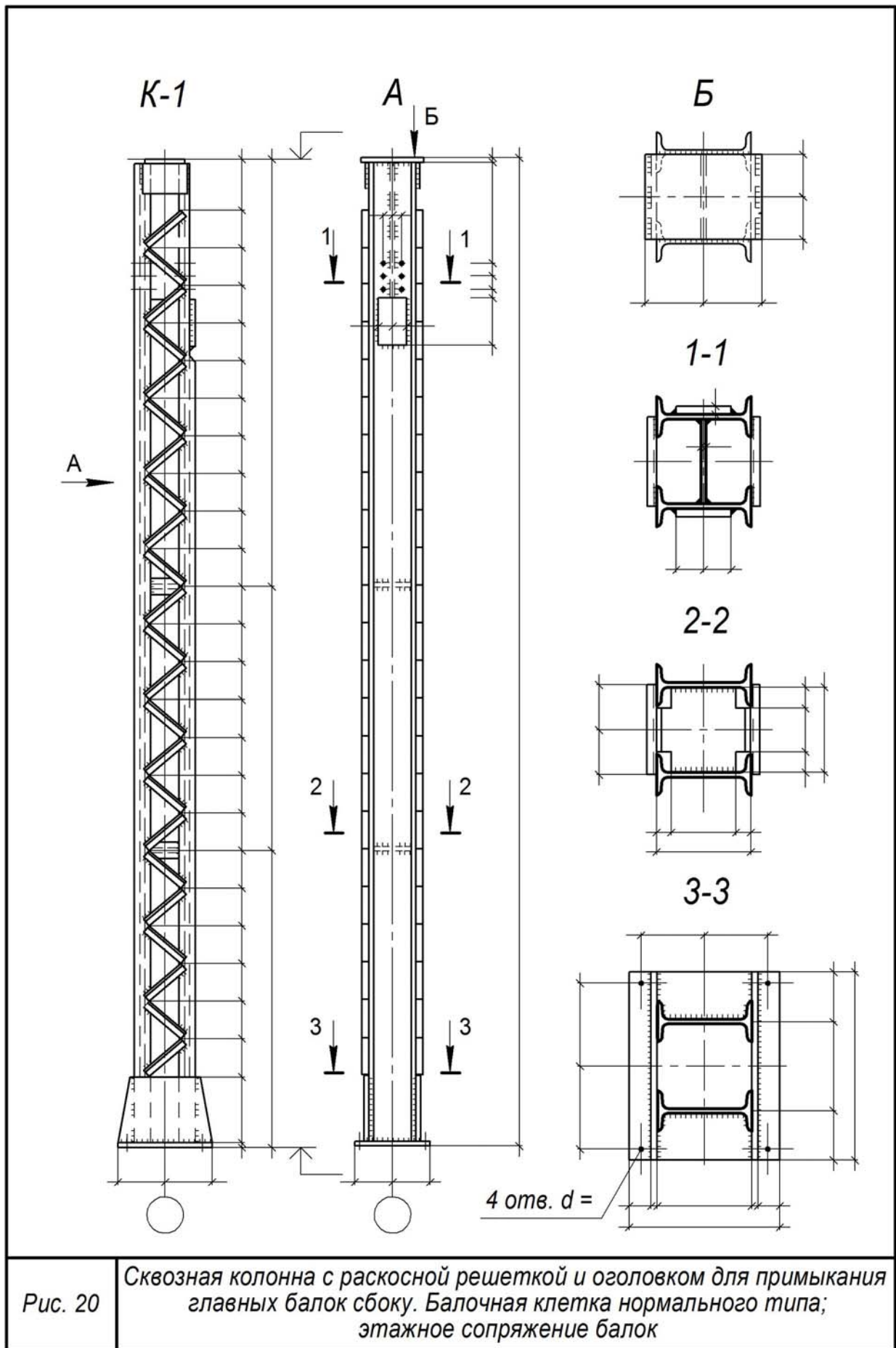


Рис. 19

Сквозная колонна с раскосной решеткой и оголовком для опирания главных балок сверху



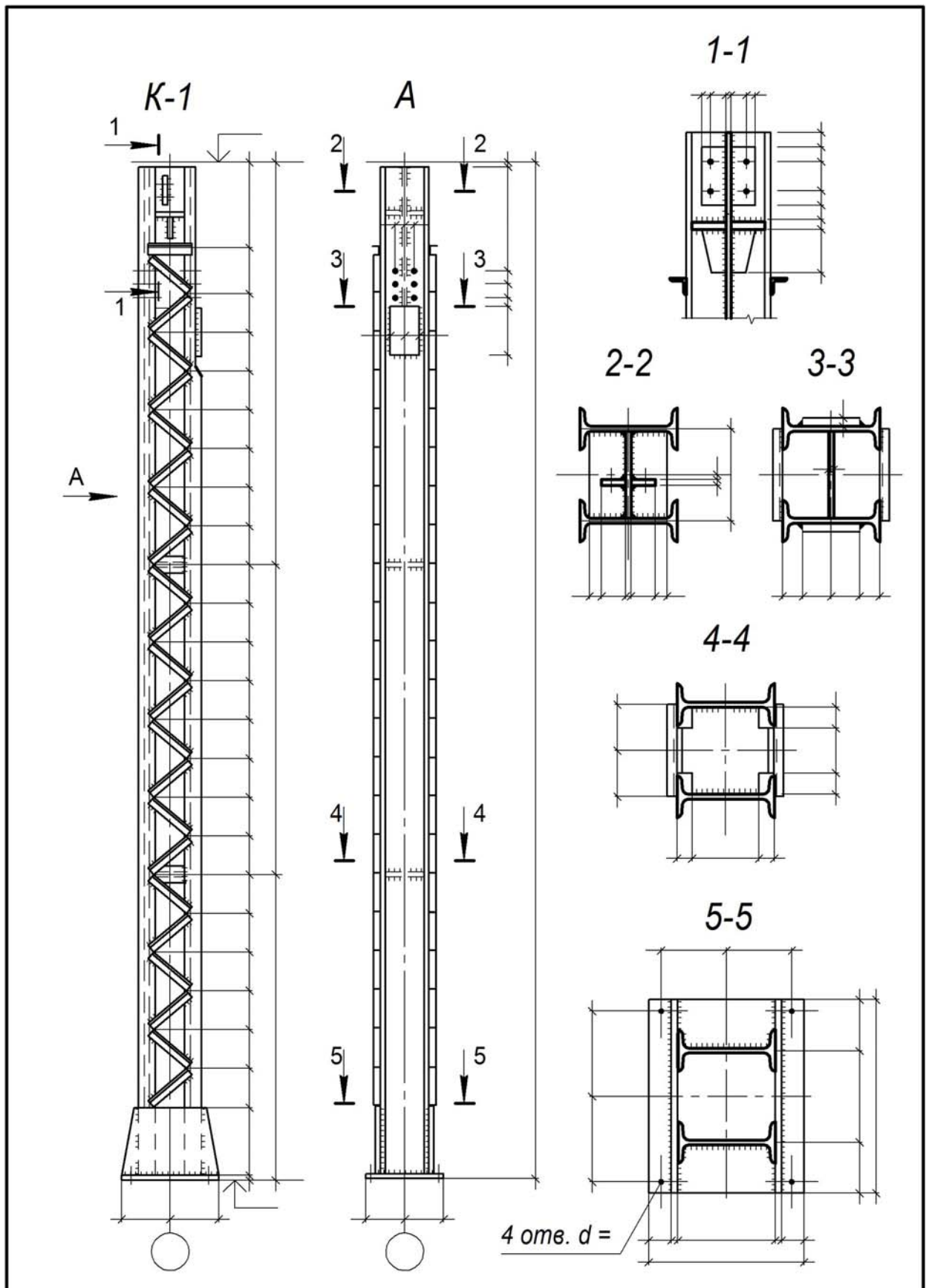


Рис. 21

Сквозная колонна с раскосной решеткой и оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне

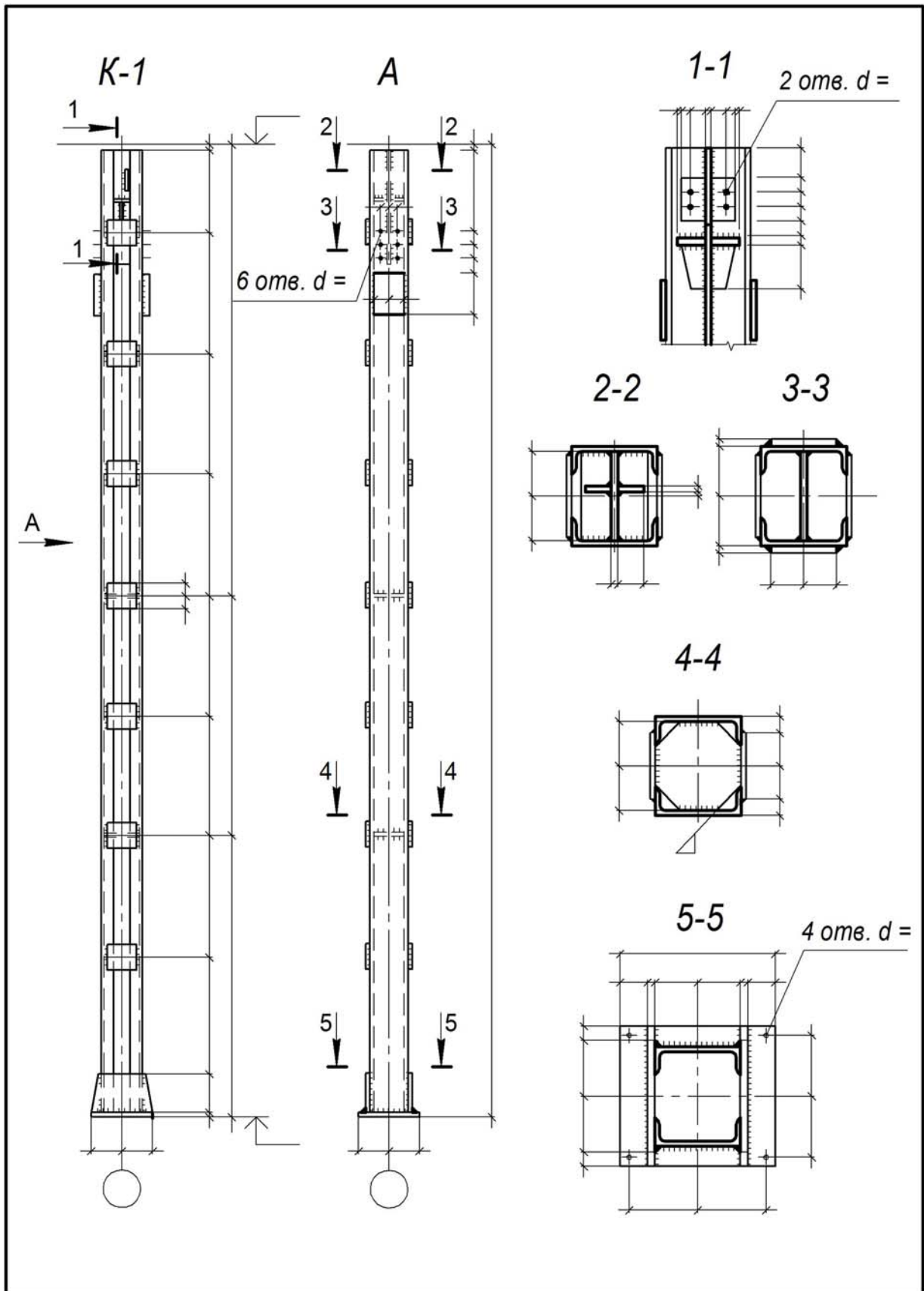
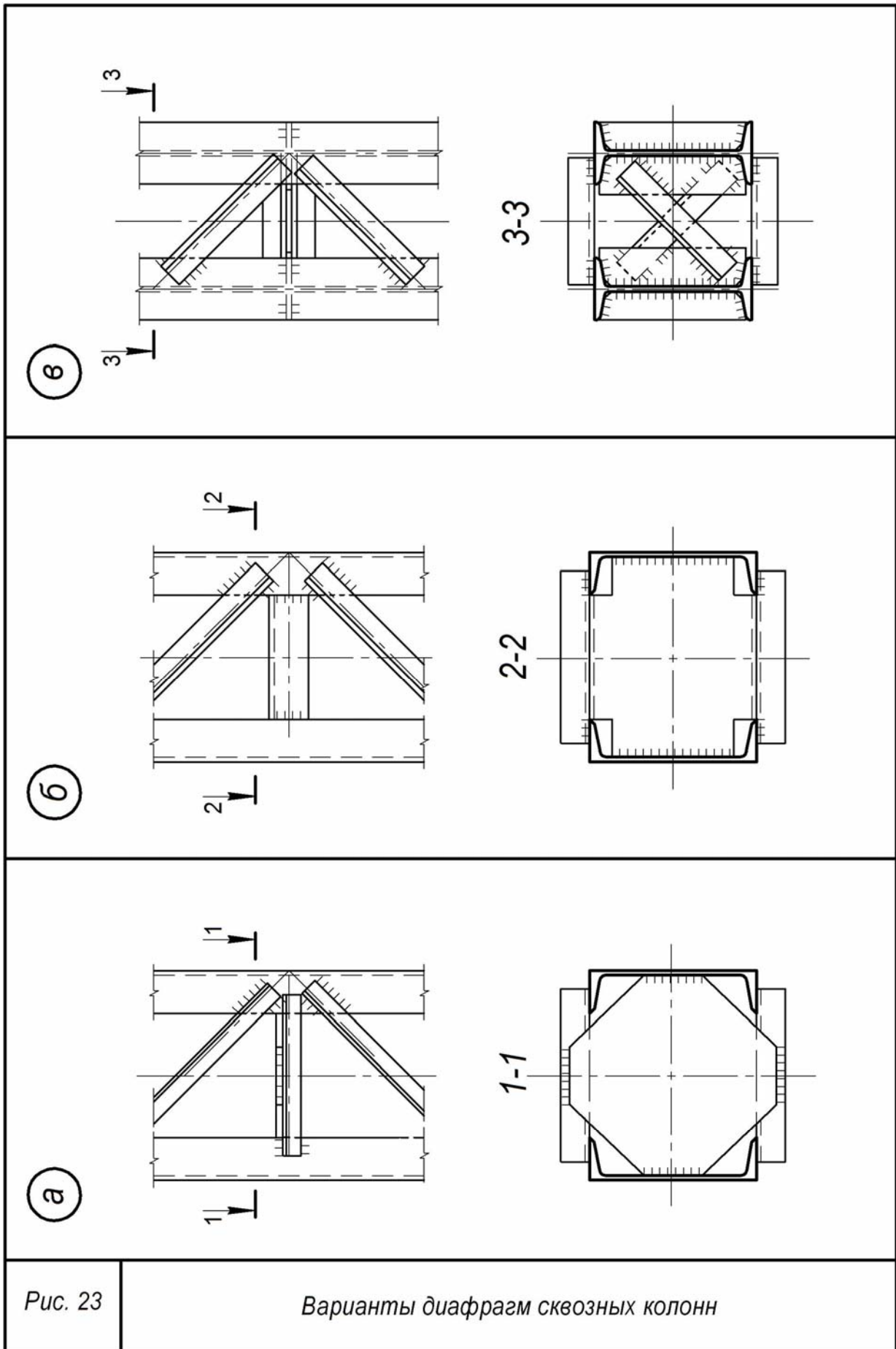


Рис. 22

Сквозная колонна с планками и оголовком для примыкания главных балок сбоку. Балочная клетка нормального типа; сопряжение балок в одном уровне



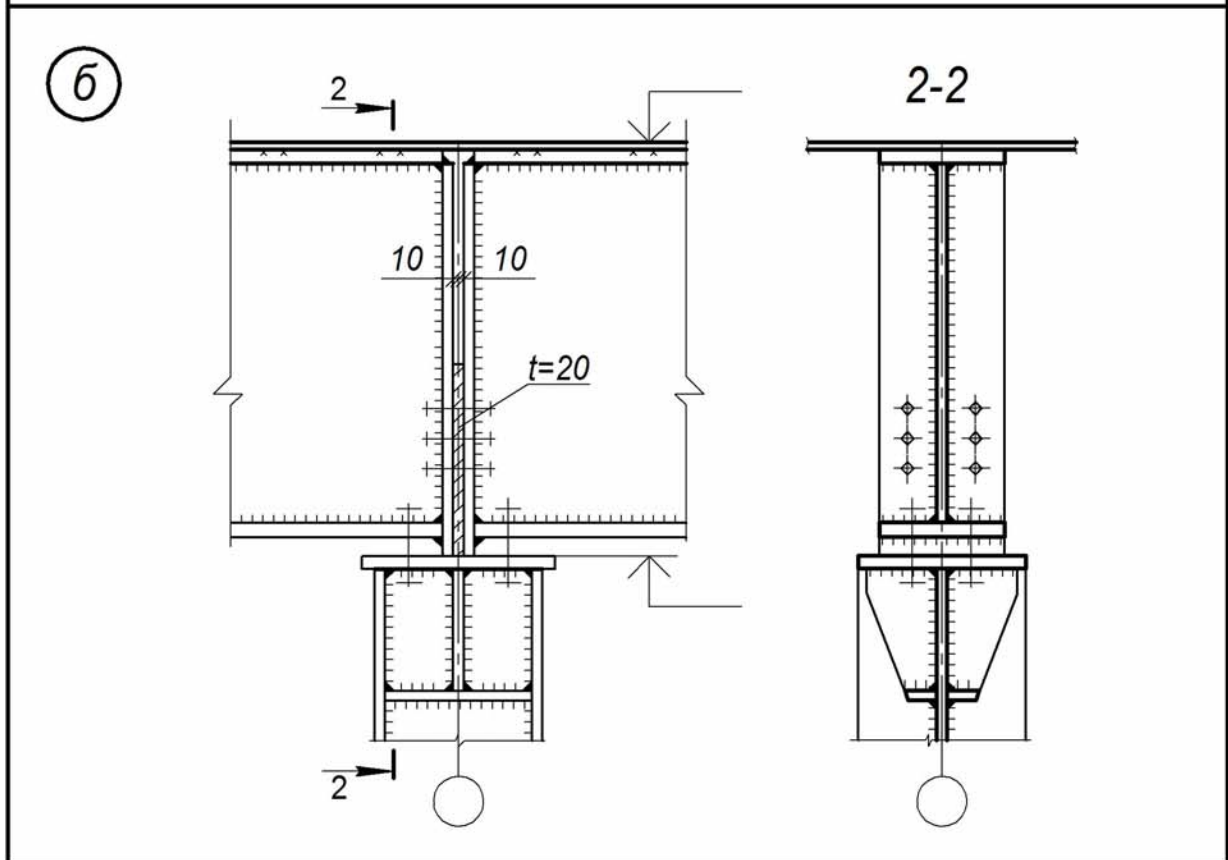
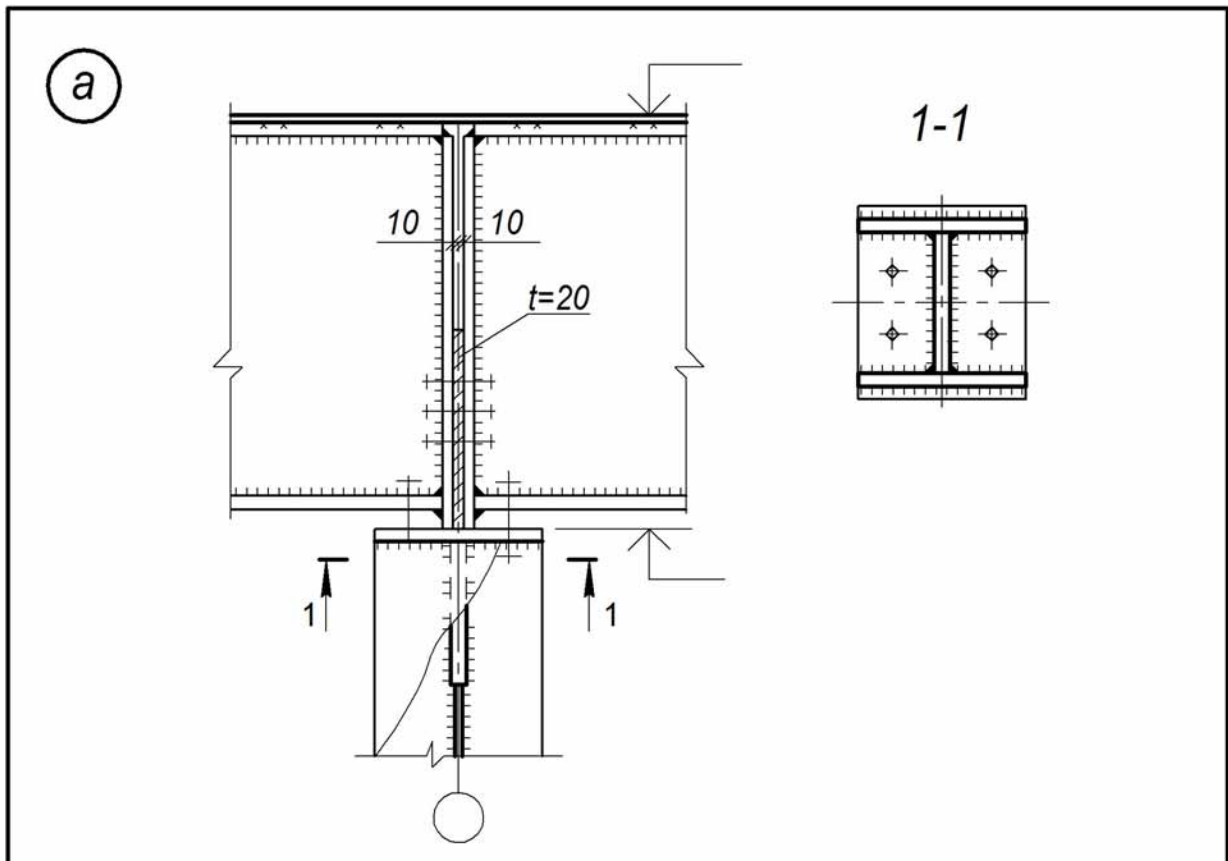


Рис. 24

Узлы опирания главных балок на сплошные колонны

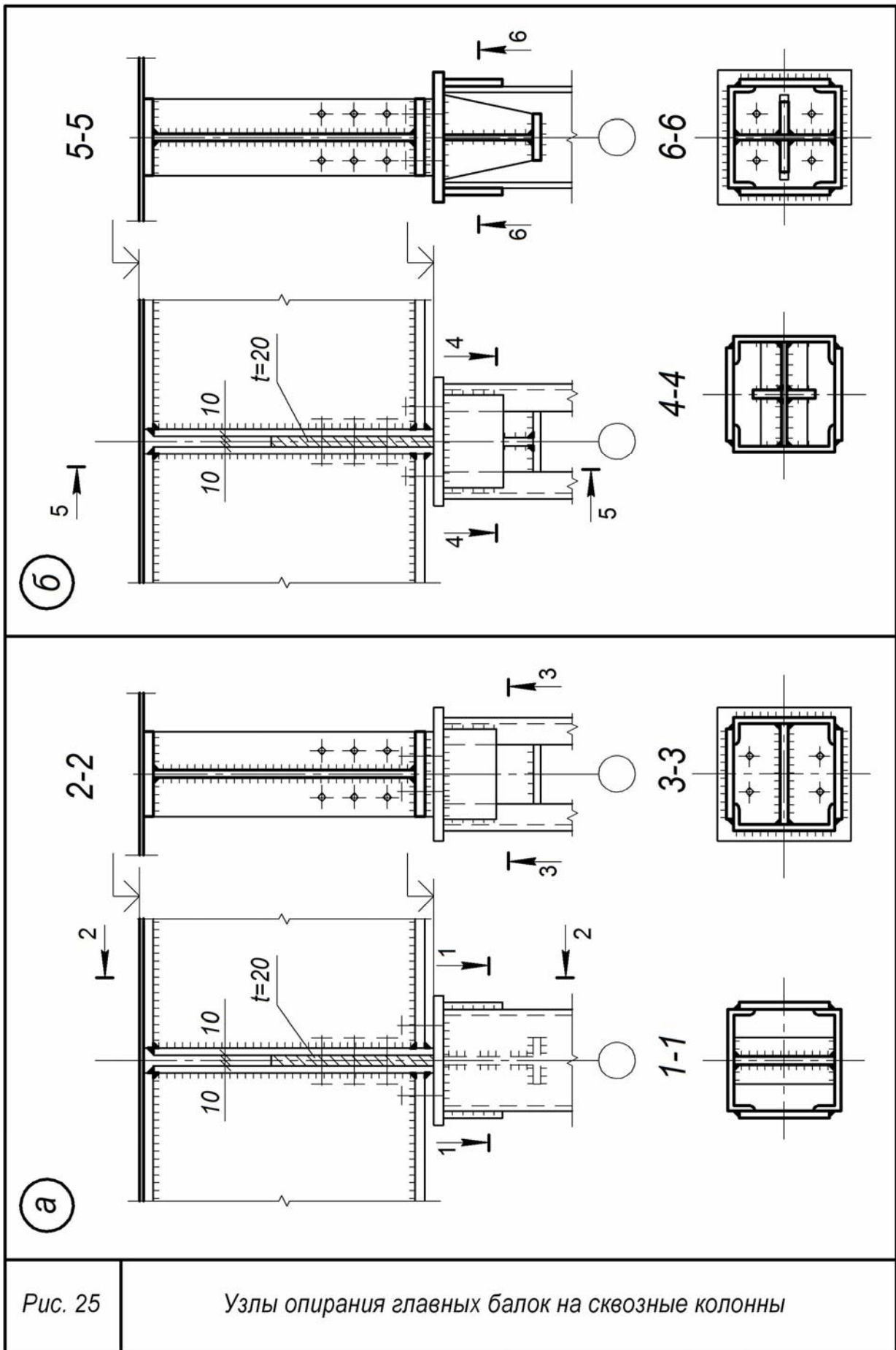


Рис. 25

Узлы опирания главных балок на сквозные колонны

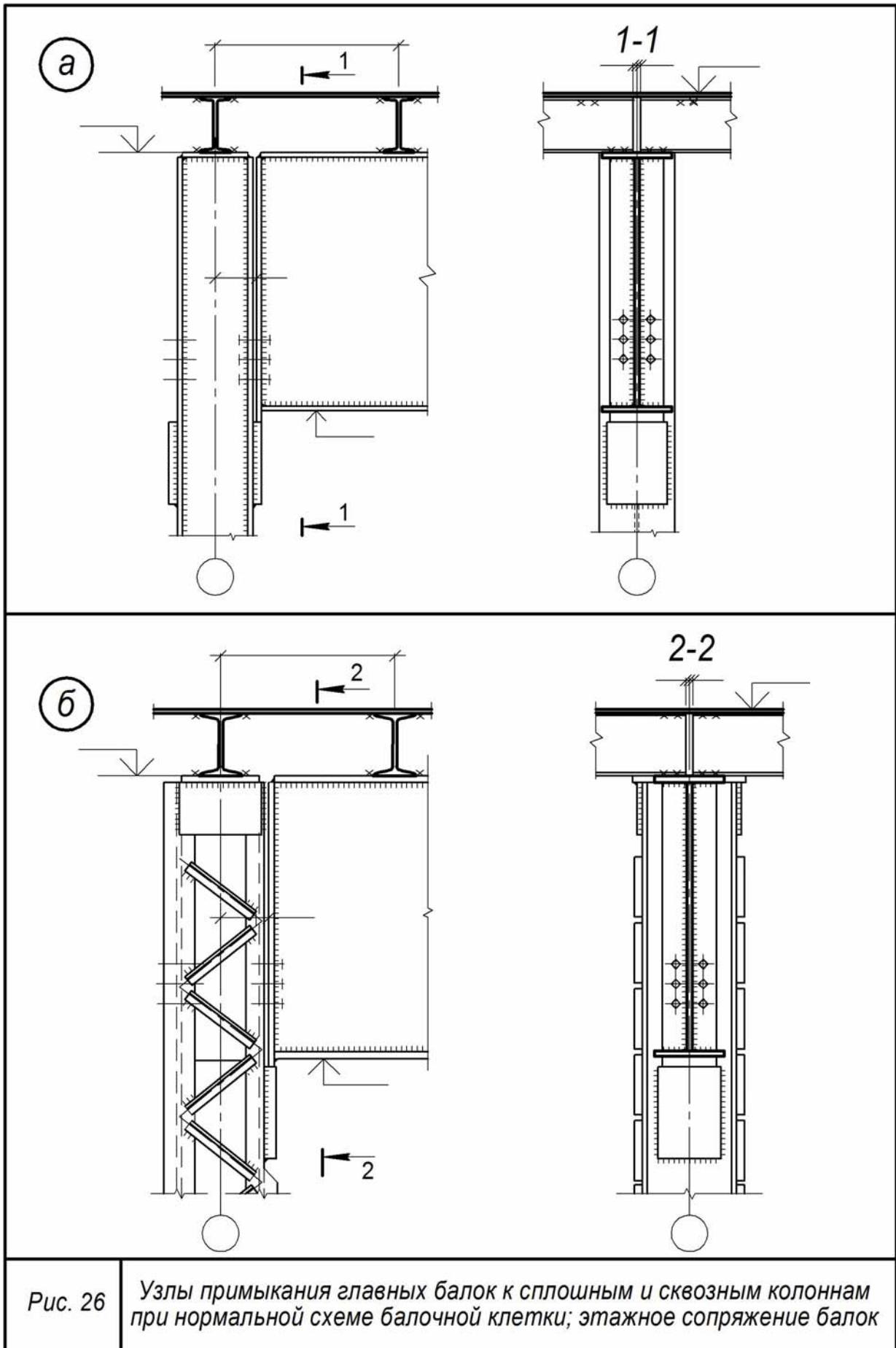


Рис. 26

Узлы примыкания главных балок к сплошным и сквозным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; этажное сопряжение балок

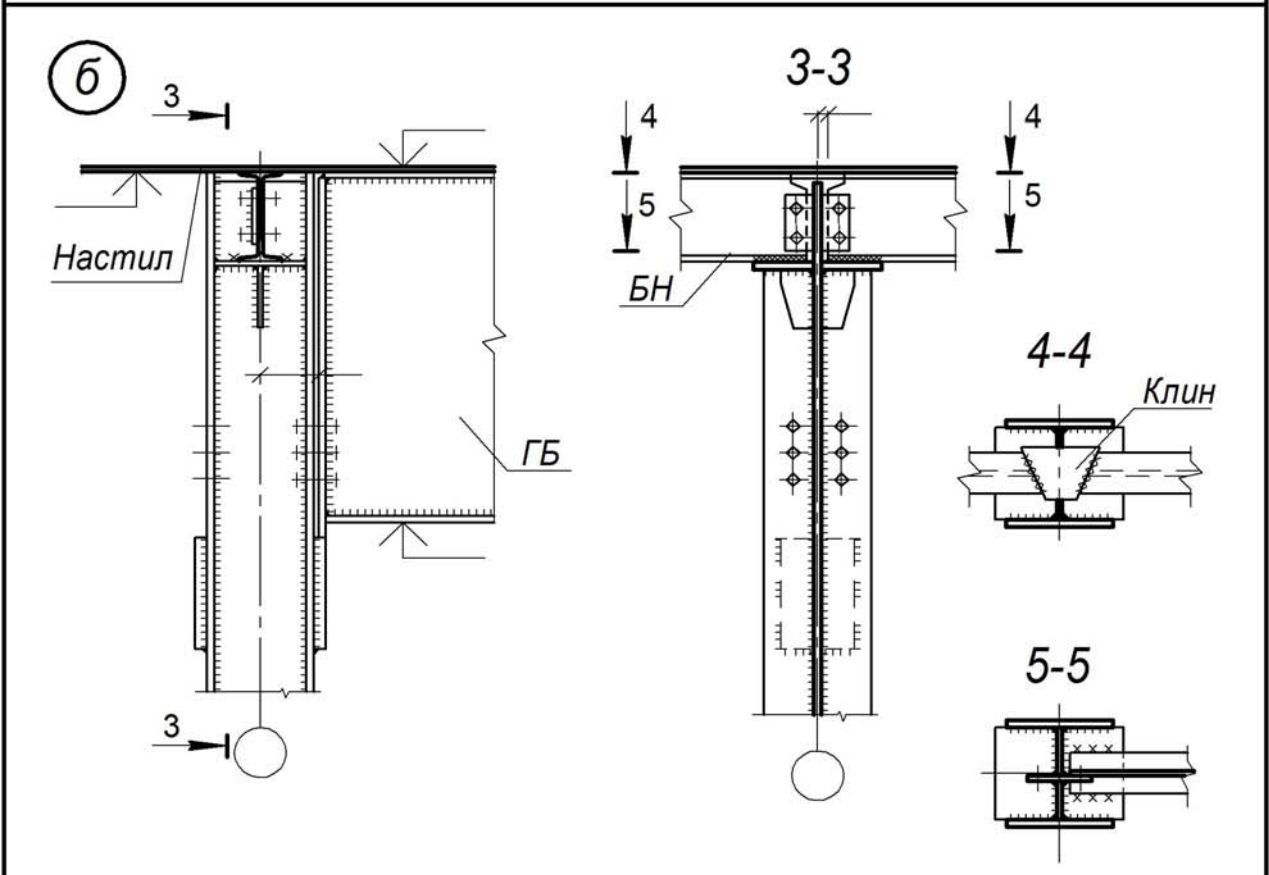
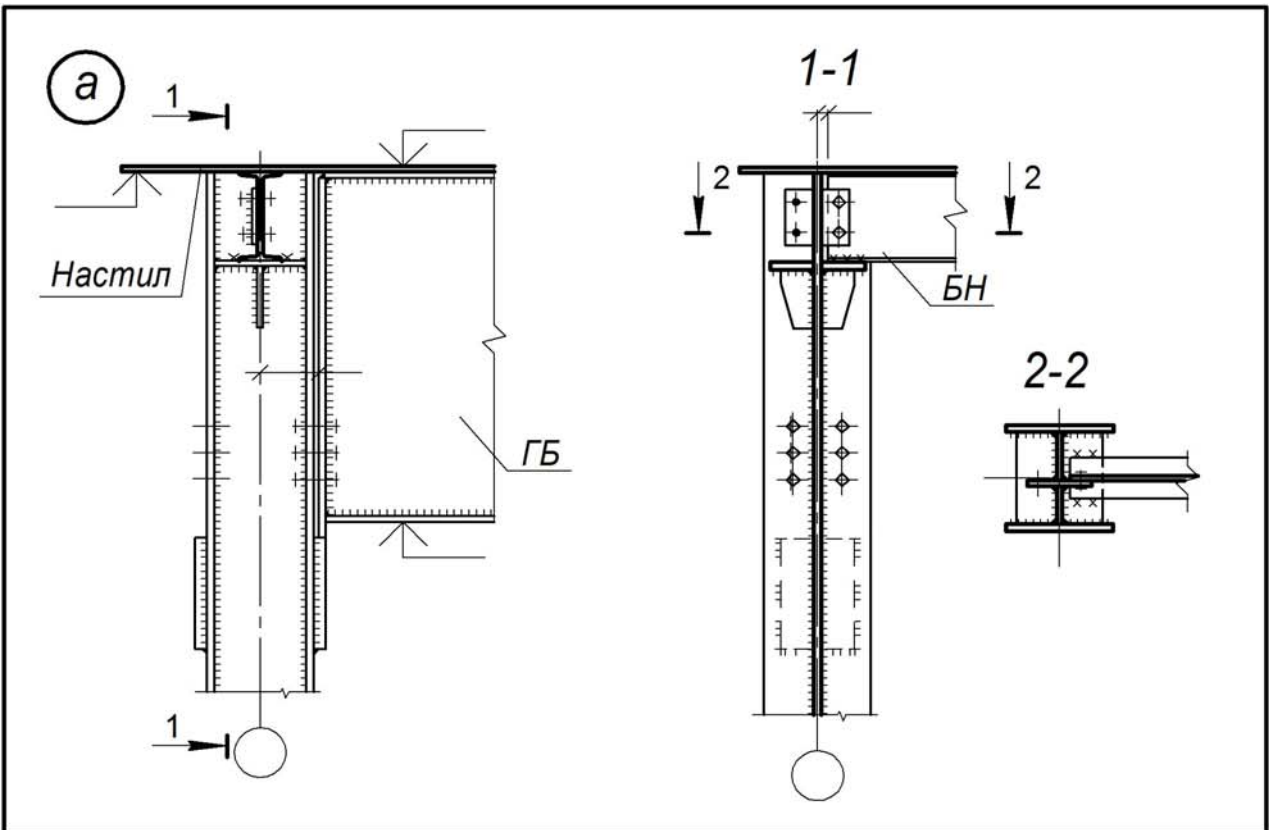


Рис. 27

Узлы примыкания главных балок к сплошным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; сопряжение балок в одном уровне

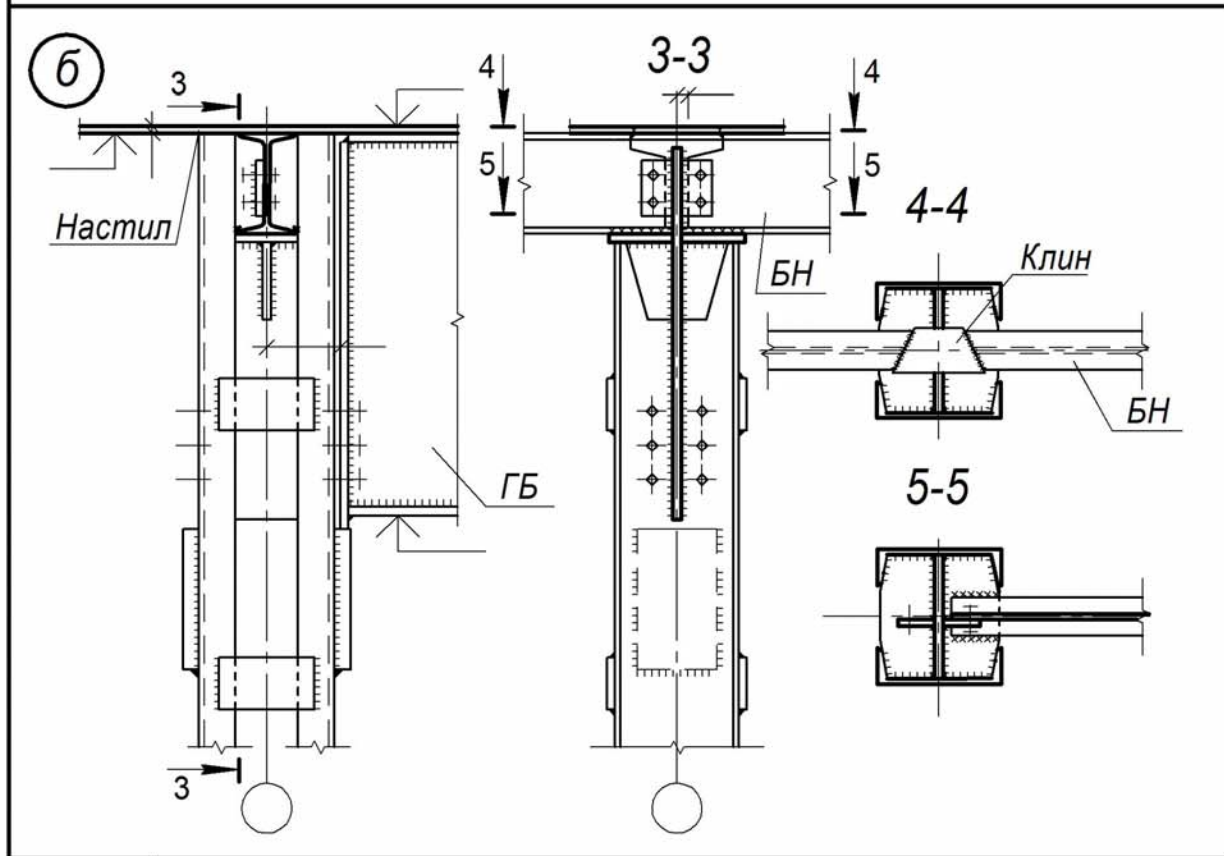
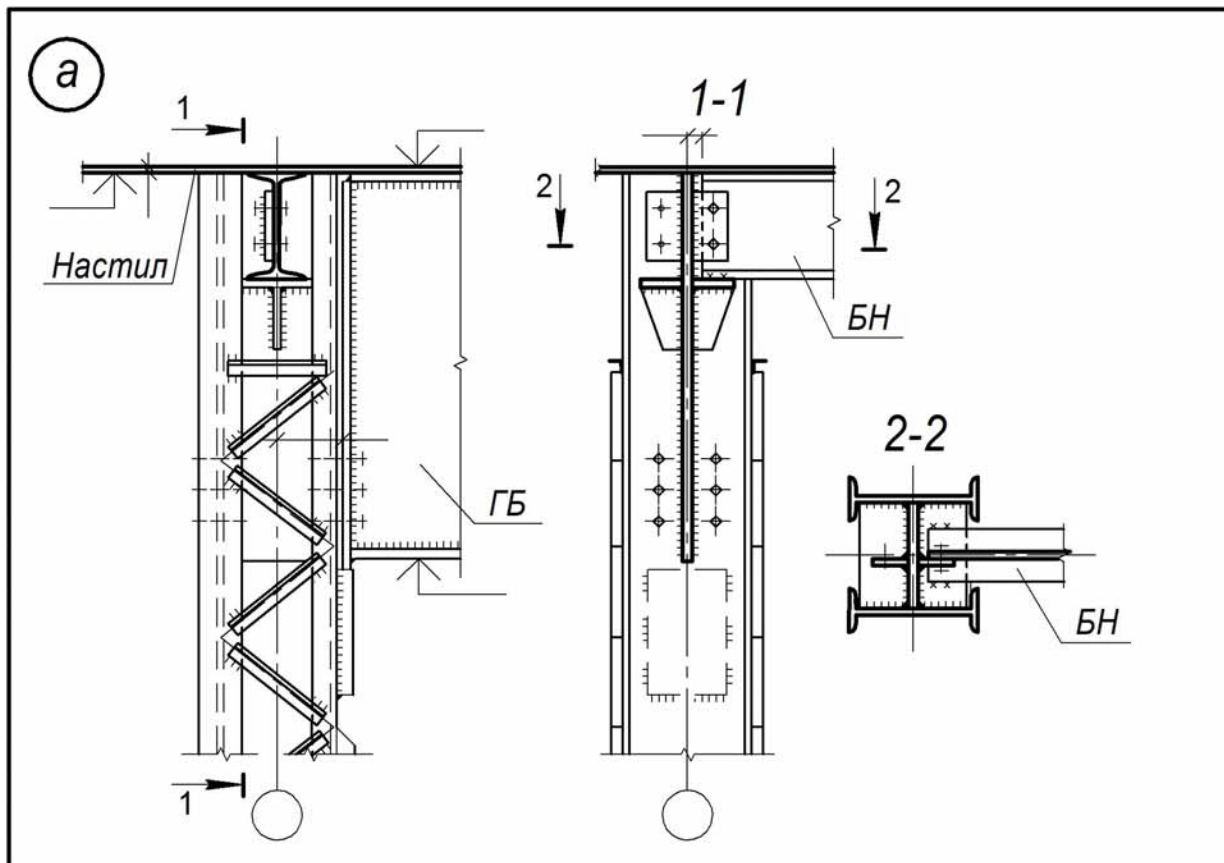


Рис. 28

Узлы примыкания главных балок к сквозным колоннам при нормальной схеме балочной клетки; сопряжение балок в одном уровне

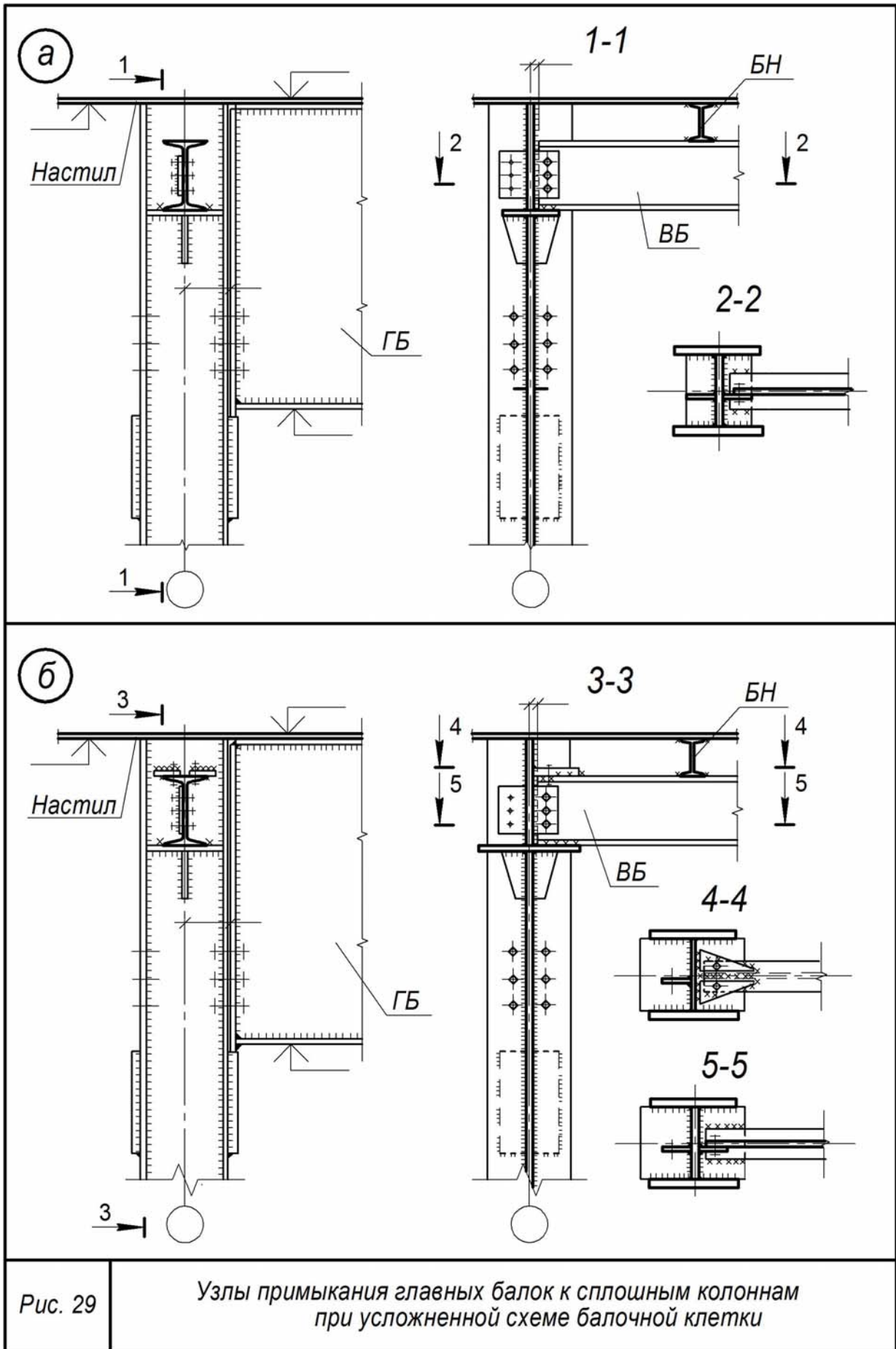


Рис. 29

Узлы примыкания главных балок к сплошным колоннам при усложненной схеме балочной клетки

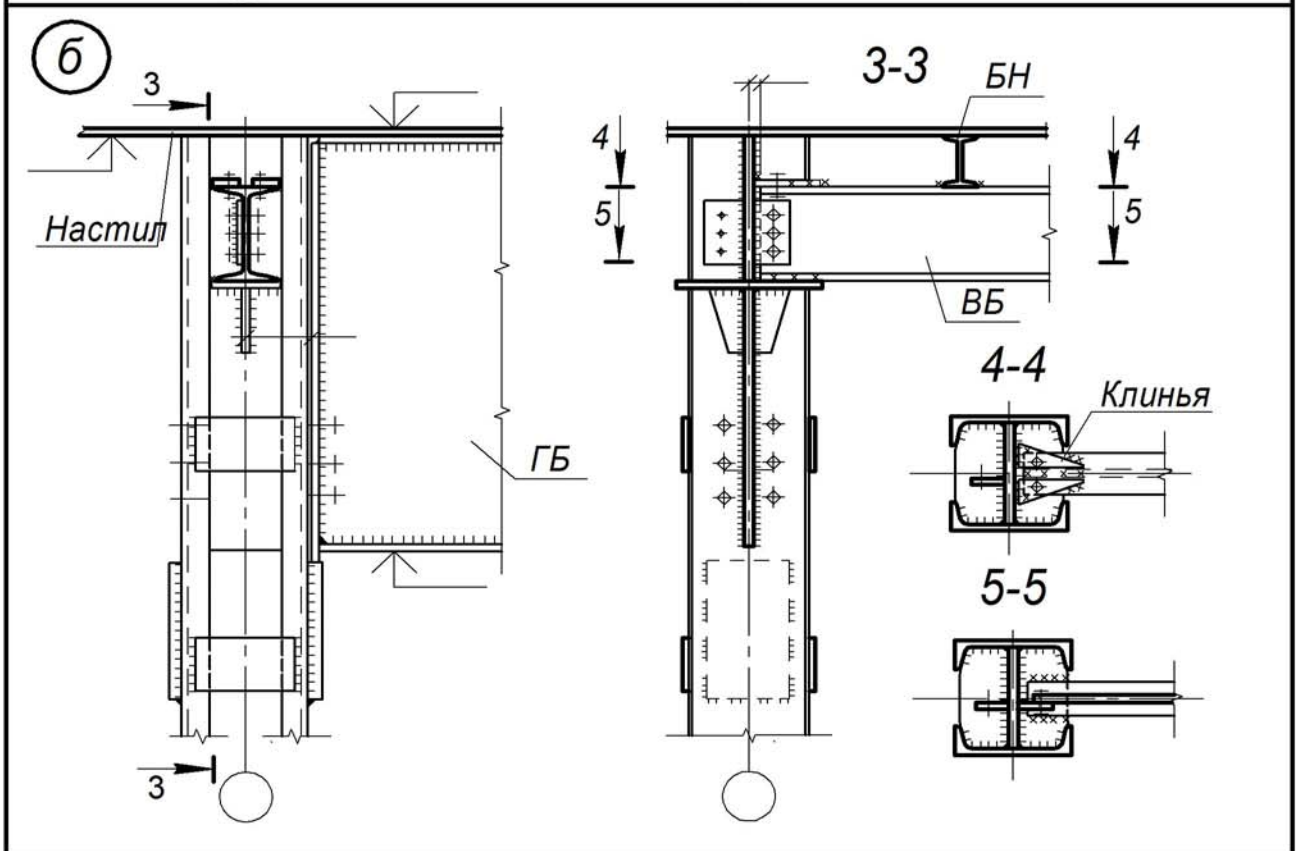
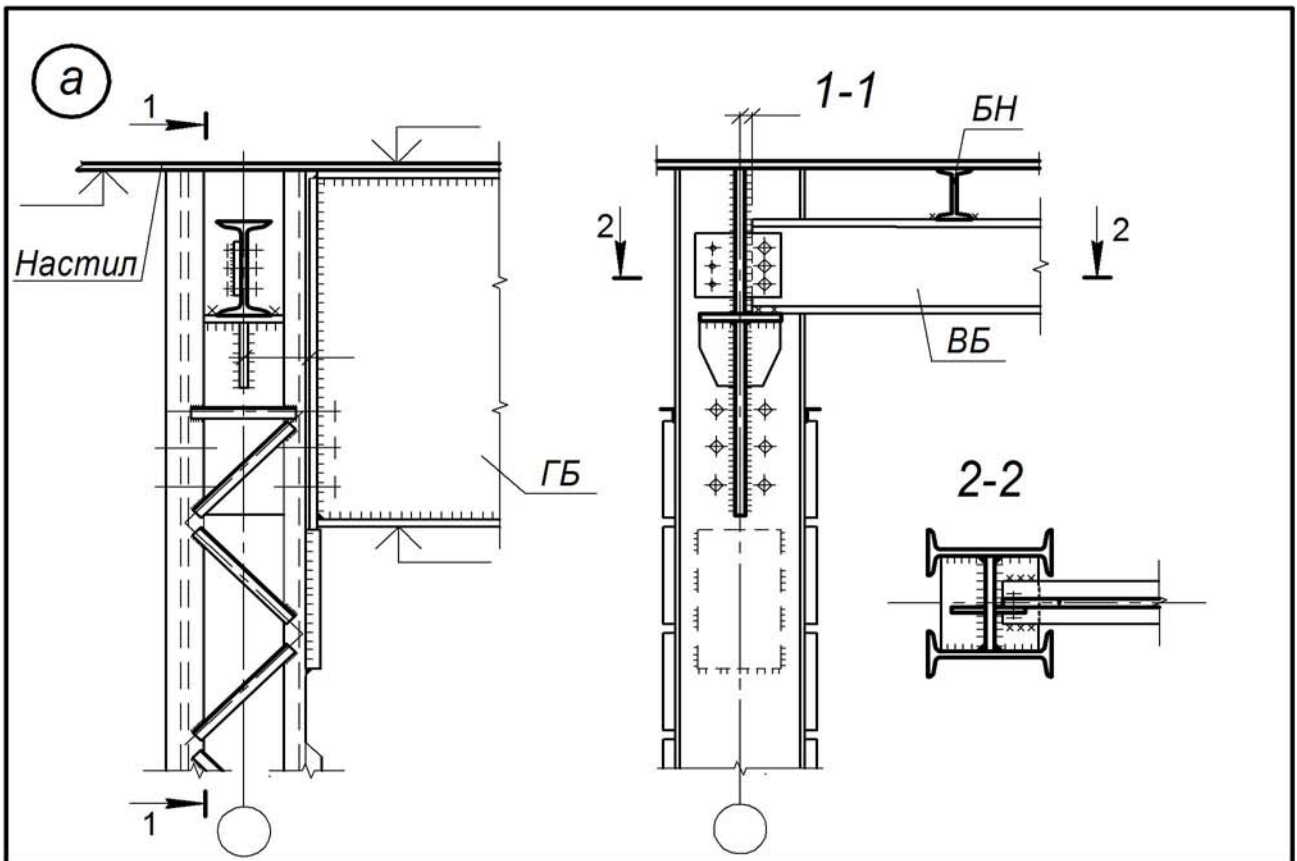
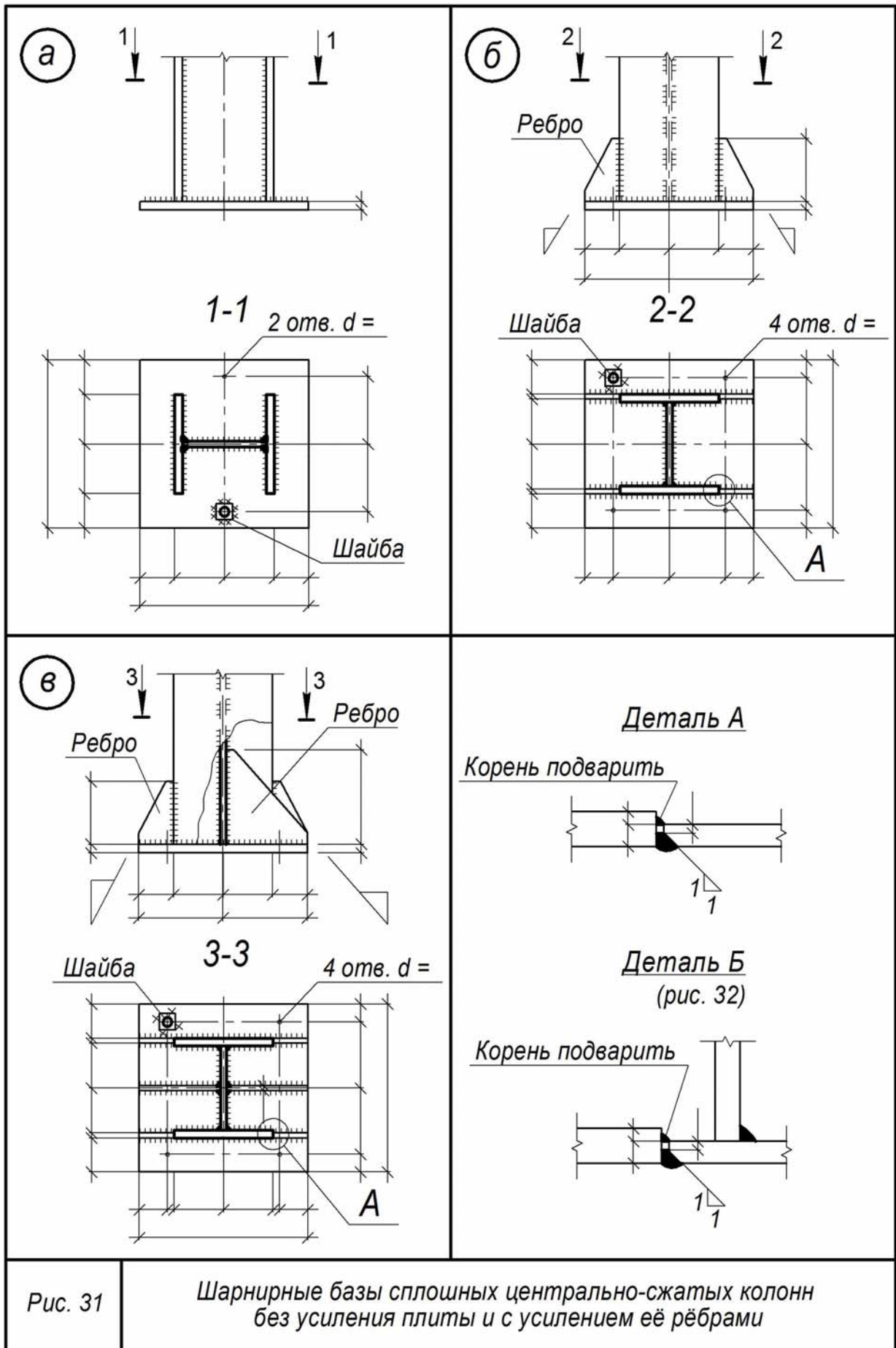


Рис. 30

Узлы примыкания главных балок к сквозным колоннам при усложненной схеме балочной клетки



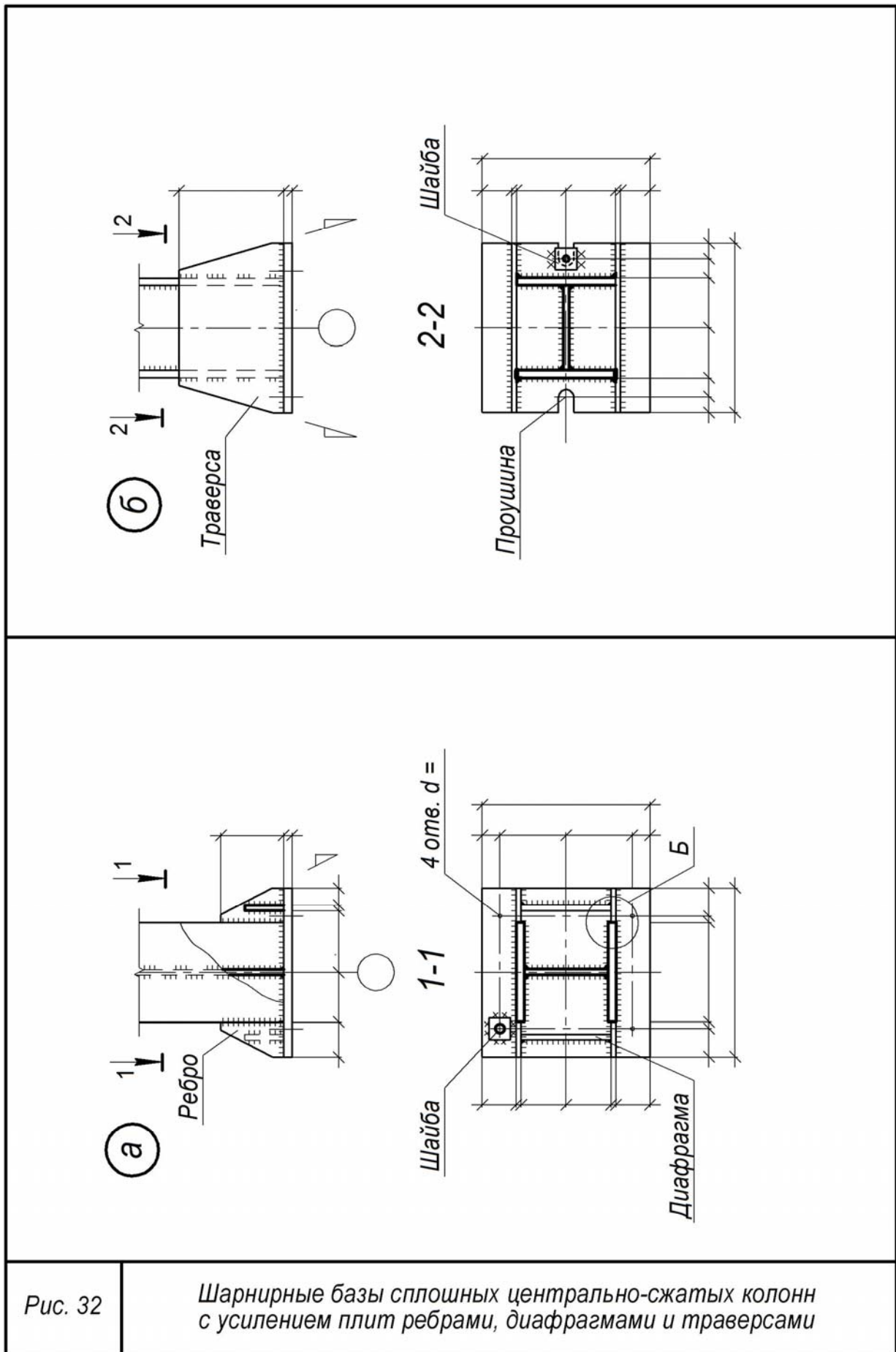


Рис. 32

Шарнирные базы сплошных центрально-сжатых колонн с усилением плит ребрами, диафрагмами и траверсами

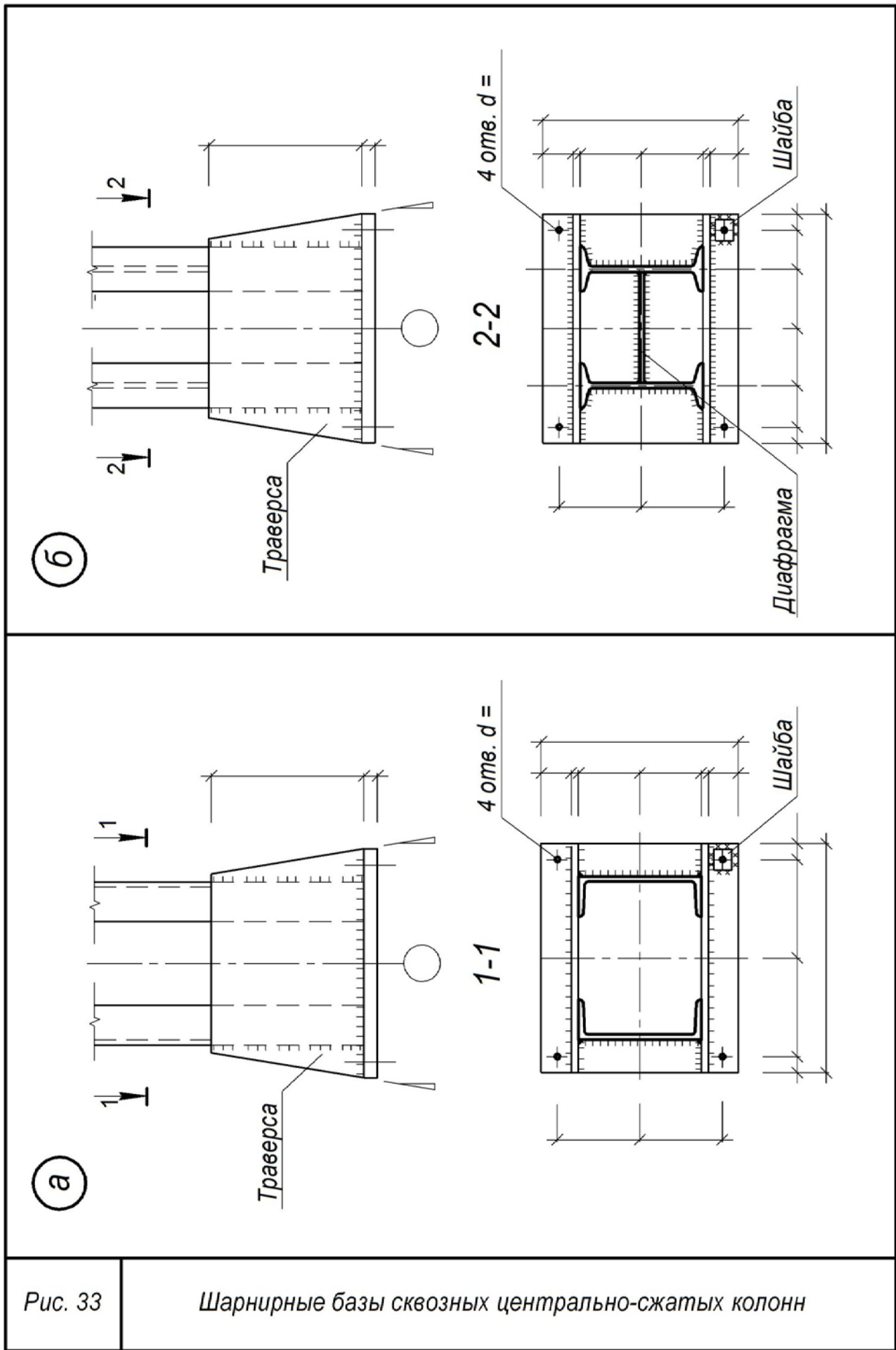


Рис. 33

Шарнирные базы сквозных центрально-сжатых колонн

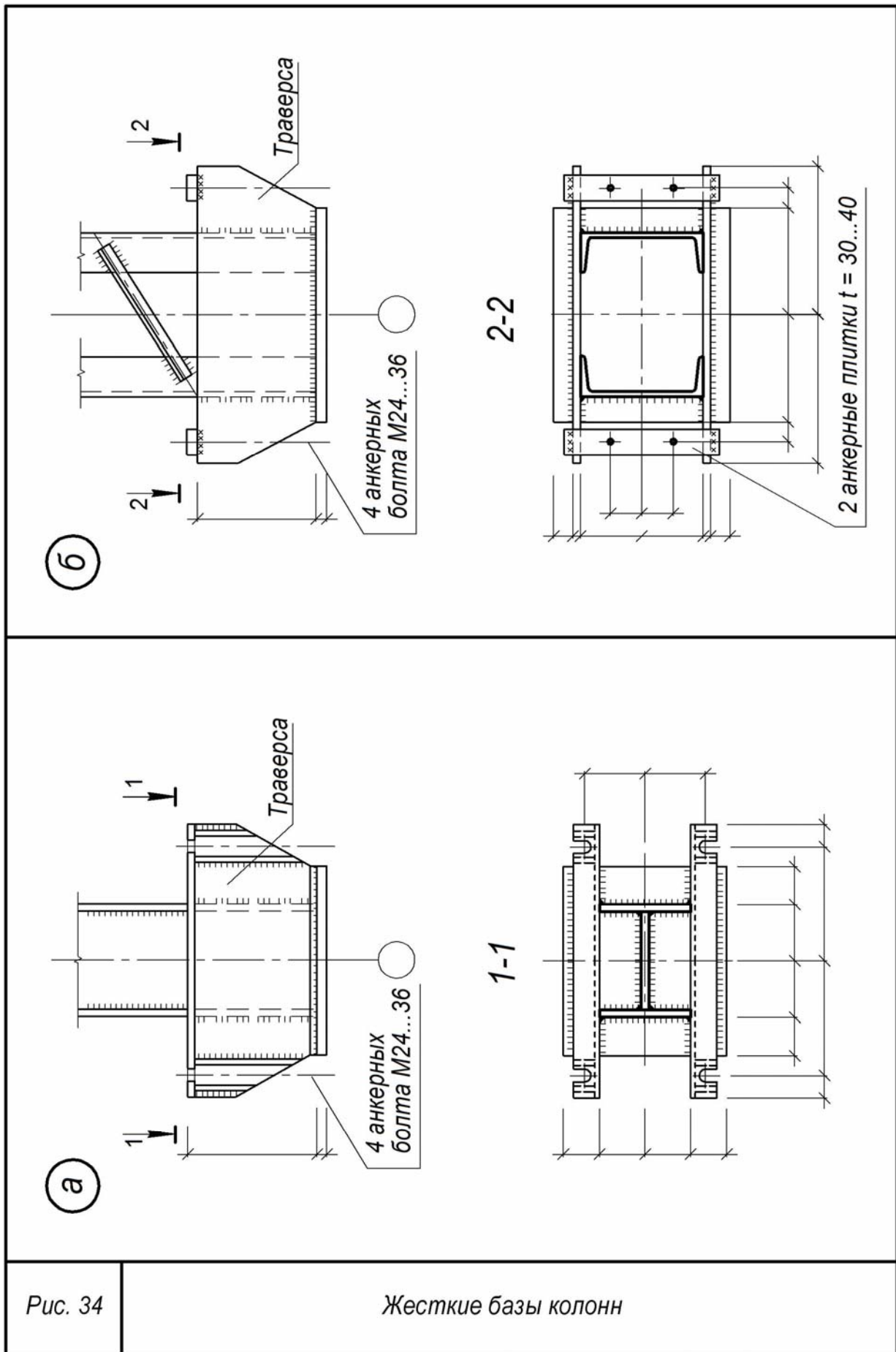


Рис. 34

Жесткие базы колонн

## Библиографический список

### *Основная литература*

1. Металлические конструкции : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.И. Кудишин [и др.] ; под ред. Ю.И. Кудишина. – 10-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 688 с.
2. Родионов, И.К. Техничко-экономическое сравнение вариантов компоновки ячеек балочных клеток : метод. указания / И.К. Родионов. – Тольятти, 2013. – 28 с.
3. СНиП II–23–81\*. Стальные конструкции. – М. : Госстрой России : ГУП ЦПП, 2001. – 96 с.

### *Дополнительная литература*

4. Абаринов, А.А. Составление детализированных чертежей металлических конструкций / А.А. Абаринов. – М. : Стройиздат, 1978. – 61 с.
5. Васильев, А.А. Металлические конструкции / А.А. Васильев. – М. : Стройиздат, 1979. – 420 с.
6. Калинин, В.С. Технические условия погрузки и крепления грузов / В.С. Калинин. – М. : Транспорт, 1990. – 408 с.
7. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / под общ. ред. В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова). – М. : АСВ, 1998. – 576 с.
8. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений (Справочник проектировщика) / под общ. ред. В.В. Кузнецова (ЦНИИпроектстальконструкция им. Н.П. Мельникова). – М. : АСВ, 1998. – 512 с.
9. Металлические конструкции. Общий курс : учебник для вузов / под ред. В.В. Горева. – М. : Высшая школа, 1999. – 572 с.
10. Металлические конструкции. Общий курс : учебник для вузов / Е.И. Беленя [и др.] ; под общ. ред. Е.И. Беленя. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 560 с.
11. Муханов, К.К. Металлические конструкции : учебник для вузов / К.К. Муханов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1976. – 503 с.
12. Васильченко, В.Т. Справочник конструктора металлических конструкций / В.Т. Васильченко, А.Н. Рутман, Е.П. Лукьяненко. – Киев : Будівельник, 1990. – 312 с.
13. Сахновский, М.М. Справочник конструктора строительных сварных конструкций / М.М. Сахновский. – Днепропетровск : Промінь, 1975. – 237 с.

## Глоссарий

**База** (башмак) колонны – нижняя, уширенная часть колонны, имеющая конструктивное или архитектурное назначение.

**Балка** – конструктивный элемент, представляющий собой горизонтальный или наклонный брус, работающий преимущественно на поперечный изгиб.

**Болт** – крепёжное изделие в виде стержня с наружной резьбой и, как правило, шестигранной головкой под гаечный ключ, образующее соединение при помощи гайки.

**Ветвь** – один из вертикальных элементов стержня сквозной колонны.

**Двутавр** – профиль из металла, напоминающий в сечении букву «Н».

**Диафрагма** – элемент сквозной колонны, располагаемый между ветвями; предназначение – предотвращение закручивания стержня.

**Заклёпка** – металлический стержень с головкой на одном конце, применяемый для соединения металлических частей путем расплющивания другого, выступающего конца стержня.

**Колонна** – вертикальный элемент, передающий нагрузку от вышележащих конструкций на нижележащие.

**Компоновка** – составление схемы, целой системы из отдельных частей.

**Настил** (в рабочих площадках) – стальной лист, покрывающий балочные клетки.

**Оголовок** – верхняя часть колонны, предназначенная для восприятия нагрузки от вышележащих конструкций.

**Плита** – пластина, прикрепляемая к верхнему или нижнему торцу колонны.

**Пояс** (полка) – плоский элемент, прикрепляемый к стенкам двутавров и швеллеров.

**Прокат** (в металлургии) – продукция (листовая и фасонная), получаемая на прокатных станах путём горячей, теплой или холодной прокатки.

**Ребро** (жесткости) – пластина, привариваемая к стенке и полкам сварной сплошностенчатой металлической балки или колонны.

**Решетка** – элементы, соединяющие ветви сквозной колонны.

**Стержень** (колонны) – основной вертикальный конструктивный элемент, сплошностенчатый или сквозной.

**Стенка** – плоский элемент, расположенный между полок двутавров и швеллеров.

**Стык** (монтажный) – узел сопряжения отдельных отправочных марок (или узел укрупнительной сборки конструкции) перед её монтажом.

**Узел** – сопряжение отдельных конструктивных элементов при сборке на заводе или монтаже.

**Фундамент** – часть здания (сооружения), воспринимающая нагрузку от выше-лежащих конструкций и передающая её на грунт основания.

**Швёллер** – профиль из металла, напоминающий в сечении букву «П».