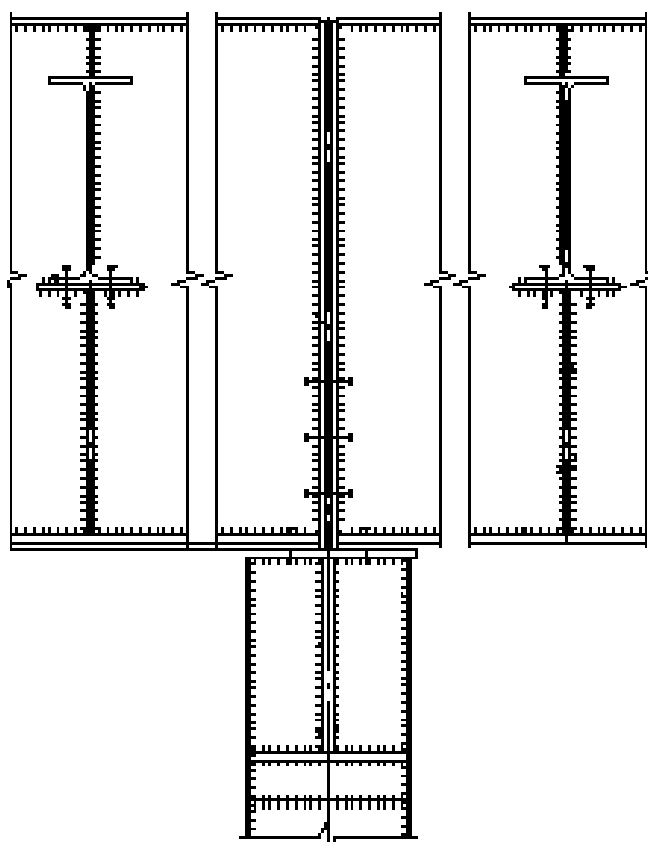


# СТАЛЬНЫЕ БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ АЛЬБОМ ЧЕРТЕЖЕЙ



Учебное издание

## СТАЛЬНЫЕ БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ

Альбом чертежей

Составители:

УМНОВА Ольга Владимировна,  
ЕВДОКИМЦЕВ Олег Владимирович

Редактор И.В. Калистратова  
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 08.09.2011  
Формат 60 × 84/16. 4,185 усл. печ. л. Тираж 150 экз. Заказ № 358

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

# СТАЛЬНЫЕ БАЛОЧНЫЕ КЛЕТКИ

Альбом чертежей  
для студентов 4, 5, 6 курсов дневной и заочной форм обучения,  
обучающихся по направлению 270800 «Строительство»,  
по дисциплинам «Металлические конструкции, включая сварку»,  
«Конструкции городских и промышленных зданий»



---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2011

УДК 693.98(084.11)(076)  
ББК Н54я6я73  
У545

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук,  
профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
*В.В. Леденев*

Составители:

*О.В. Умнова, О.В. Евдокимцев*

У545      Стальные балочные клетки : альбом чертежей / сост. : О.В. Умнова, О.В. Евдокимцев. – Тамбов :  
Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 36 с. – 150 экз.

Приведены конструктивные решения основных несущих конструкций стальных балочных клеток промышленных зданий. Предложены различные решения узлов стальных сплошных и сквозных колонн, составных и прокатных балок, их узловых сопряжений.

Содержит основные рекомендации по компоновке балочных клеток, конструированию главных (составных) балок, центрально-сжатых сплошных и сквозных колонн.

Разработан в дополнение к учебному пособию «Проектирование и расчёт стальных балочных клеток» и предназначен для использования в курсовом и дипломном проектировании студентами 4, 5, 6 курсов дневной и заочной форм обучения, обучающимися по направлению 270800 «Строительство», по дисциплинам «Металлические конструкции, включая сварку», «Конструкции городских и промышленных зданий».

УДК 693.98(084.11)(076)  
ББК Н54я6я73

© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический  
университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2011

## ВВЕДЕНИЕ

В работе приведены конструктивные решения основных несущих конструкций стальных балочных клеток промышленных зданий. Предложены различные решения узлов стальных сплошных и сквозных колонн, составных и прокатных балок, их узловых сопряжений.

Издание содержит основные рекомендации по компоновке балочных клеток, конструированию главных (составных) балок, центрально-сжатых сплошных и сквозных колонн.

Разработано в дополнение к учебному пособию «Проектирование и расчёт стальных балочных клеток» и предназначено для использования в курсовом и дипломном проектировании студентами 4, 5, 6 курсов дневной и заочной форм обучения, обучающимися по направлению 270800 «Строительство», по дисциплинам «Металлические конструкции, включая сварку», «Конструкции городских и промышленных зданий».

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$R_y$  – расчётное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести;

$R_{wy}$  – расчётное сопротивление металла стыковых сварных соединений растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести;

$R_p$  – расчётное сопротивление стали смятию торцевой поверхности (при наличии пригонки);

$E$  – модуль упругости стали;

$H$  – высота главной балки;

$h_w$  – высота стенки главной балки;

$h_{ef}$  – расчётная высота главной балки;

$L$  – пролёт главной балки;

$t_w$  – толщина стенки главной балки;

$b_f$  – ширина поясного листа главной балки в средней части;

$b_{f1}$  – ширина поясного листа главной балки в опорной части;

$b_h$  – ширина опорного ребра балки;

$b_s$  – ширина поперечного ребра;

$t_s$  – толщина ребра;

$c_1$  – коэффициент, учитывающий упруго-пластическую работу материала;

$S$  – длина зоны упруго-пластической работы материала;

$h_r$  – высота ребра;

$h_{tr}$  – высота траверсы;

$k_f$  – катет сварного шва;

$\bar{\lambda}_w$  – условная гибкость стенки;

$\lambda_{ef}$  – приведённая гибкость стержня составного сечения;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$\sigma_{loc}$  – местное нормальное напряжение;

$\sigma_{red}$  – приведённые напряжения.

## 1. КОМПОНОВКА БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

Рабочие площадки промышленных зданий состоят из настила, системы вспомогательных балок и главных балок, являющихся элементами балочной клетки, колонн, воспринимающих нагрузки от балок и передающих её на фундаменты, а также связей, обеспечивающих устойчивость балочной клетки и колонн. Наибольшее распространение получили в промышленных зданиях два типа балочных клеток: нормальный и усложнённый.

Нормальный тип балочной клетки состоит из главных балок – ГБ и балок настила – БН (рис. 1, 2, 3). Главные балки обычно перекрывают больший пролёт, балки настила располагаются перпендикулярно главным. Нагрузка с настила передаётся на балки настила, которые в свою очередь передают её на главные балки, опирающиеся на колонны, стены или другие несущие конструкции.

В усложнённом типе балочной клетки вводятся дополнительные вспомогательные балки – ВБ (рис. 4, 5). Нагрузка в этом типе балочной клетки передаётся более длинным путём: с настила – на балки настила, с балок настила – на вспомогательные, которые передают её на главные балки, опирающиеся на колонны.

Для этих двух типов балочных клеток характерны три варианта сопряжения балок по высоте: этажное (рис. 6), в одном уровне (рис. 7) и пониженное (рис. 8, 9). Первые два для нормального типа балочной клетки, а последний вариант для усложнённого.

Проектирование рабочей площадки при заданном шаге колонн начинается с выбора оптимальной планировки ячейки балочной клетки. Этот выбор сводится к предварительному расчёту и сопоставлению технико-экономических показателей конструкций балок и настила. В курсовой работе достаточно провести технико-экономическое сравнение трёх вариантов планировки балочной клетки: два – нормального и один – усложнённого типов. В случае мало отличающихся между собой стоимостных показателей вариантов рекомендуется принимать вариант с менее трудоёмкими в изготовлении и монтаже конструкциями.

В качестве настила в курсовой работе рекомендуется принимать плоский стальной настил, представляющий собой стальной лист, уложенный на балки настила и приваренный к ним. Полезная нагрузка настила задаётся равномерно распределённой интенсивностью до 40 Кпа. Поэтому для настилов следует использовать листы толщиной 6...14 мм.

Балки настила БН и вспомогательные балки ВБ принимают прокатными, двутаврового сечения. Расстояние между БН определяется несущей способностью настила и обычно при стальном плоском настиле достигает 0,6...1,6 м. Расстояние между ВБ назначается в пределах 2...5 м и должно быть кратно пролёту ГБ.

Монтажный стык ГБ по заданию предусматривается в середине пролёта, поэтому планировку ячейки балочной клетки следует производить так, чтобы балки настила в нормальном типе балочной клетки или вспомогательные балки в усложнённом типе не попадали на середину ГБ, что существенно осложнит в этом случае конструкцию сопряжения этих балок с главной балкой.

Балки настила в плане размещаются обычно на одинаковых расстояниях по длине главных балок (в нормальном типе балочной клетки) или поддерживающих их вспомогательных (в усложнённом типе). Оси крайних балок настила (в нормальном типе балочной клетки) или вспомогательных (в усложнённом типе) могут совмещаться с разбивочными осями колонн (рис. 2, 4), а могут быть смещены с осей на половину шага (рис. 1, 3, 5).

## 2. ГЛАВНЫЕ БАЛКИ (БАЛКИ СОСТАВНОГО СЕЧЕНИЯ)

Сварные составные балки имеют обычно двутавровое сечение, состоящее из стенки и двух поясов.

В местах примыкания к ГБ вспомогательных балок или балок настила к стенке главной балки приваривают специальные опорные столики.

По нормам стенки балок следует укреплять поперечными рёбрами жёсткости, если значения условной гибкости стенки балки  $\bar{\lambda}_w$  превышают 3,2 при отсутствии подвижной нагрузки (желательно в местах приложения сосредоточенных грузов) и 2,2 – при наличии подвижной нагрузки на поясе балки.

В балочных клетках усложнённого типа поперечные рёбра жёсткости ставят в местах примыкания вспомогательных балок, совмещая рёбра жёсткости и рёбра опорных столиков (рис. 9), а также в промежутках между ними, если это требуется по расчёту (рис. 8).

В балочных клетках нормального типа ввиду частого расположения балок настила нецелесообразно ставить рёбра жёсткости под каждой из балок настила. В этом случае рёбра ставят через одну или несколько балок настила, причём меньший шаг рёбер принимается у опор и больший – в средней части балки (рис. 6, 7). Если балки рассчитывались с учётом упругопластической деформации, то рёбра ставятся под каждым сосредоточенным грузом на протяжении всей упругопластической зоны, т.е.

$S \geq L \sqrt{1 - \frac{1 \cdot H}{c_1 h_w}}$  для ликвидации местных напряжений –  $\sigma_{loc}$ . Расстояние между основными поперечными

рёбрами не должно превышать  $2h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_w > 3,2$  и  $2,5h_{ef}$  при  $\bar{\lambda}_w \leq 3,2$  ( $h_{ef}$  – расчётная высота ГБ). Рёбра могут быть парными (симметричными, рис. 6) и односторонними (рис. 10, а, в). Стенки балок допускается укреплять односторонними поперечными рёбрами жёсткости из одиночных уголков, привариваемых к стенке пером (рис. 10, а). Момент инерции такого ребра, вычисляемый относительно оси, совпадающей с ближайшей к ребру гранью стенки, должен быть не меньше, чем для парного (симметричного) ребра. Ширина выступающей части  $b_s$  поперечного ребра должна быть не менее: для парного ребра –  $h_{ef}/30 + 40$  мм, для одностороннего ребра –  $h_{ef}/24 + 50$  мм; толщина ребра  $t_s$  – не менее  $2b_s \sqrt{R_y/E}$ .

На опорах балки также следует устанавливать поперечные рёбра жёсткости: с выноской ребра на торец балки (рис. 11, а) или со смещением его внутрь (рис. 11, б). В данных указаниях рассматривается только первый вариант. Толщина опорного ребра принимается в пределах 14...25 мм. Нижние торцы опорных рёбер (рис. 11) должны быть остроганы, либо плотно пригнаны или приварены к нижнему поясу балки. Напряжения в этих сечениях при действии опорной реакции не должны превышать: в первом случае (рис. 11, а) – расчётного сопротивления прокатной стали смятию  $R_p$  при  $a = 1,5t$  или сжатию  $R_y$  при  $a > 1,5t$ ; во втором случае (рис. 11, б) – смятию  $R_p$ . Исходя из этих условий, находят ширину опорного ребра  $b_h$ . Достоинством конструктивного решения опорного ребра, вынесенного на торец балки, является чёткая передача опорной реакции через строганый торец, а также универсальность, позволяющая осуществлять опирание на колонну сверху и примыкание сбоку. В случае приварки опорного ребра к нижнему поясу балки, сварные швы должны быть рассчитаны на воздействие опорной реакции. Участок стенки балки составного сечения, укрепленный опорным ребром (рис. 11), следует рассчитывать на продольный изгиб из плоскости как стойку, нагруженную опорной реакцией.

Одностороннее ребро жёсткости, расположенное в месте приложения к верхнему поясу сосредоточенной нагрузки, следует рассчитывать как стойку, сжатую с эксцентриситетом, равным расстоянию от средней плоскости стенки до центра тяжести расчётного сечения стойки. Во всех случаях (рис. 10, а, в; 11) в расчётное сечение стойки следует включать сечение ребра жёсткости и полосы стенки шириной  $b_w = 0,65t_w \sqrt{E/R_y}$  с каждой стороны ребра, где  $t_w$  – толщина стенки ГБ. Расчётную длину стойки следует принимать равной высоте стенки.

### 3. ИЗМЕНЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ГЛАВНОЙ БАЛКИ ПО ПРОЛЁТУ

В главных балках, для уменьшения расхода металла, сечения поясов рекомендуется изменять по длине пролёта в соответствии с изменением эпюры изгибающих моментов. В сварных балках изменяется ширина или толщина поясного листа (рис. 6, 7, 12), при этом площадь сечения поясного листа в концевой части балки принимается не менее 1/2 площади сечения пояса среднего участка, а его ширина должна быть не менее 180 мм по требованиям технологии сварки. В месте изменения сечения располагают стык пояса. Если пояса сварной балки выполнены из листов одинаковой толщины, то изменение сечений производится в соответствии с рис. 12, а или 12, б. Прямые стыки поясов (рис. 12, а, в, г) в местах изменения сечения применяют при использовании высококачественных электродов и физических методов контроля сварного шва, т.е. в случаях, когда прочность наплавленного металла не уступает прочности металла поясов. Обычно прямые стыки выполняют автоматической сваркой с выводом сварного шва на специальные подкладки (планки) за пределы сечения пояса (рис. 12, д). При ручной сварке и обычных методах контроля можно устраивать косые швы (рис. 12, б). Прямые швы при ручной сварке и обычных методах контроля делают в сечениях, где напряжение в полках меньше или равно расчётному сопротивлению металла стыкового шва  $R_{wy}$ .

В мощных балках изменение сечения поясов осуществляется как за счёт ширины, так и толщины листов (рис. 12, в, г). В местах изменения сечения поясов наибольшие нормальные напряжения получаются близкими к расчётным сопротивлениям; совместное же действие нормальных и касательных напряжений может вызвать в стенке балки на уровне поясных швов значительные главные напряжения, поэтому в этих местах проверяют максимальные главные напряжения по формуле

$$\sigma_{\max} = \sigma/2 + \sqrt{\sigma^2/4 + \tau^2} \leq R_y \gamma_c \text{ или приведённые напряжения по формуле энергетической теории проч-$$

ности  $\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq 1,15R_y \gamma_c$ . При этом напряжения  $\sigma$  и  $\tau$  определяют по расчётным нагрузкам на уровне поясных швов.

Уменьшение концентрации напряжений в местах изменения сечений и наибольшая экономия металла могут быть достигнуты при применении поясов постепенно суживающихся к опорам (рис. 12, е).

На рисунке 12, *ж* показан раскрой прямоугольного листа, при котором отсутствуют отходы металла. В балках переменного сечения экономия металла достигает 20% по сравнению с аналогичными балками постоянного сечения. Однако при небольших пролётах составных сварных балок и значительных нагрузках на неё, изменение сечения поясных листов не целесообразно. Это связано с расчётом и конструированием опорной части балки (рис. 11), когда требуемая ширина опорного ребра  $b_n$  больше, чем ширина поясного листа изменённого сечения  $b_{fl}$  и незначительно меньше ширины сечения пояса средней части балки  $b_f$  (рис. 8, 9).

#### 4. МОНТАЖНЫЙ СВАРНОЙ СТЫК ГЛАВНОЙ БАЛКИ

Заданием определено положение монтажного сварного стыка в середине ГБ. В этом случае обе половины ГБ получаются одинаковые. В реальном проектировании, однако, следует избегать расположения монтажных стыков в середине балок, где действуют максимальные значения изгибающих моментов. Назначая место расположения монтажного стыка, обычно исходят из следующих соображений:

а) желательно, чтобы в месте расположения монтажного стыка значения изгибающих моментов были не менее чем на 15% меньше расчётных;

б) по условиям перевозки на железнодорожных платформах желательно, чтобы длина отправочного элемента не превышала 12,5 м.

Пояса и стенка балки могут соединяться прямым швом встык, если напряжение в растянутом поясе в данном сечении балки не превышает расчётного сопротивления сварного шва на растяжение при ручной и полуавтоматической сварке с применением обычных способов контроля качества швов. При расположении стыка в середине ГБ это условие обычно не выполняется. В этом случае возможно применение прямого шва в растянутом поясе, при выполнении его автоматической сваркой, выводя начало и конец шва на технологические планки и используя физические методы контроля сварных швов. На монтаже автоматическая сварка и повышенные способы контроля затруднены. Тогда применяют вариант сварного монтажного стыка (рис. 13, *а*) с соединением растянутого пояса косым швом под углом  $60^\circ$ . Такой стык будет равнопрочен основному сечению балки и может не рассчитываться. Для уменьшения сварочных напряжений сварка ведётся в определённом порядке: сначала сваривают поперечные стыковые швы стенки и поясов, имеющие наибольшую поперечную усадку. Оставленные недоваренными на заводе участки поясных швов длиной около 500 мм дают возможность поясным листам несколько вытянуться при усадке швов поясов. В последнюю очередь заваривают угловые поясные швы, имеющие наибольшую продольную усадку.

#### 5. МОНТАЖНЫЙ СТЫК ГЛАВНОЙ БАЛКИ НА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БОЛТАХ

Все элементы в монтажных стыках сварных балок желательно соединять в одном месте. При этом необходимо выдерживать следующие условия.

1. Каждый пояс балки желательно перекрывать тремя накладками с двух сторон, а стенку – двумя вертикальными накладками, площадь сечения которых должна быть не меньше площади сечения перекрываемого ими элемента.

2. Назначают минимальный шаг болтов в стыках, чтобы уменьшить размеры и вес соединяющих элементов.

Вариант монтажного стыка на высокопрочных болтах показан на рис. 13, *б*.

#### 6. СОПРЯЖЕНИЕ БАЛОК

В балочных клетках нормального и усложнённого типов применяют соответственно сопряжения балок – этажное, в одном уровне и пониженное. На рисунках 14, 15 и 22 показаны варианты таких сопряжений. При этажном сопряжении БН с ГБ – балки настила фиксируются в проектном положении болтами нормальной точности (рис. 22, *а*) или на сварке (рис. 22, *б*). При сопряжении в один уровень и пониженном примыкании к главной балке осуществляется при помощи опорного столика и укороченных поперечных рёбер (рис. 14, 15), либо при помощи уголков (рис. 16). Болты нормальной точности ставят конструктивно, только для фиксации на монтаже.

Сопряжение балок между собой может быть шарнирным (рис. 14, *а*; рис. 15, *б*) и жёстким (рис. 14, *б*; рис. 15, *а*). Шарнирное сопряжение воспринимает только перерезывающую силу, передающуюся на вертикальные швы столика. При жёстком сопряжении балок, кроме поперечной силы, возникает опорный момент, который передаётся по верхнему поясу вспомогательной балки или балки настила через специальные «рыбки» (при пониженном сопряжении) или клин (при сопряжении в одном уровне) и по нижнему поясу через горизонтальные монтажные швы – на столик.



## 7. ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ КОЛОННЫ

Колонны – это вертикально расположенные стержневые элементы, по которым нагрузка от вышележащих конструкций передаётся на фундаменты.

В них различают: верхнюю часть – оголовок, на который опираются вышележащие конструкции; стержень – основная часть колонны, передающая нагрузку сверху вниз; и базу (башмак) – нижняя часть колонны, передающая нагрузку от стержня на фундамент.

В центрально-сжатых колоннах нагрузка приложена либо симметрично относительно оси стержня (рис. 17 – 19), либо непосредственно к центру сечения (рис. 21, 22).

Наибольшее распространение при центральной сжатии имеют сплошные и сквозные колонны со стержнем постоянного по высоте сечения: сплошные колонны – при больших нагрузках и меньших высотах, сквозные – при меньших нагрузках и больших высотах.

Основным сечением сплошных центрально-сжатых колонн является сварное двутавровое сечение, составленное из трёх листов: стенки и двух поясов (рис. 17). Сварные двутавровые сечения могут изготавливаться с широким применением автоматической сварки. Доступность всех поверхностей стержня упрощает конструкцию сопряжения с примыкающими элементами.

В соответствии с нормами стенки сплошной колонны с соотношением размеров поперечного сечения  $h_{ef}/t_w = 2,3 \cdot \sqrt{E/R_y}$  следует укреплять поперечными рёбрами жёсткости, расположенными на расстоянии  $(2,5 \dots 3,0)h_{ef}$  одно от другого, но не менее двух на каждом отправочном элементе (рис. 17). Минимальные размеры выступающей части поперечных рёбер жёсткости следует принимать такими же как в ГБ (см. п. 2).

Стержни сквозных колонн состоят из двух или нескольких прокатных профилей, соединённых между собой в плоскостях полок планками или решёткой. Основное преимущество сквозных колонн – возможность соблюдения условия равноустойчивости стержня колонны относительно осей  $x$  и  $y$ , т.е. приведённая гибкость стержня относительно свободной оси должна быть равна гибкости относительно материальной оси:  $\lambda_{ef} = \lambda_x$ . Сквозные колонны экономичны по расходу металла, но более трудоёмки в изготовлении из-за обилия коротких швов, затрудняющих автоматическую сварку.

Наиболее распространёнными являются сечения стержней сквозных колонн из двух двутавров (рис. 18) или двух швеллеров, расположенных полками внутрь сечения (рис. 19).

Соединение ветвей колонны между собой выполняется при помощи разнообразных систем решёток: из раскосов (рис. 18), из раскосов и распорок (рис. 20, *a*) и безраскосного типа в виде планок (рис. 19).

**Треугольные решётки, состоящие из одних раскосов или из раскосов и дополнительных распорок**, придают стержню большую жёсткость, поэтому такие колонны применяют при значительной нагрузке, а также при возможном незначительном отклонении продольной силы с оси стержня.

Решётка обычно конструируется из одиночных уголков с предельной гибкостью  $\lambda_u = 180$ . Наименьший профиль –  $\perp 40 \times 5$ . Желательно раскосы решётки центрировать на ось ветви, но при малой ширине ветви может возникнуть необходимость устройства в узлах фасонки для крепления раскосов. Для упрощения конструкции узлов допускается центрировать уголки решётки на грань ветви, что приводит к появлению в узлах местных изгибающих моментов (от внецентренного крепления решётки) и более раннему развитию пластичности. Пластические деформации несущественно влияют на несущую способность колонны, так как приближают условия работы колонны к принятой расчётной схеме с шарнирными узлами и поэтому расчёт ветвей на совместное действие продольной силы и момента обычно не производят.

**Колонны с планками** проще в изготовлении, не имеют выступающих уголков решётки, но обладают меньшей жёсткостью.

Планки принимают толщиной  $t_{pl} = 6 \dots 10$  мм в пределах  $(1/10 \dots 1/15)h_{pl}$ . Высоту планки  $h_{pl}$  определяют из условия её прикрепления. Ширину планок не следует принимать слишком малой, обычно она устанавливается в пределах  $b_{pl} = (0,5 \dots 0,75)b$ , где  $b$  – ширина колонны. Планки прикрепляют к ветвям внахлёстку и приваривают угловыми швами, напуск планок на ветви принимают 20...30 мм. Расстановку планок в колоннах производят из условия обеспечения принятой гибкости ветви, т.е.  $\lambda_b = 30 \dots 40$ , причём расчётную длину ветви в сварных колоннах принимают равной расстоянию между планками в свету.

Для предотвращения закручивания, стержни сквозных колонн с решётками в двух плоскостях укрепляют жёсткими диафрагмами, располагаемыми у концов отправочного элемента. В сквозных колоннах с соединительной решёткой в одной плоскости диафрагмы следует располагать не реже чем через 4 м.

В сквозных колоннах с планками эти диафрагмы представляют собой лист толщиной 8...12 мм. Вариант такой диафрагмы показан на рис. 19 (сеч. 4 – 4).

Варианты диафрагм сквозных колонн с решёткой даны на рис. 20: *б* и *в* применяют при раскосной решётке, листовую диафрагму (*а*) применяют только при наличии в решётке распорок.

## 8. ОГОЛОВКИ КОЛОНН. СОПРЯЖЕНИЯ БАЛОК С КОЛОННАМИ

Главные балки с колоннами могут сопрягаться жёстко и шарнирно. В этом разделе рассмотрены варианты только шарнирного опирания ГБ на колонны.

Шарнирное сопряжение балок с колоннами разделяют по конструктивному признаку на опирание сверху и примыкание сбоку.

**Опирание главных балок сверху** целесообразно применять, когда на колонну опираются только главные балки, т.е. когда вспомогательные балки в усложнённом типе балочной клетки или балки настила в нормальном типе смещены с осей колонн на полшага (рис. 1, 3, 5).

При опирании сверху широко распространены два типа решения: 1) опорное давление передаётся внутренним ребром ГБ, расположенным под полкой колонны (вариант не рассматривался); 2) опорный узел имеет поперечное ребро, вынесенное на торец ГБ, с выступающим на 15...20 мм фрезерованным торцом (рис. 21, 22).

В сварных балках лучше применять опорный узел с торцевым ребром. При опирании сверху на сплошные колонны возможны два варианта ориентирования ГБ по отношению к колонне: параллельно (рис. 21, *а, в*) и перпендикулярно (рис. 21, *б*) стенке колонны.

Первый вариант является наиболее простым. Оголовок в этом случае оформляется в виде опорной плиты, принимаемой конструктивно толщиной 20...25 мм и прикрепляемой к стенке и полкам колонны сварными швами по расчёту.

При проектировании ГБ по второму варианту необходима постановка дополнительных вертикальных рёбер, идущих под опорными рёбрами балок. Низ опорных рёбер обрамляется обычно горизонтальными поперечными рёбрами, которые препятствуют их скручиванию из плоскости колонны при неравномерном давлении торцов балок.

В некоторых случаях при очень больших опорных давлениях из условия среза стенки получается слишком большая длина опорных рёбер, и их невозможно прикрепить расчётным сварным швом (его длина должна быть менее  $60k_f$ , где  $k_f$  – толщина сварного шва), тогда стенку колонны принимают более толстой (рис. 21, *в*).

В сквозных колоннах с малыми нагрузками шарнирное опирание ГБ на колонну также может быть осуществлено через плиту, приваренную к верхнему торцу стержня колонны. Плита снизу укрепляется диафрагмой (рис. 22, *а*) или диафрагмой с вертикальными опорными рёбрами (рис. 22, *б*) по аналогии с опиранием в сплошных колоннах.

Балки на опорах соединяются между собой болтами нормальной точности. По высоте болты желательно располагать в нижней трети сечения. К оголовку колонны главные балки притягиваются также с помощью болтов нормальной точности.

**Примыкание главных балок сбоку** (рис. 23 – 26) применяется при опирании на колонну не только главных балок, но и балок настила или вспомогательных балок (рис. 2, 4).

В этом случае опорная реакция ГБ передаётся через торец опорного ребра балки на торец опорного столика, приваренного к колонне. Торец опорного ребра и верхняя кромка столика пристрагиваются. Толщина опорного столика принимается на 20...40 мм больше толщины опорного ребра балки. Высота столика определяется из условия размещения угловых швов, работающих на срез. Столик приваривают к колонне по трём сторонам. Опорные рёбра ГБ крепятся к полкам или ветвям колонны на болтах нормальной точности. Чтобы балка не зависала на болтах и плотно стала на опорный столик, диаметр отверстий под болты должен быть на 3...4 мм больше диаметра болтов.

Опирание БН и ВБ производится:

- в сплошных колоннах – на монтажный столик, приваренный к стенке колонны (рис. 23, 24);
- в сквозных колоннах – на столик диафрагмы, которая варится между ветвями сквозных колонн на всю высоту ГБ (рис. 25, 26).

Шарнирные и жёсткие сопряжения ВБ или БН с колонной выполняют аналогично сопряжениям этих балок с главной.

Графическое оформление:

- жёсткого сопряжения БН: со сплошной колонной – рис. 24, *а*; со сквозной колонной – рис. 25, *а*;
- жёсткого сопряжения ВБ: со сплошной колонной – рис. 23, *а*; со сквозной колонной – рис. 26, *а*.
- шарнирного сопряжения БН: со сплошной колонной – рис. 24, *б*; со сквозной колонной – рис. 25, *б*;
- шарнирного сопряжения ВБ: со сплошной колонной – рис. 23, *б*; со сквозной колонной – рис. 26, *б*;

## 9. БАЗЫ КОЛОНН

**База** (башмак) колонны служит для распределения сосредоточенного давления от стержня колонны равномерно по площади опирания и обеспечивает закрепление нижнего конца колонны в соответствии с принятой расчётной схемой.

В курсовой работе колонна рассчитывается как центрально-сжатый стержень с шарнирным или жёстким закреплением в фундаменте. Поэтому база колонны в соответствии с расчётной схемой принимается шарнирной. Особенностью шарнирной базы является крепление анкерными болтами (двумя или четырьмя) непосредственно за опорную плиту (рис. 27, 28) в отличие от жёстких баз, имеющих не менее четырёх анкерных болтов, которые поднимают на определённую высоту стержня колонны с помощью специальных столиков (рис. 29, *а*) или траверс (рис. 29, *б, в*), тем самым защемляя её в фундаменте.

Простейшей шарнирной базой для центрально-сжатых колонн является база, состоящая из толстой плиты, на которую опирается фрезерованный торец стержня. Такая передача усилий через фрезерованный торец целесообразна для колонн со значительной, более 6000 кН, нагрузкой.

При сравнительно небольших расчётных усилиях в колонне (до 4000...5000 кН), в курсовой работе необходимо применять базы, в которых усилие передаётся на плиту через сварные швы.

Основными элементами такой базы являются распределяющая конструкция и опорная плита. Распределяющая конструкция представляет собой уширение стержня колонны. В сплошных колоннах оно достигается приваркой к стержню колонны рёбер, связывающих более широкую плиту со стержнем (рис. 27). Возможна постановка траверс, как в базах сквозных колонн (рис. 28).

Высота траверс  $h_{tr}$  и рёбер  $h_r$  определяется расчётом сварных швов, прикрепляющих их к стержню колонны. Высота углового шва  $k_f$  принимается не более 1...1,2 толщины ветви траверсы  $t_{tr}$ , которая из конструктивных соображений устанавливается равной 10...16 мм.

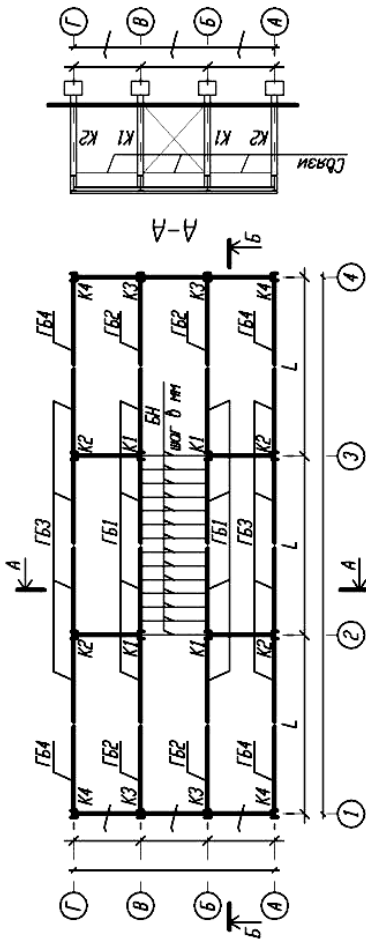
Швы, прикрепляющие ветви траверс к опорной плите, рассчитывают на полное усилие, действующее в колонне. Окончательно высоту траверсы следует принимать не больше  $85k_f$ .

Требуемая площадь опорной плиты башмака обуславливается прочностью материала фундамента. Толщина опорной плиты определяется во всех характерных участках (опёртых по двум, трём, четырём сторонам или консольных) расчётом на изгиб от реактивного давления фундамента. Толщину плиты принимают окончательно в пределах 20...40 мм. Если на отдельных участках плита по расчёту требуется более толстой, следует уменьшить размеры этих участков, что достигается постановкой дополнительных диафрагм и рёбер (рис. 27, *б, в*; рис. 28, *б*).

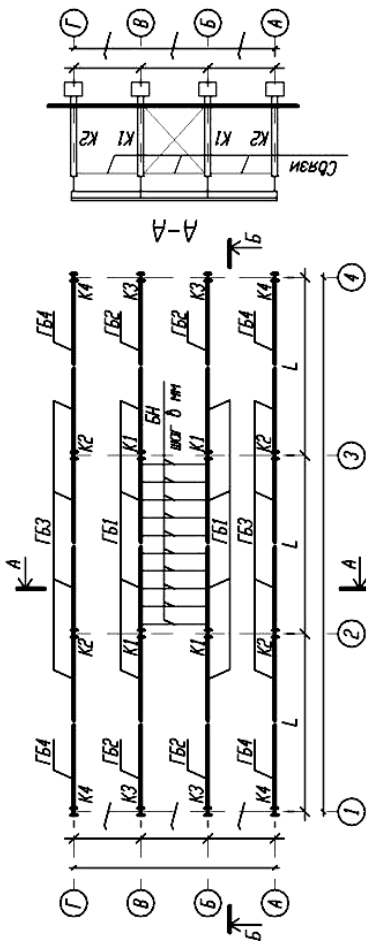
Анкерные болты закрепляют в фундаменте крюками и шайбами. Диаметр анкерных болтов принимают 20...30 мм. Для того, чтобы была возможность некоторой передвижки колонны в процессе монтажа, отверстия для анкерных болтов в опорной плите (рис. 27, 28) при шарнирном закреплении с фундаментом, в планках или полках траверсы (рис. 29) при жёстком защемлении принимают в 1,5...2 раза больше диаметра болтов.

На анкерные болты надевают шайбы с отверстиями на 3 мм больше диаметра болтов. После натяжения болта гайкой шайбу приваривают к плите (рис. 27, 28), к планкам, а планки к рёбрам (рис. 29, *а*) или траверсам (рис. 29, *б, в*).

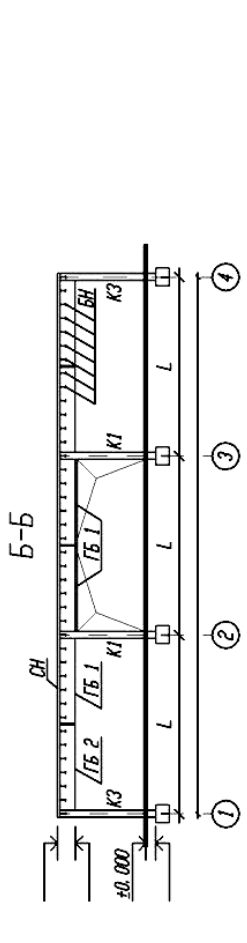
МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПЛОЩАДКИ



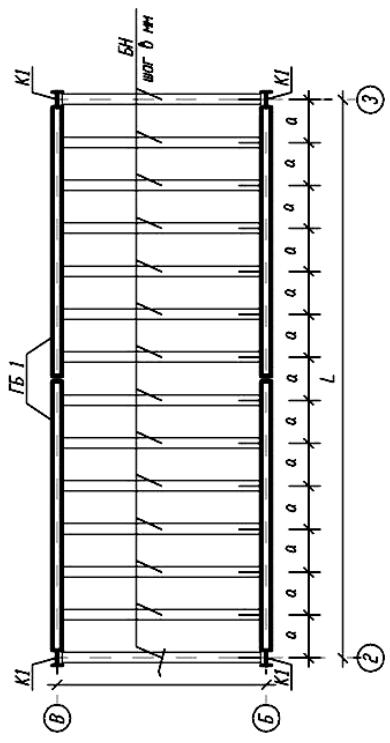
МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПЛОЩАДКИ



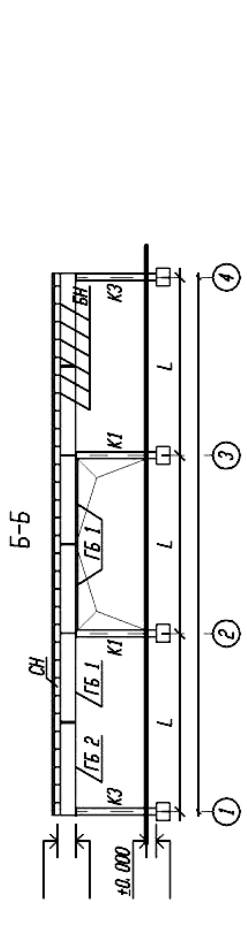
Б-Б



ТИПОВАЯ ЯЧЕЙКА



Б-Б



ТИПОВАЯ ЯЧЕЙКА

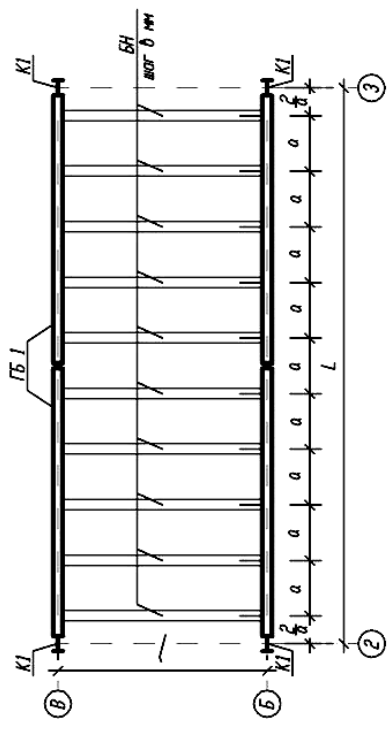
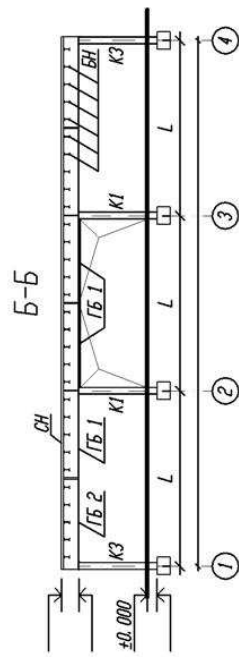
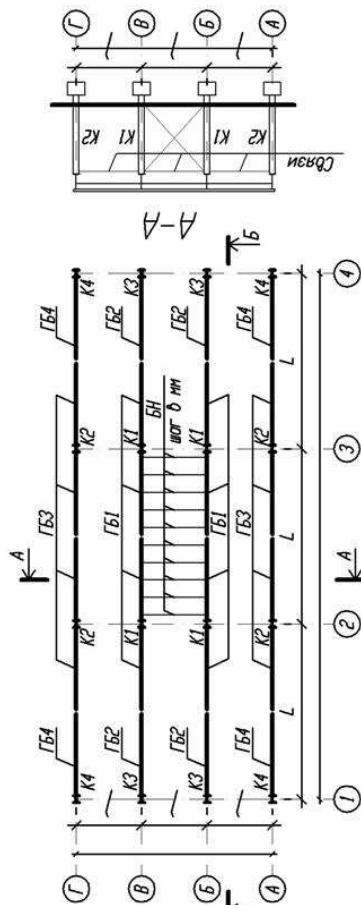


Рис. 1. Нормальный тип балочной клетки с совмещением балок настила (БН) с осями колонн, сопряжение БН с главными балками (ГБ) в одном уровне, примыкание ГБ к колонне сбоку

Рис. 2. Нормальный тип балочной клетки со смещением балок настила (БН) относительно осей колонн на половину шага, сопряжение БН с главной балкой (ГБ) – этажное, ГБ на колонну сверху

МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПЛОЩАДКИ



ТИПОВАЯ ЯЧЕЙКА

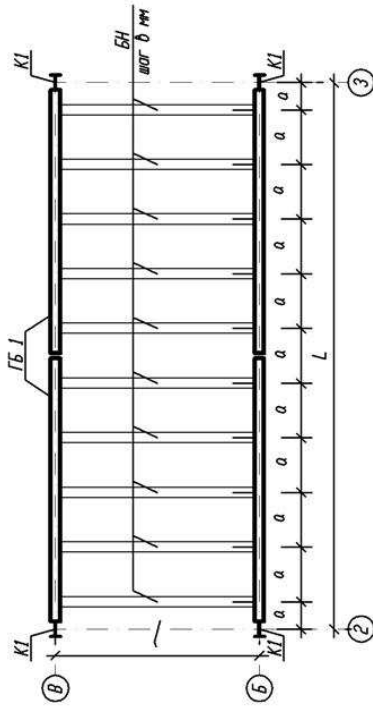
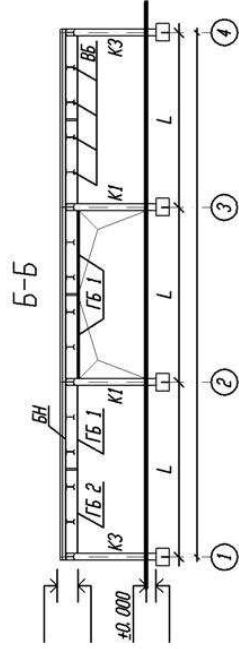
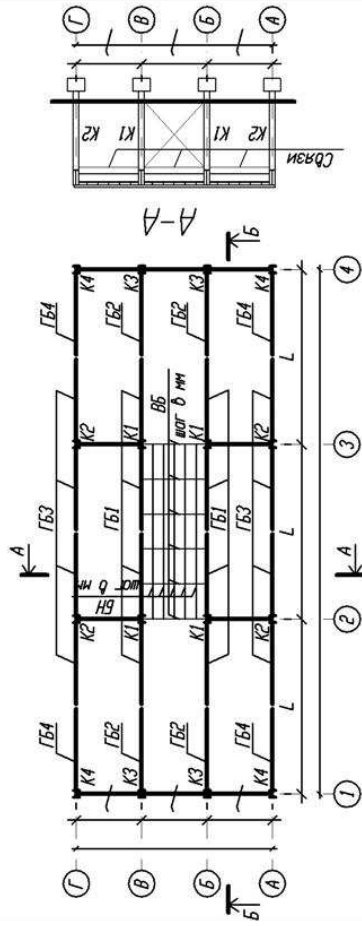


Рис. 3. Нормальный тип балочной клетки со смещением балок (БН) относительно осей колонн на половину шага, сопряжение БН с главной балкой (ГБ) в одном уровне, опирание ГБ на колонну сверху

МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПЛОЩАДКИ



ТИПОВАЯ ЯЧЕЙКА

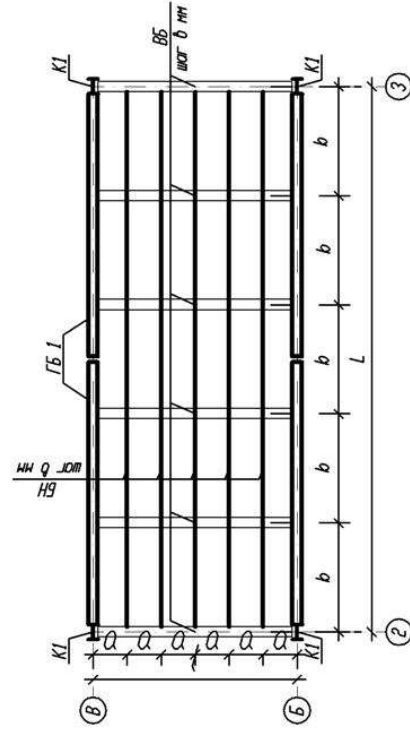
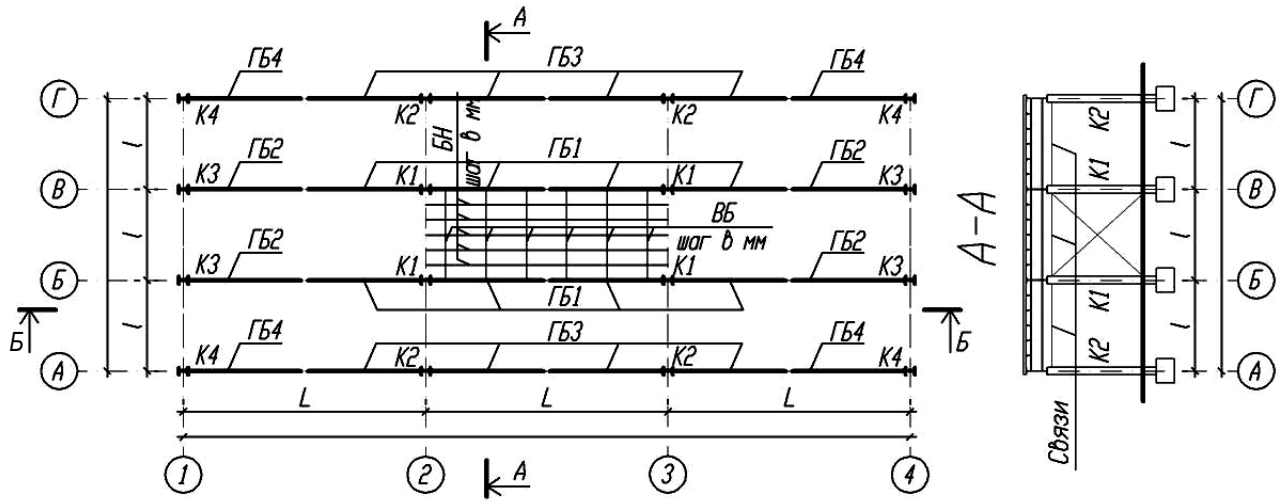
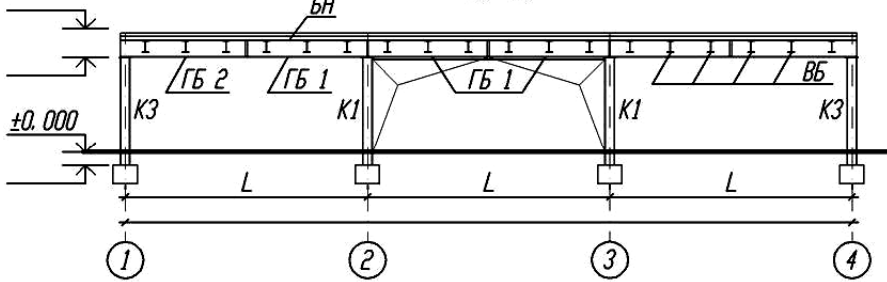


Рис. 4. Усложнённый тип балочной клетки с совмещением вспомогательных балок (ВБ) с осями колонн, сопряжение БН и ВБ с ГБ – пониженное, примыкание ГБ к колонне сбоку

### МОНТАЖНАЯ СХЕМА ПЛОЩАДКИ



### Б-Б



### ТИПОВАЯ ЯЧЕЙКА

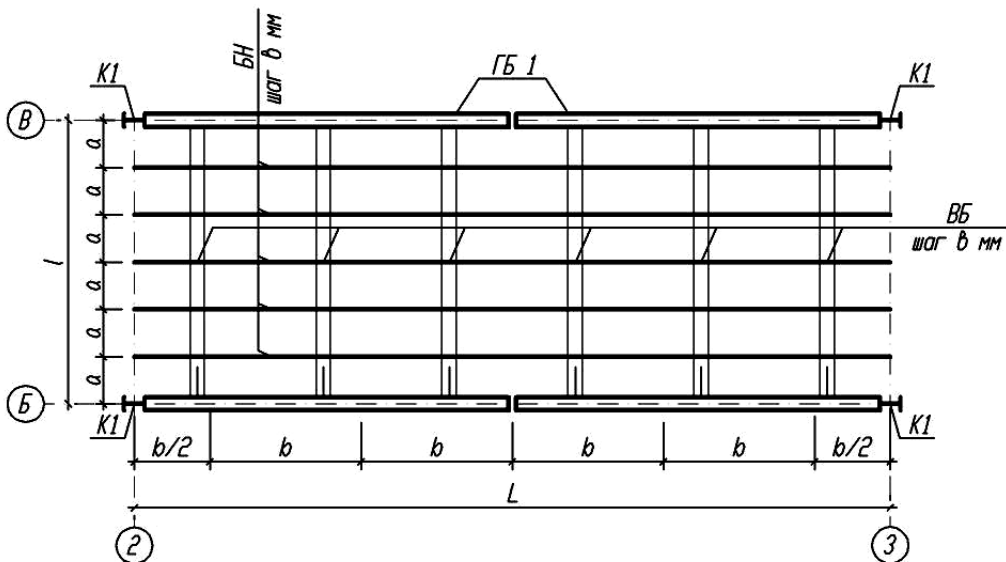


Рис. 5. Усложнённый тип балочной клетки со смещением ВБ относительно осей колонн на половину шага, сопряжение БН и ВБ с ГБ – пониженное, опирание ГБ на колонну сверху



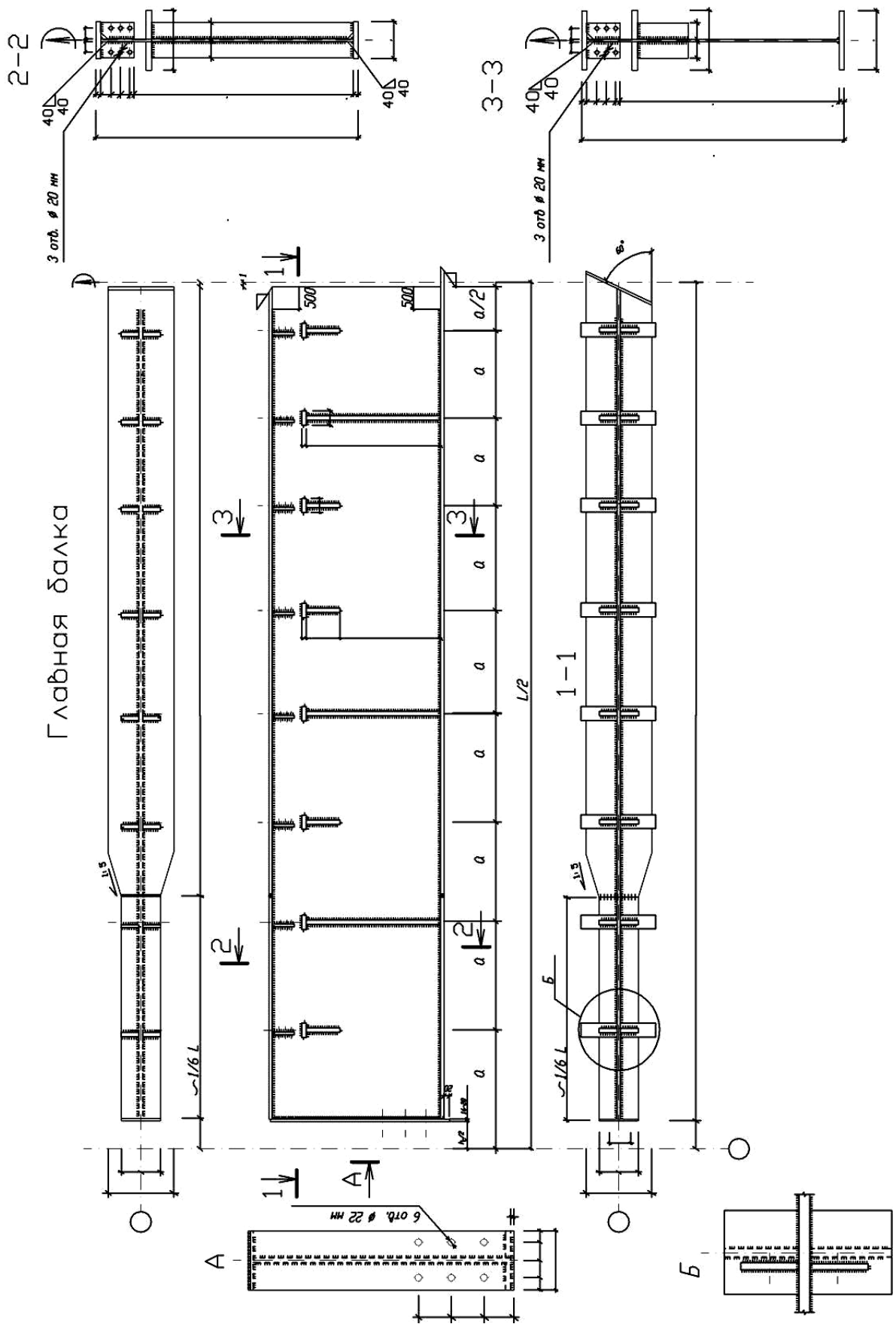


Рис. 7. Отправочный элемент ГБ со сварным монтажным стыком при нормальном типе балочной клетки при сопряжении БН и ГБ в одном уровне и примыкании ГБ к колонне сбоку



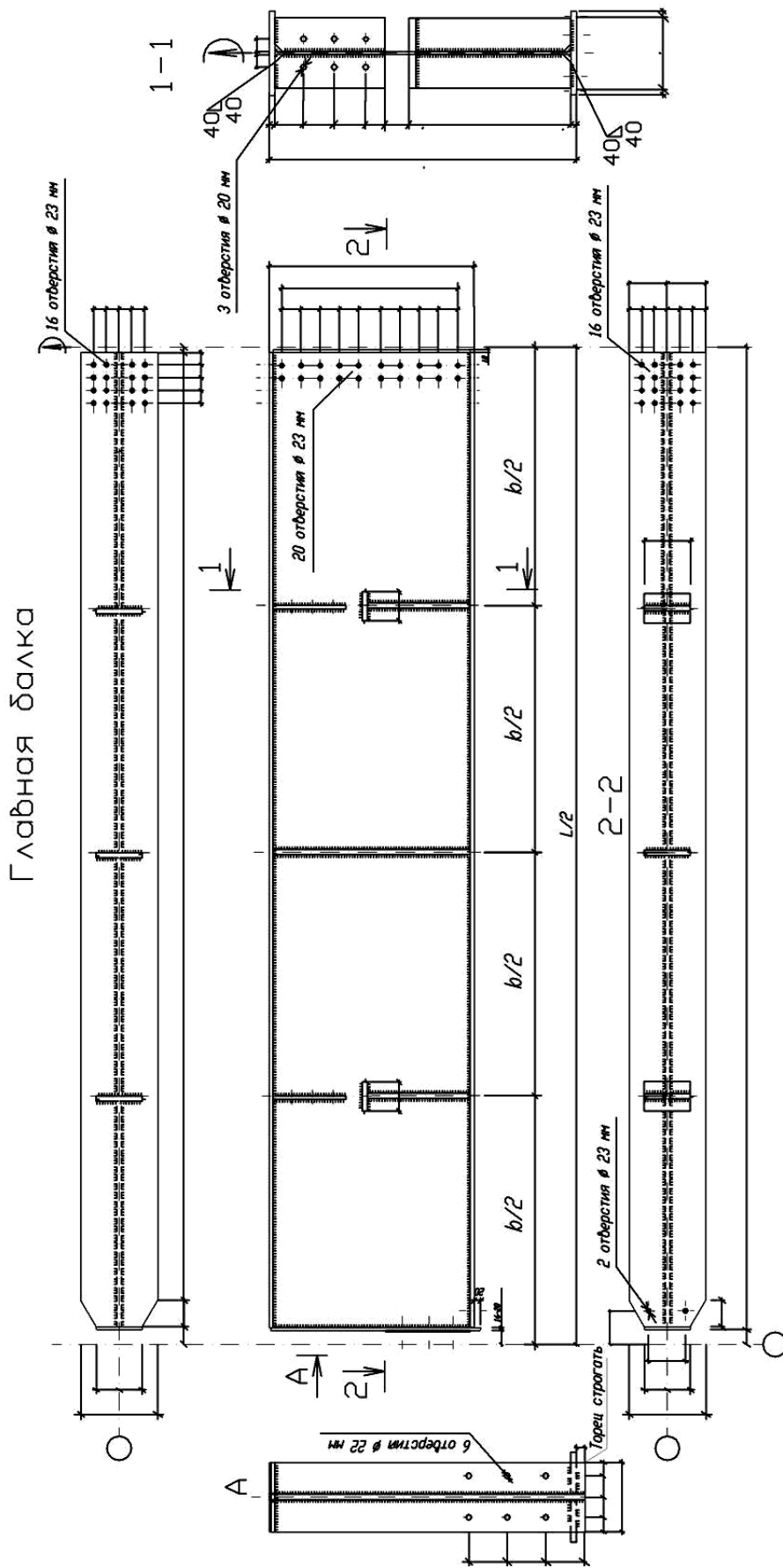


Рис. 8. Отправочный элемент ГБ с монтажным стыком на высокопрочных болтах при усложнённом типе балочной клетки, при опирании ГБ на колонну сверху

# Главная балка

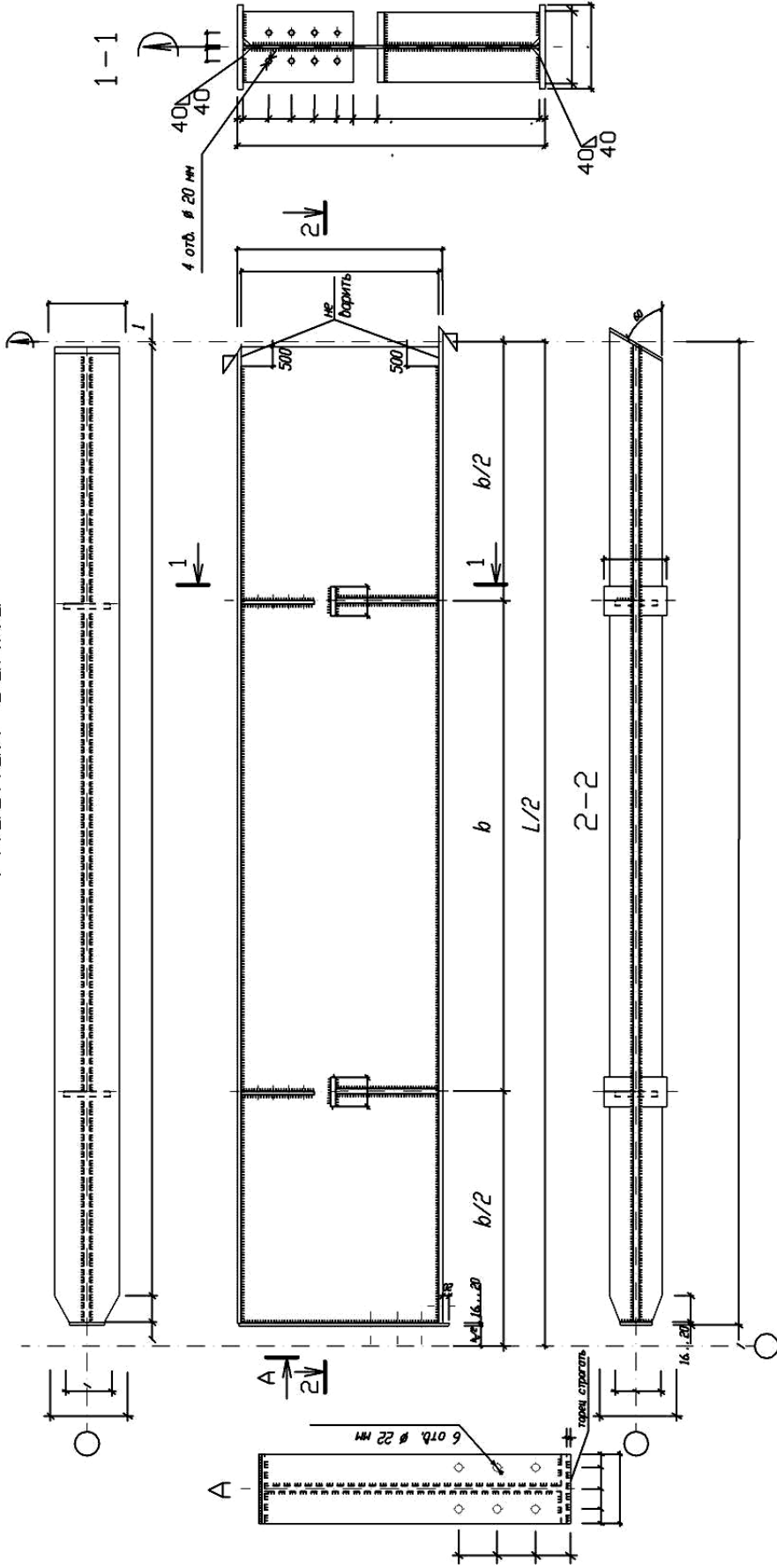
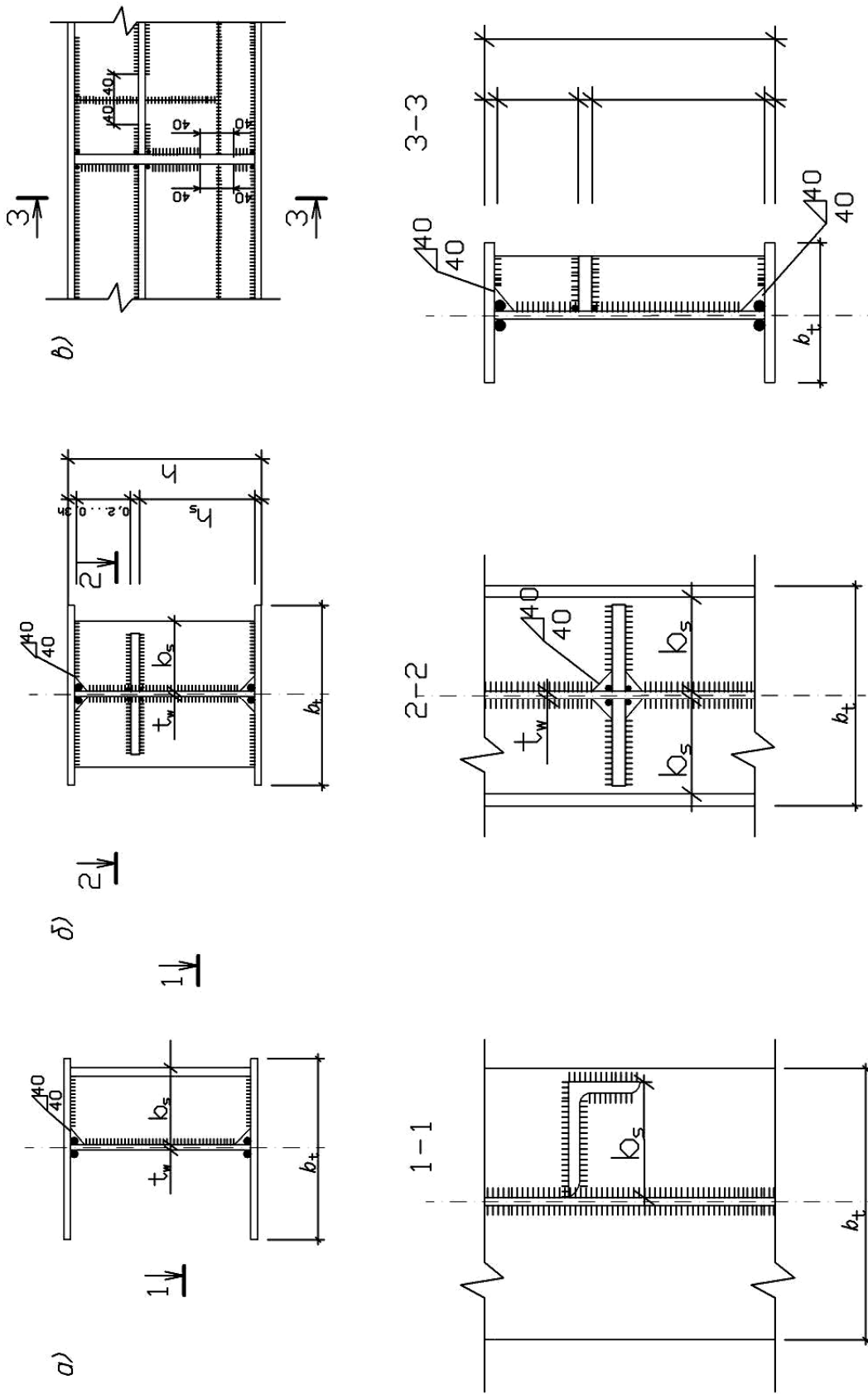


Рис. 9. Отправочный элемент ГБ со сварным монтажным стыком при усложнённом типе балочной клетки, сопряжение ВБ с ГБ – пониженное, притыкание ГБ к колонне сбоку



**Рис. 10. Постановка рёбер жёсткости:**

*a* – поперечное одностороннего; *б* – поперечного и продольного симметричных;  
*в* – расположение стыковых швов и рёбер жёсткости на стенке главной балки

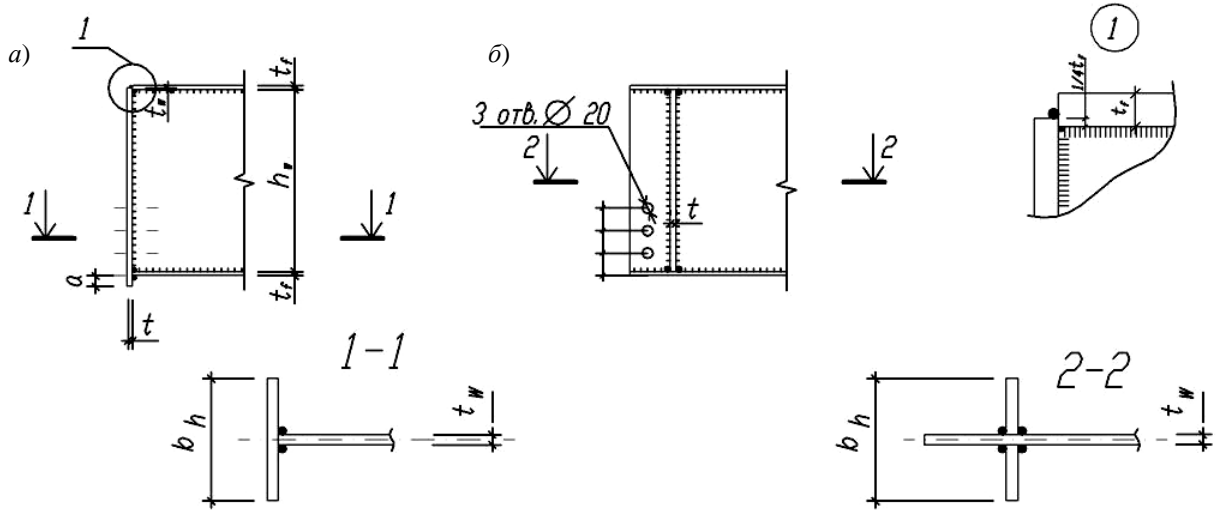


Рис. 11. Схема устройства опорного ребра жёсткости в главной балке:  
 а – с выносом ребра на торец; б – со смещением ребра внутрь

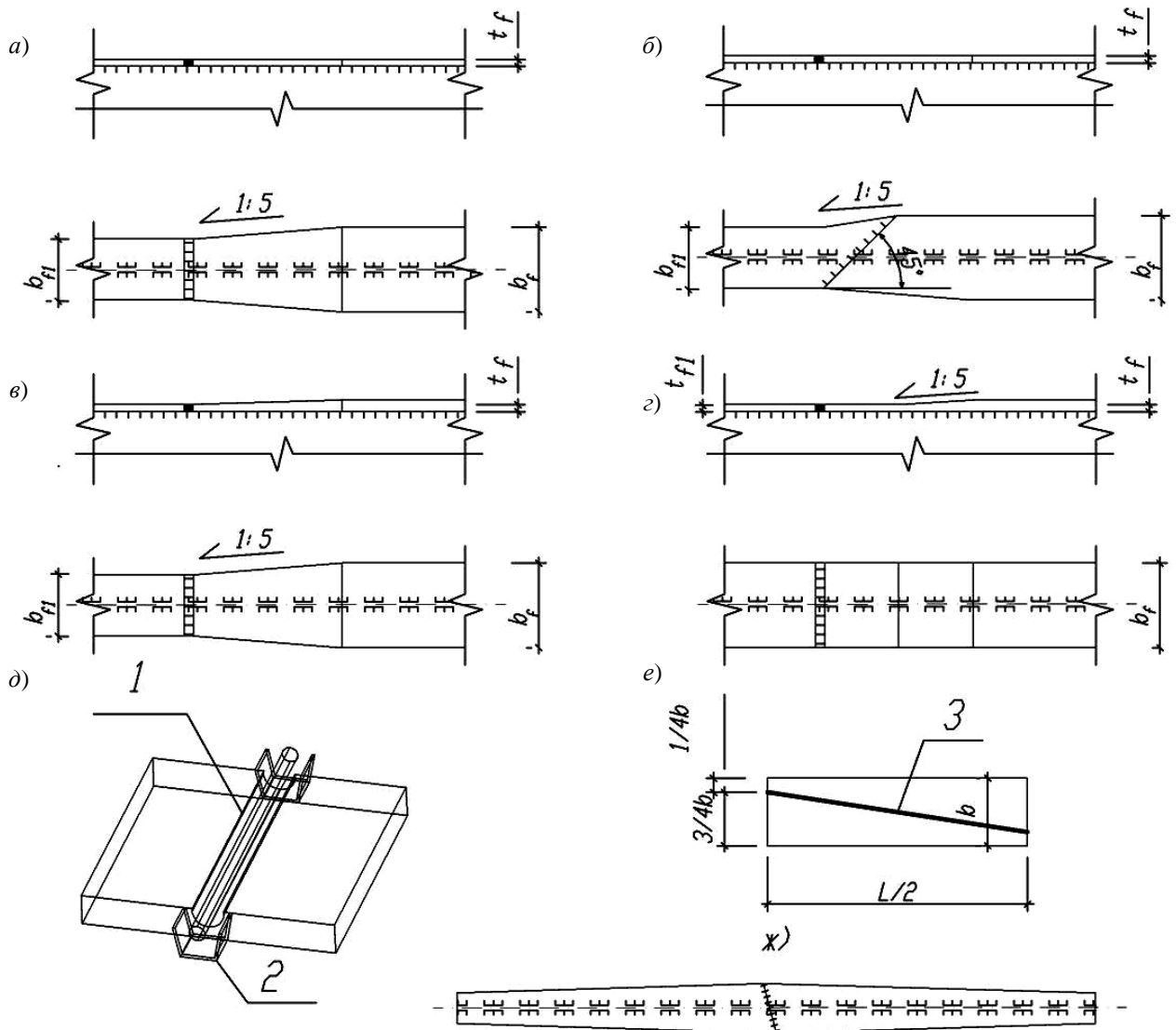


Рис. 12. Изменение сечения поясов сварных балок:  
 а, б – ширины; в – ширины и толщины; г – толщины; 1 – шов; 2 – планка; 3 – линия раскроя листа

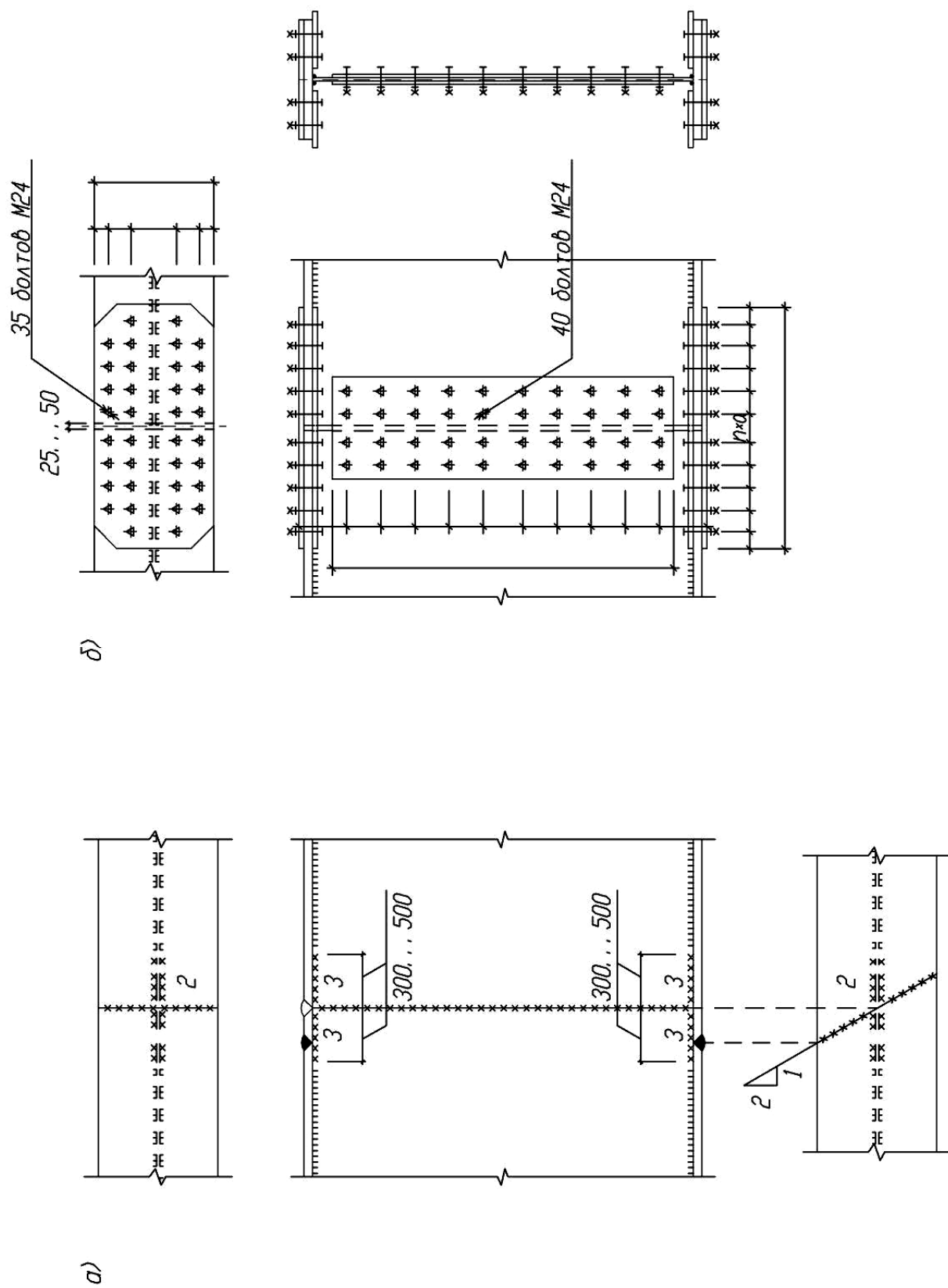


Рис. 13. Укрупнительные швы главных болтов:  
 а – сварной; б – на высокопрочных болтах

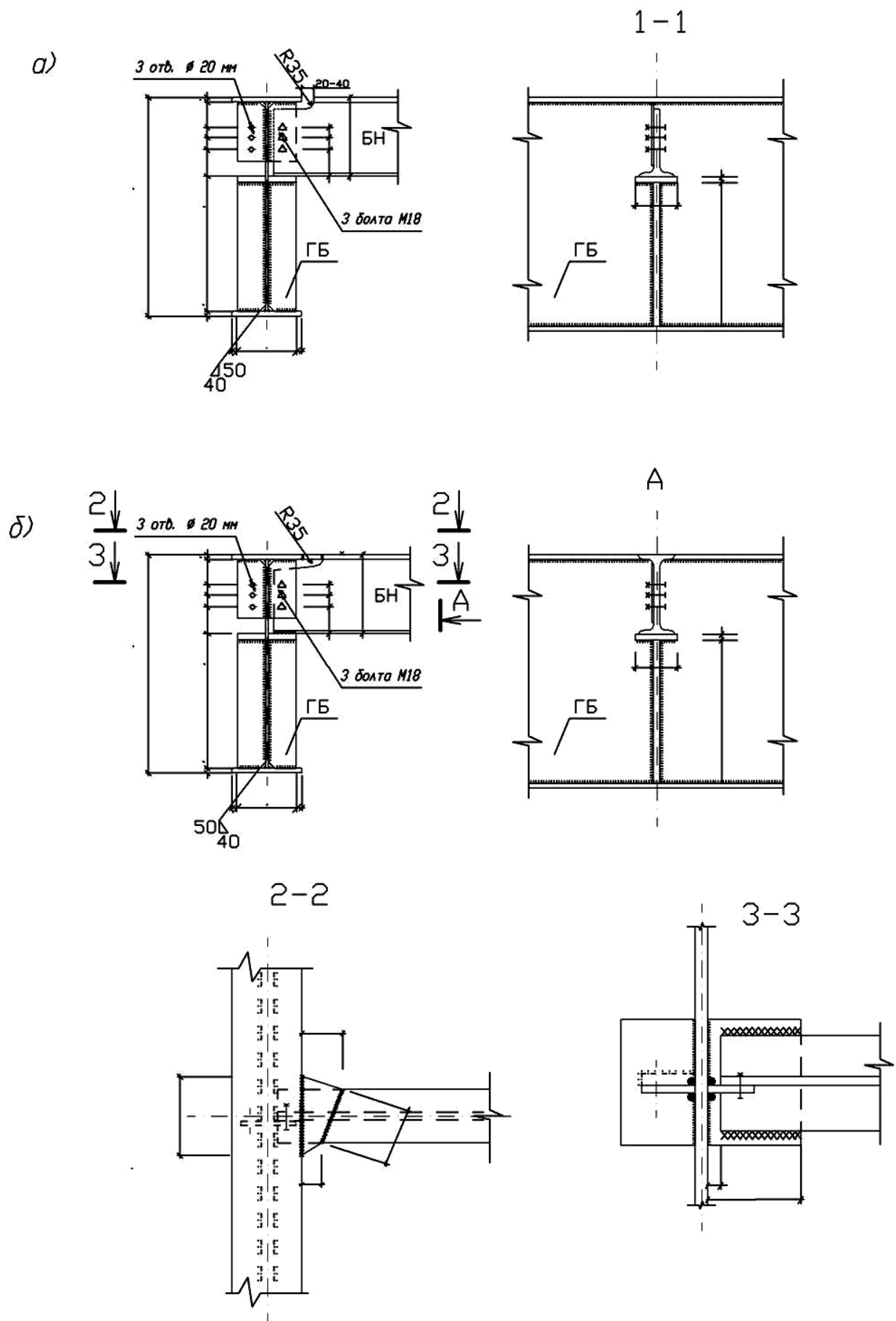


Рис. 14. Варианты узлов сопряжения БН с ГБ в один уровень (нормальный тип балочной клетки):  
*а* – шарнирное; *б* – жёсткое

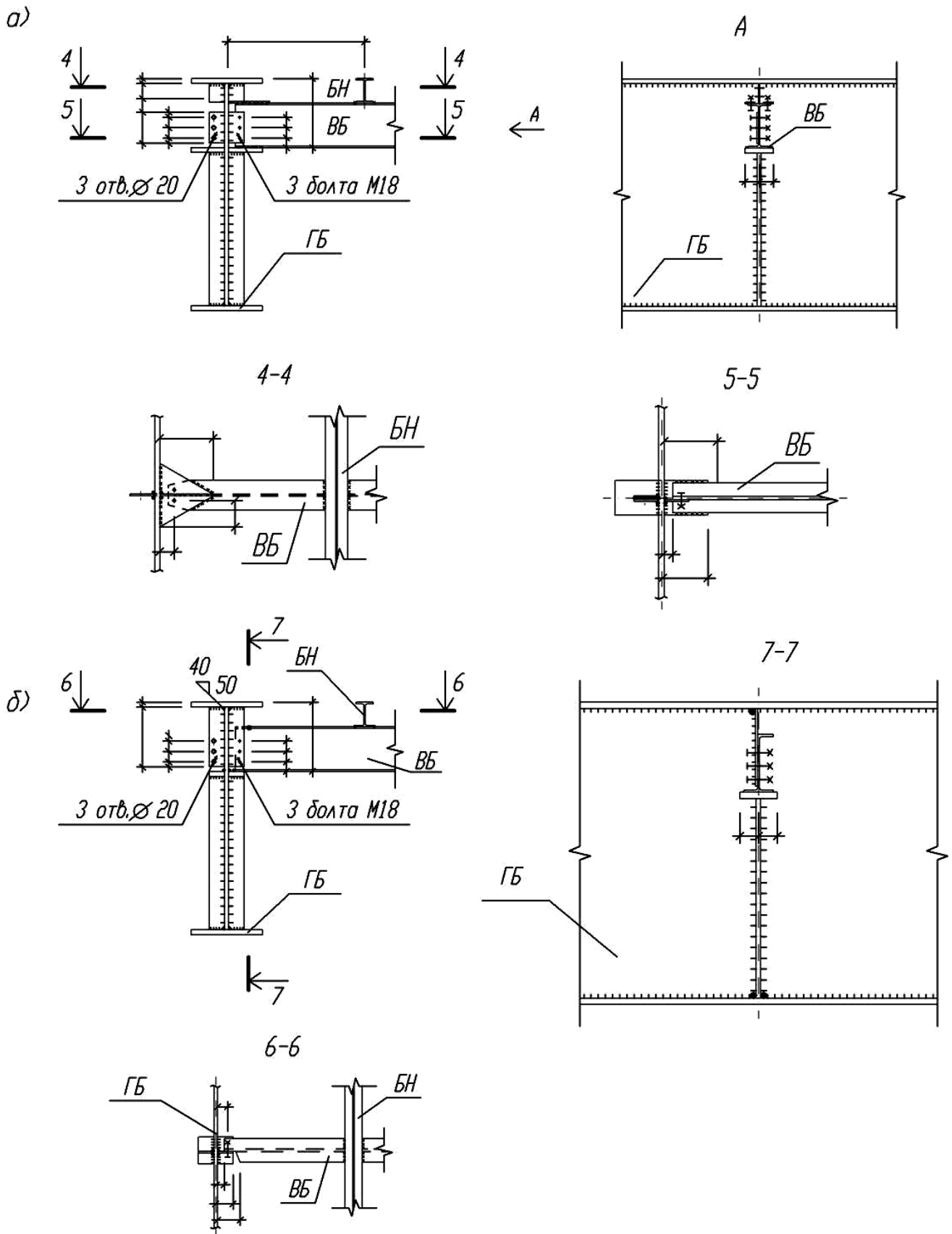


Рис. 15. Варианты узлов сопряжения ВБ с ГБ и БН с ВБ (усложнённый тип балочной клетки):  
а – жёсткое; б – шарнирное

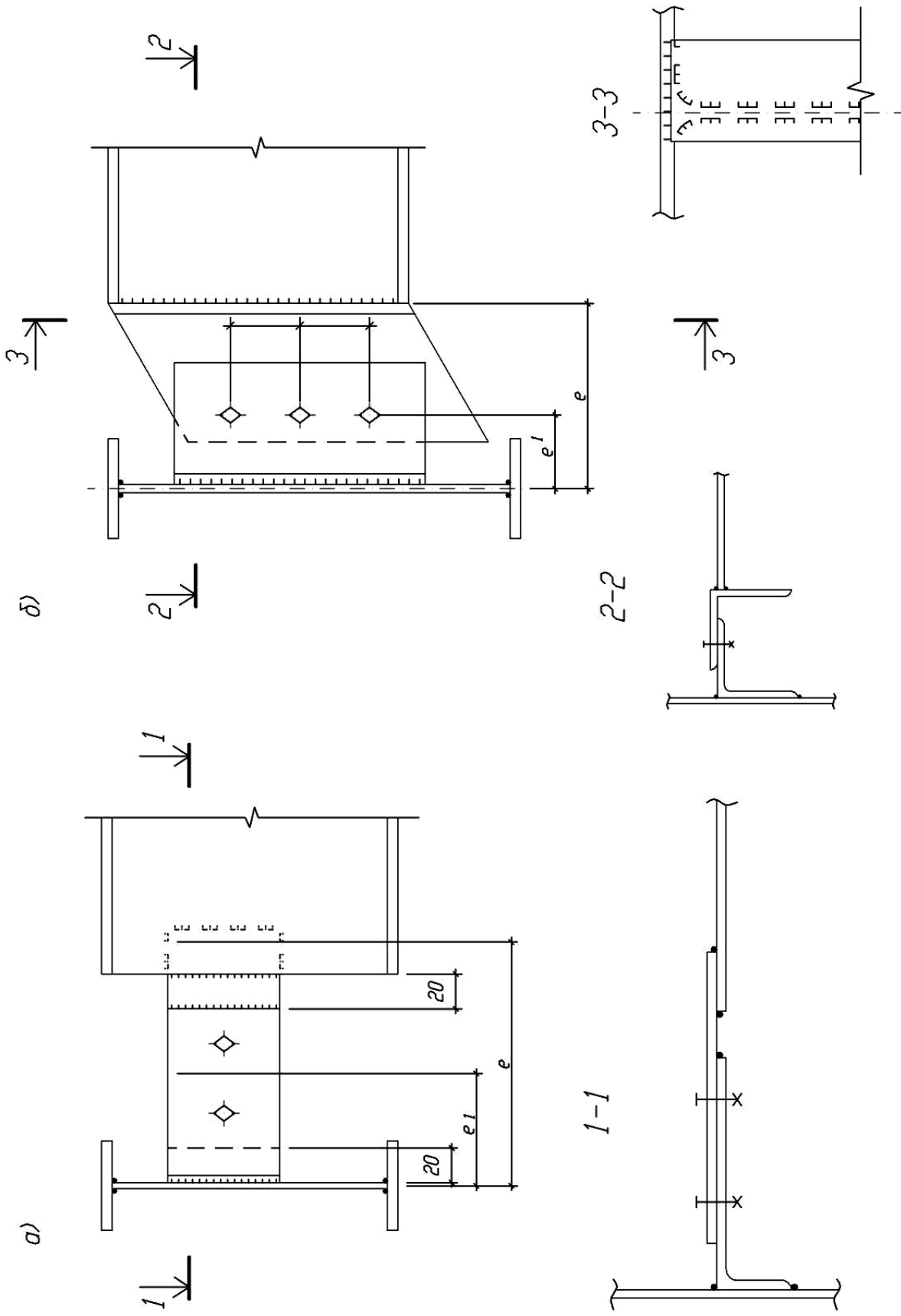


Рис. 16. Узлы шарнирного сопряжения балок в одном уровне:

*a* – крепление балок из двутавров № 20 и менее; *б* – крепление балок из двутавров № 20 и более



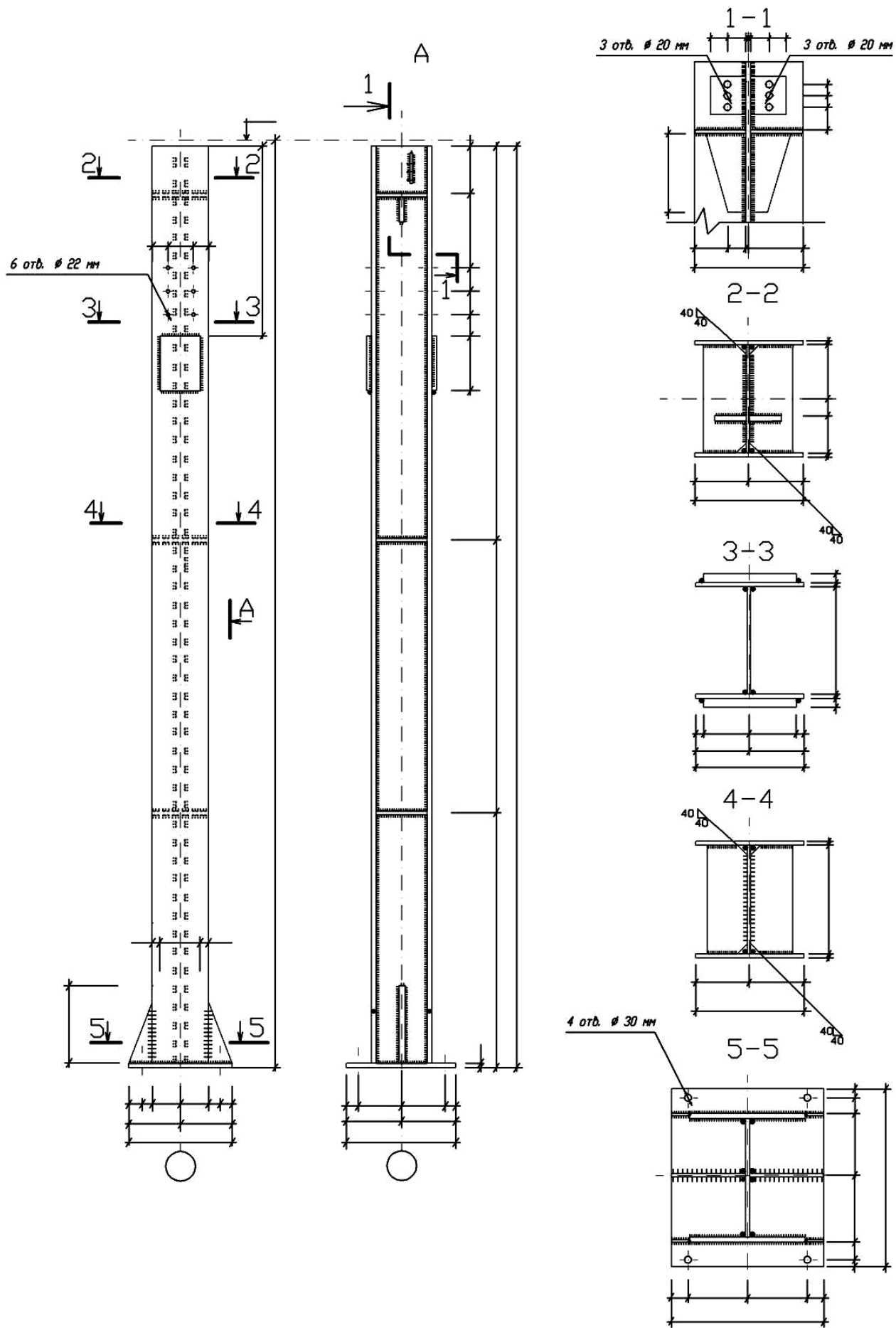


Рис. 17. Сплошная колонна

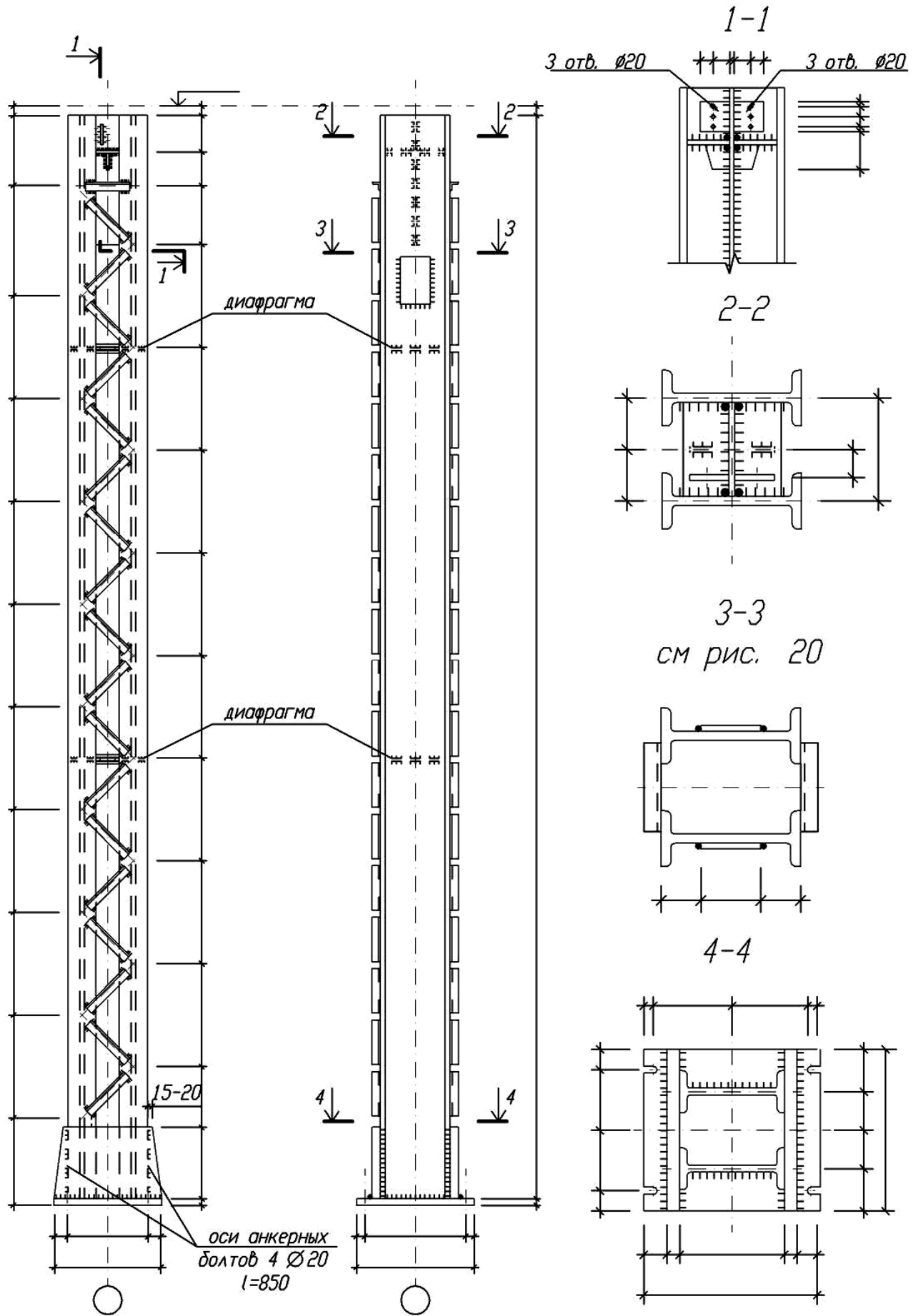


Рис. 18. Сквозная колонна из двух двутавров с соединением ветвей раскосной решёткой

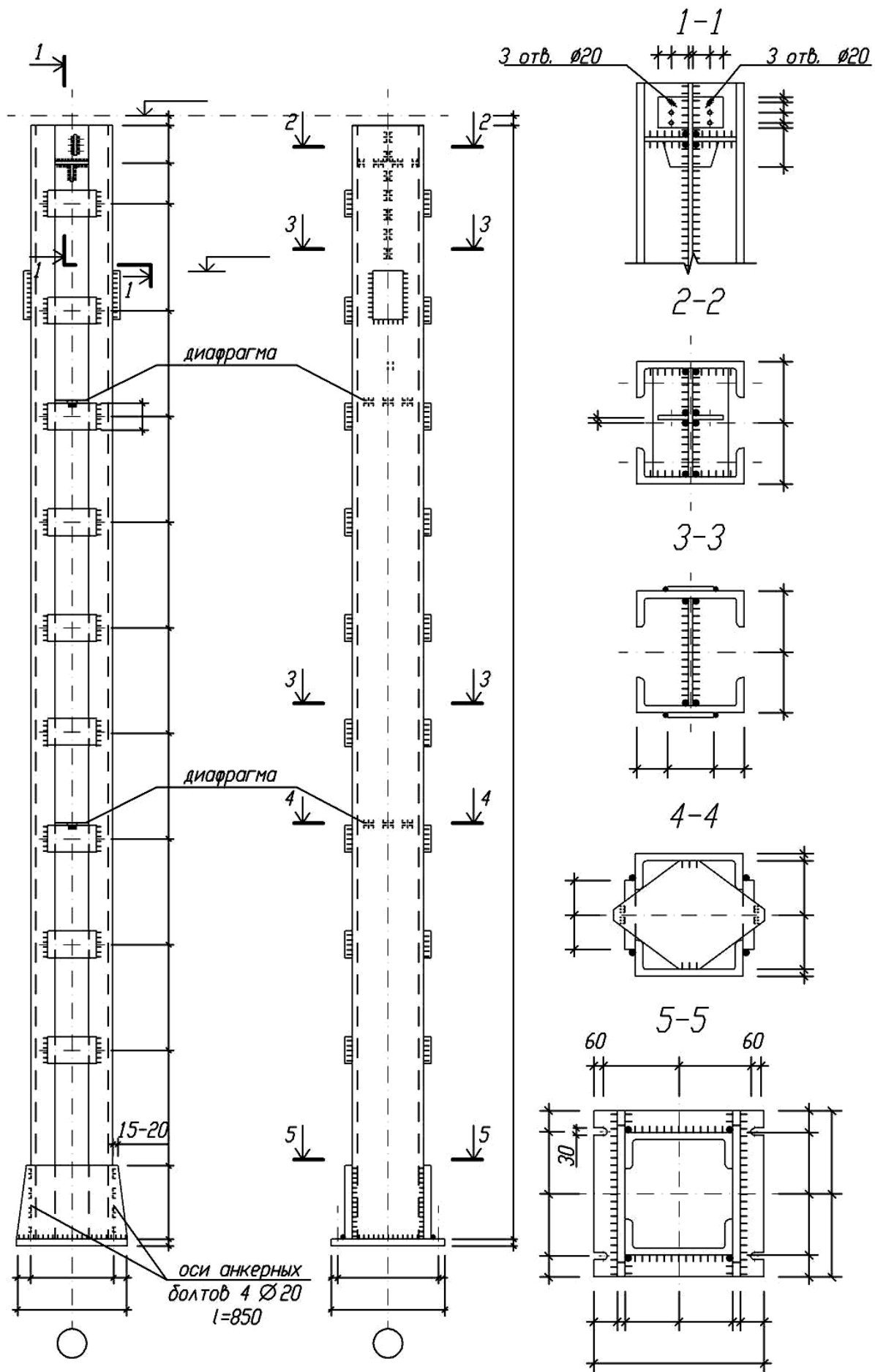


Рис. 19. Сквозная колонна из двух швеллеров с соединением ветвей планками

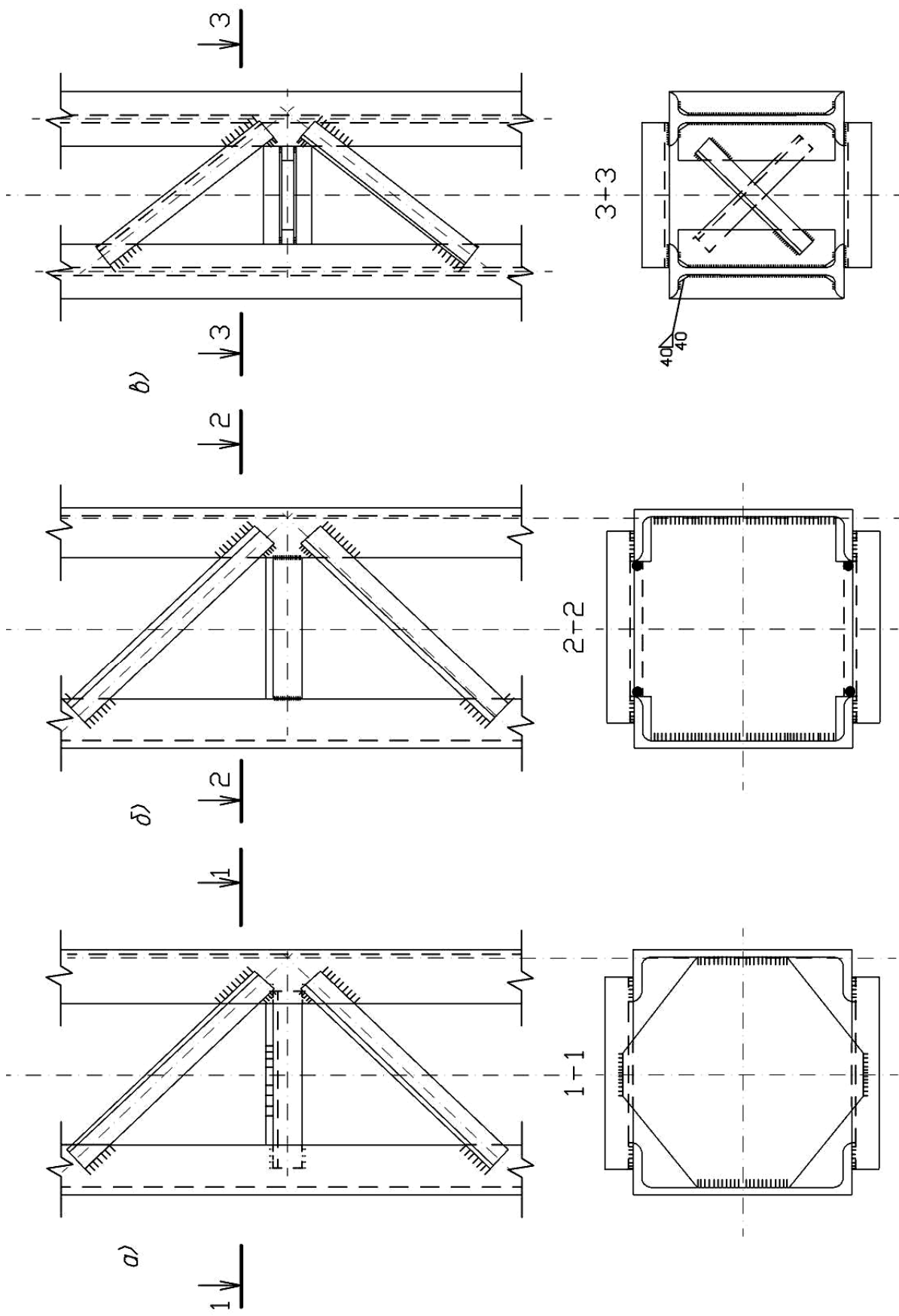


Рис. 20. Варианты постановки диафрагм жёсткости в сквозных колоннах

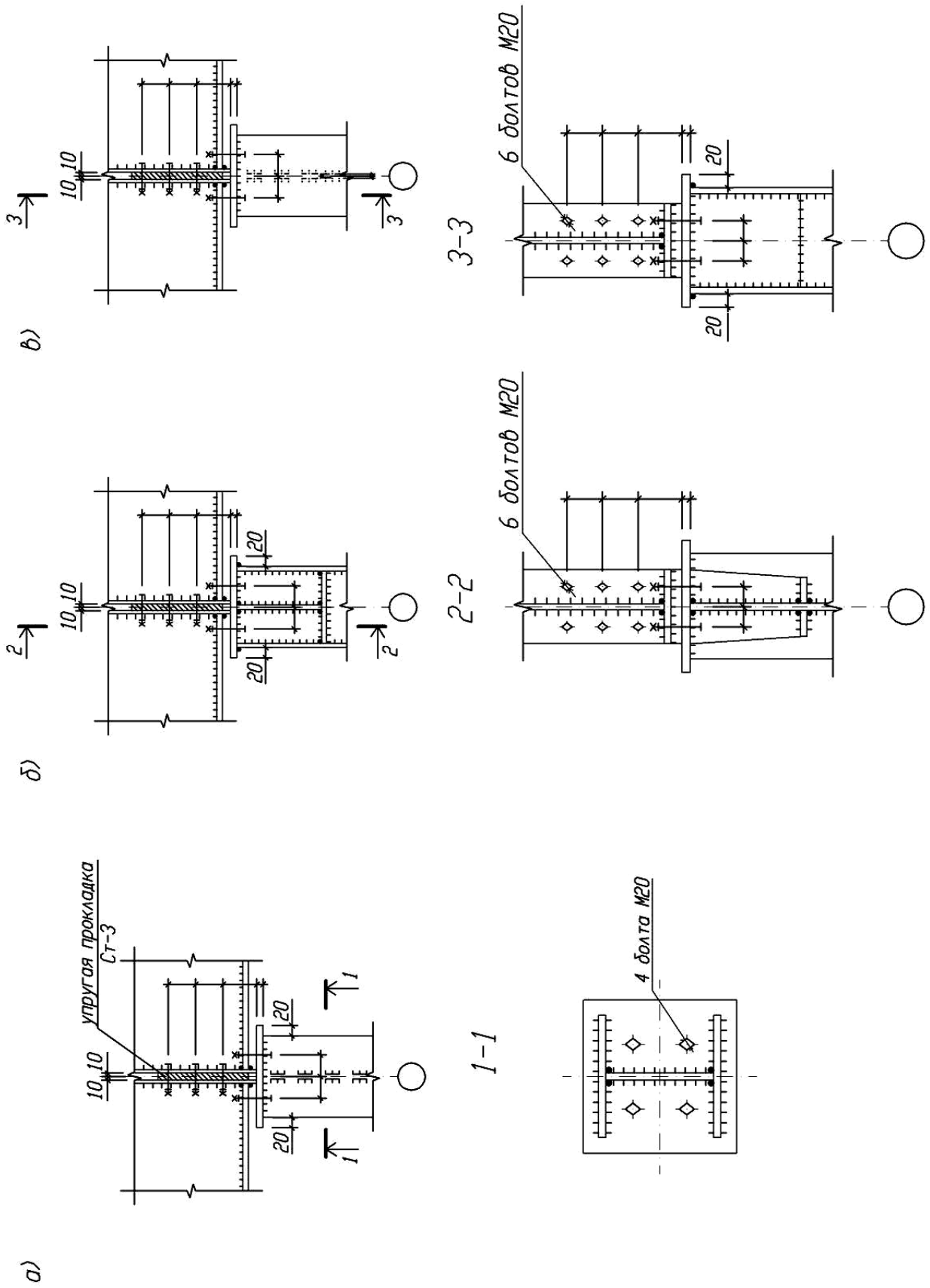


Рис. 21. Узлы опирания главных балок на колонну сверху

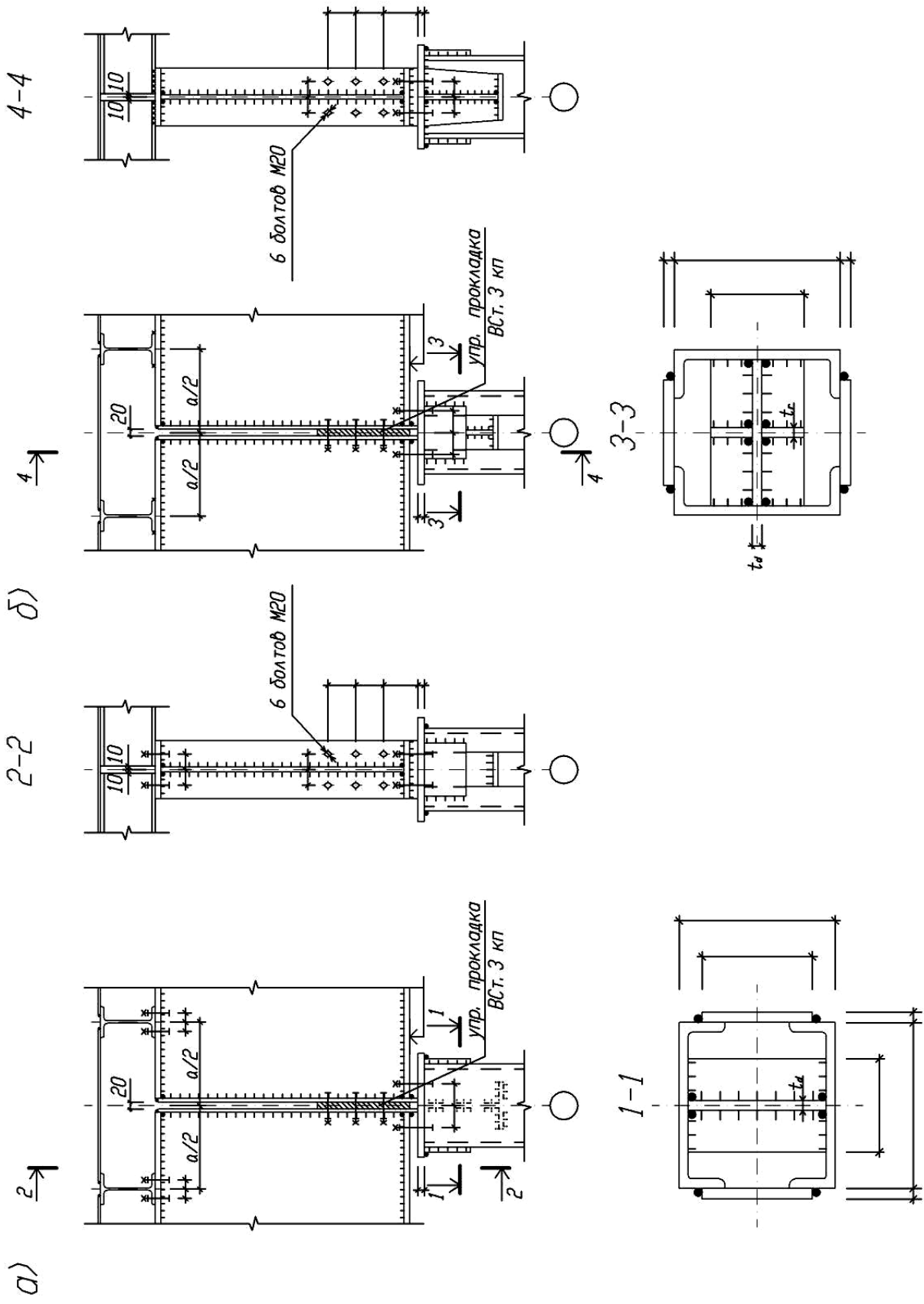


Рис. 22. Варианты сопряжения балок настила с главными балками и опирания ГБ на сквозную колонну

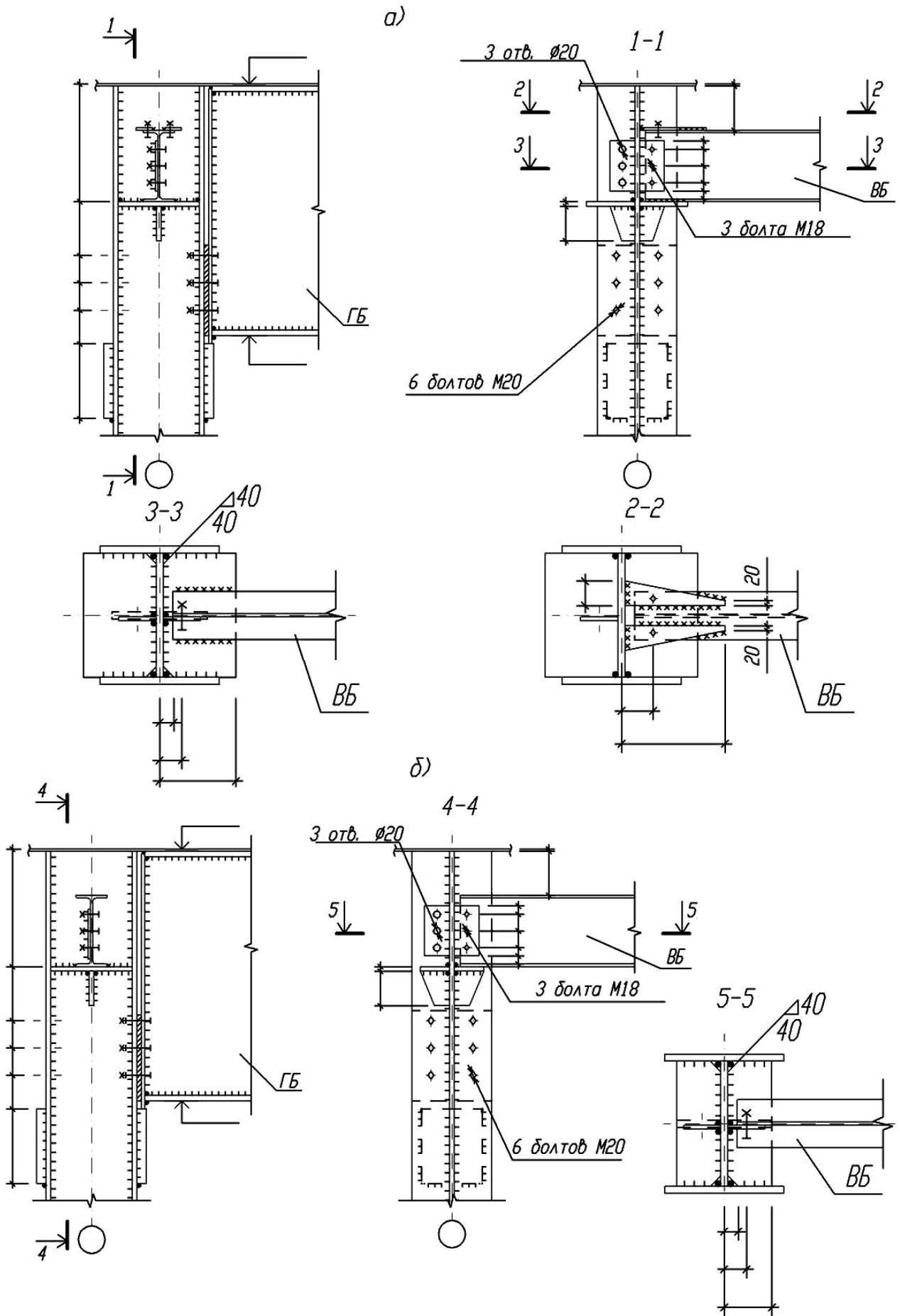
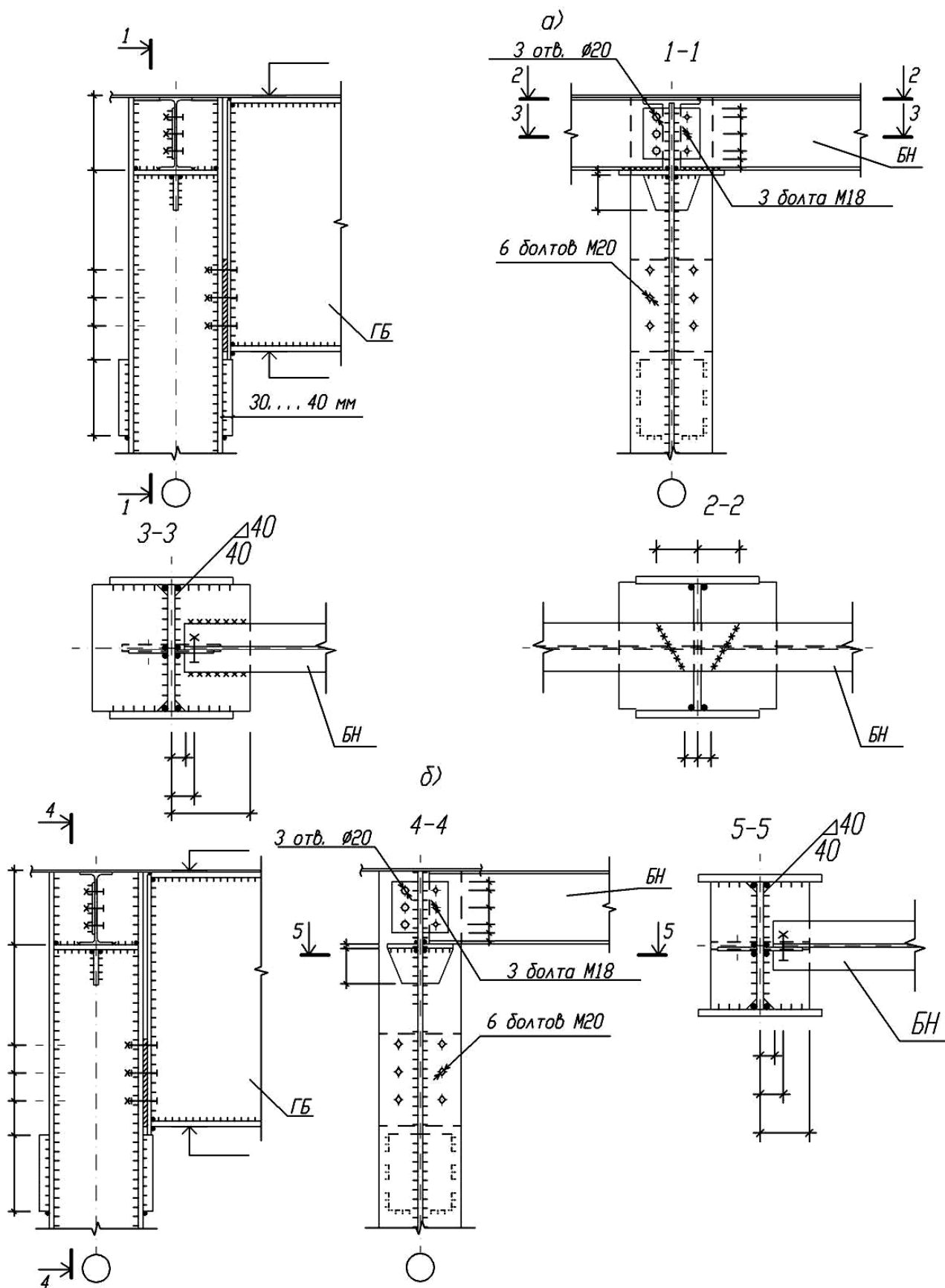


Рис. 23. Узлы примыкания ГБ и ВБ к сплошной колонне сбоку (усложнённый тип балочной клетки):  
 а – жесткое сопряжение ВБ; б – шарнирное сопряжение ВБ



**Рис. 24. Узлы примыкания ГБ и БН к сплошной колонне сбоку (нормальный тип балочной клетки):**  
 а – жёсткое сопряжение БН; б – шарнирное сопряжение БН



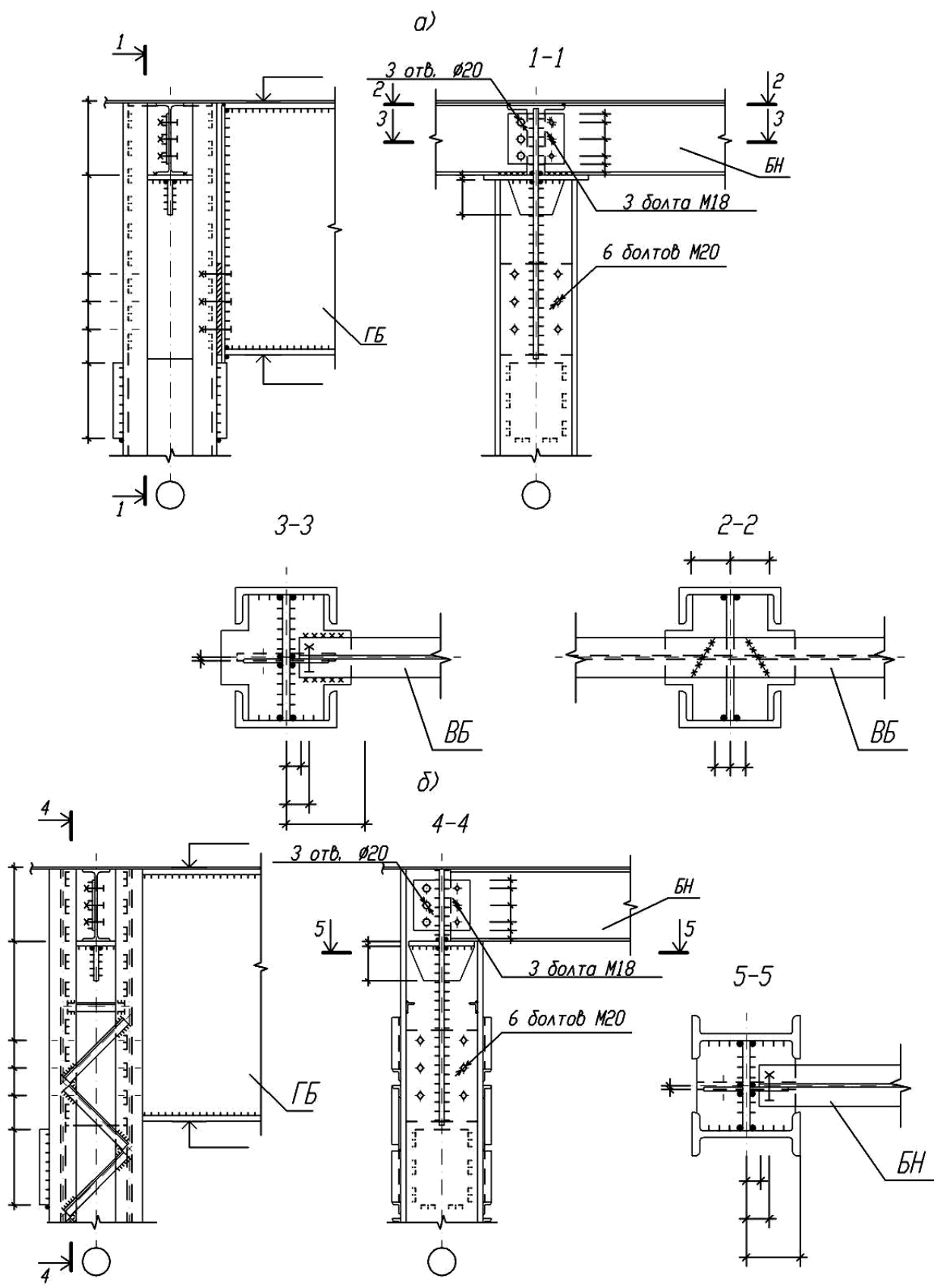


Рис. 25. Узлы примыкания ГБ и ВБ к сквозной колонне (в нормальном типе балочной клетки):  
 а – жесткое сопряжение БН; б – шарнирное сопряжение БН

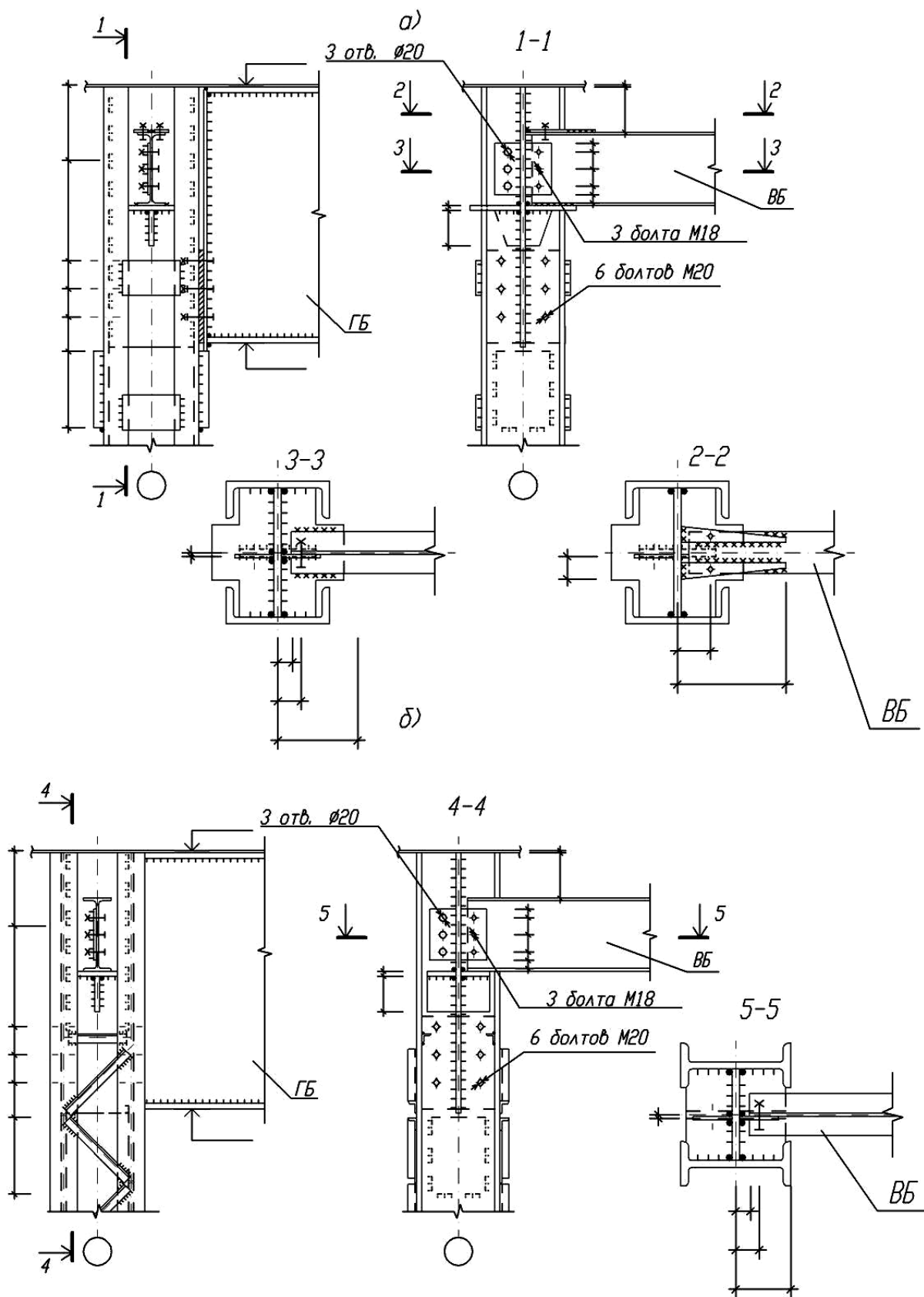


Рис. 26. Узлы примыкания ГБ и ВБ к сквозной колонне сбоку  
(усложнённый тип балочной клетки):  
а – жёсткое сопряжение ВБ; б – шарнирное сопряжение ВБ

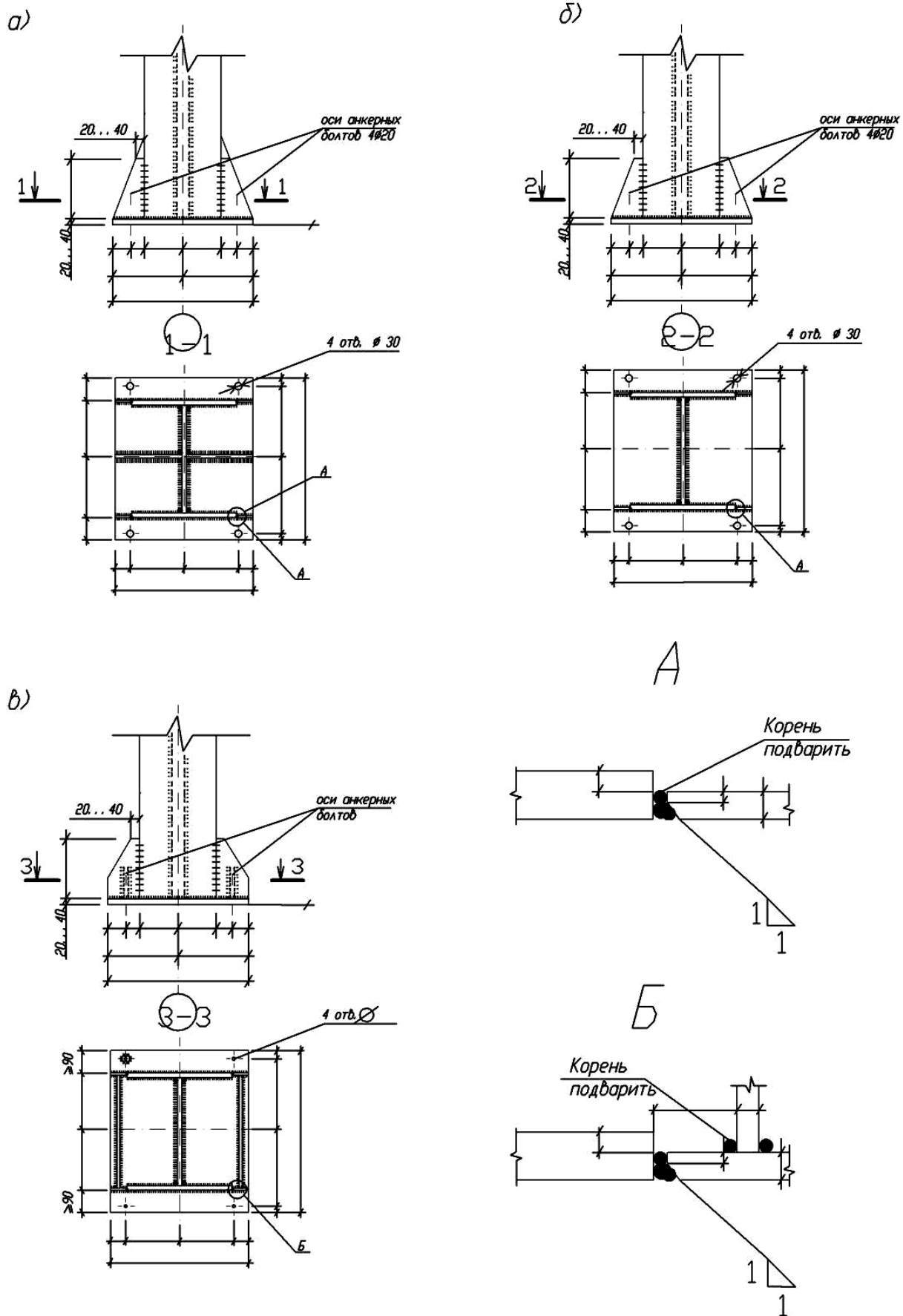


Рис. 27. Базы сплошных колонн при шарнирном сопряжении с фундаментом

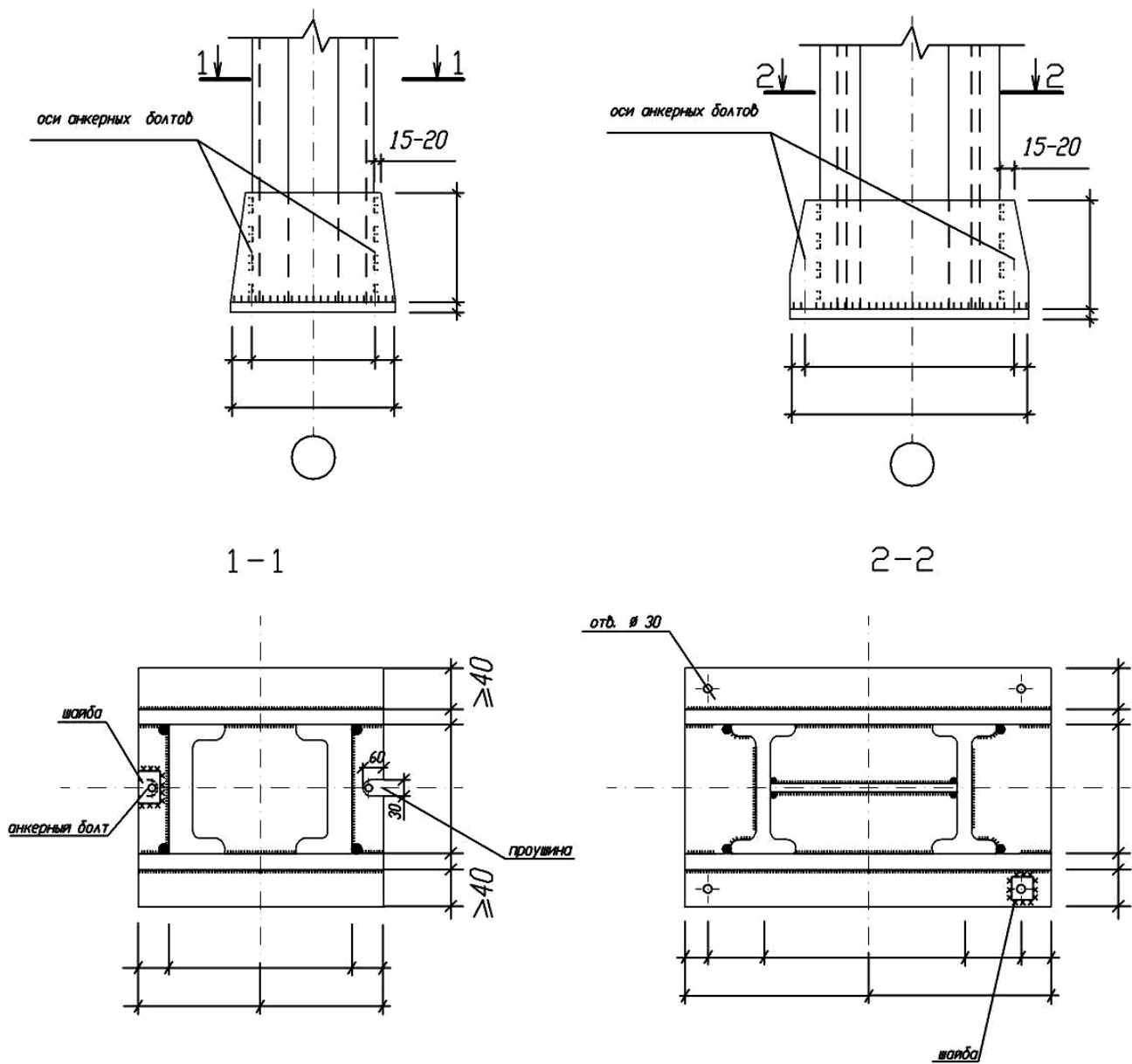


Рис. 28. Базы сквозных колонн при шарнирном сопряжении с фундаментом

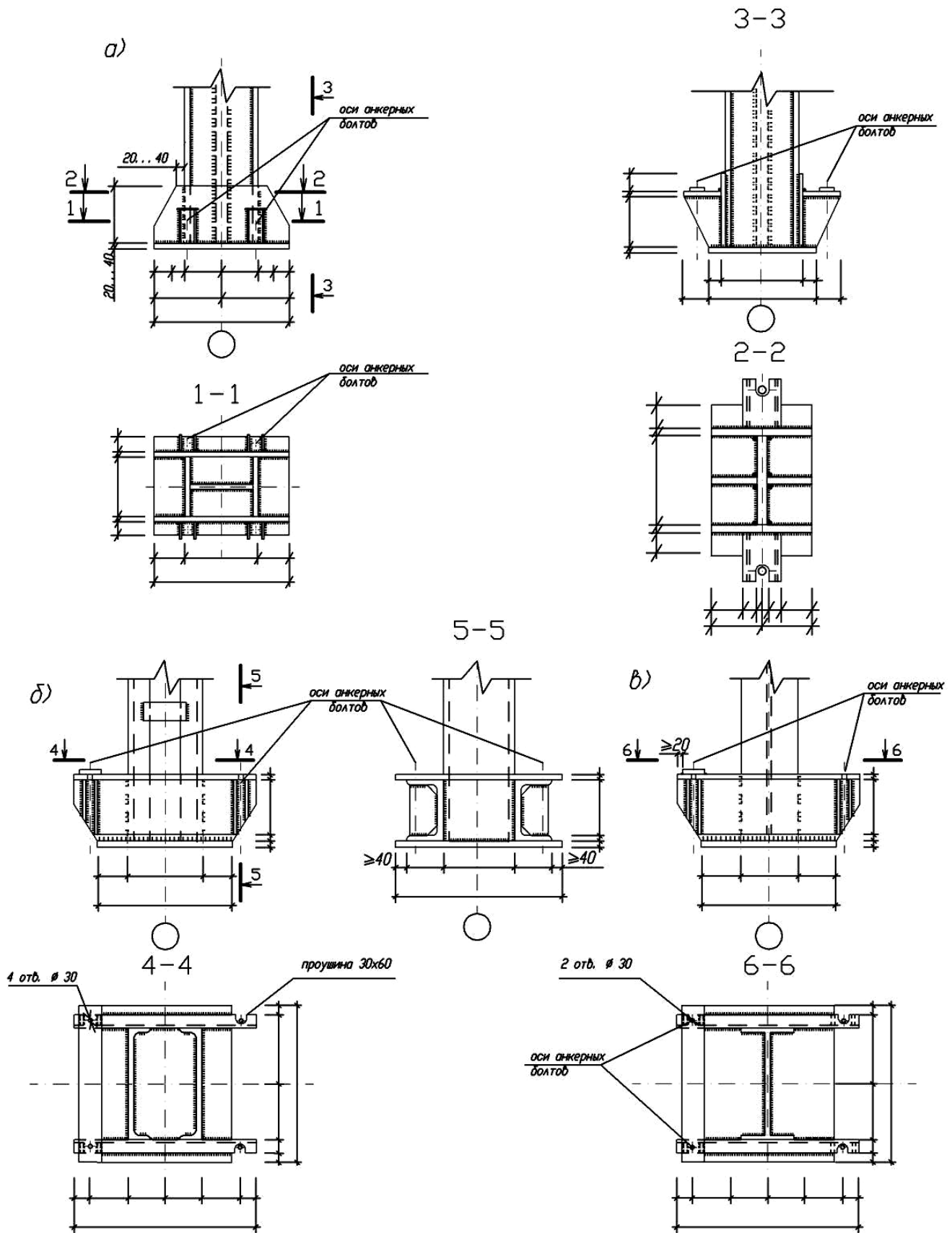


Рис. 29. Базы колонн при жёстком сопряжении с фундаментом

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.01.07–85\*. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2003. – 55 с.
2. СНиП II-23–81\*. Стальные конструкции. – М. : ОАО «ЦПП», 2008. – 90 с.
3. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23–81\* «Стальные конструкции») / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 148 с.
4. Металлические конструкции : учебник для вузов / Ю.М. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др. ; под ред. Ю.М. Кудишина. – 9-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 688 с.
5. Металлические конструкции : учебник для строит. вузов. Т. 1: Элементы конструкций / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др. ; под ред. В.В. Горева. – М. : Высшая школа, 2004. – 551 с.
6. Металлические конструкции : учебник для строит. вузов Т. 2: Конструкции зданий / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др. ; под ред. В.В. Горева. – М. : Высшая школа, 2004. – 528 с.
7. Конструктивные решения стальных балочных клеток : метод. указ. / сост. О.В. Умнова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2000. – 43 с.
8. Умнова, О.В. Стальной каркас здания павильонного типа : учебное пособие / О.В. Умнова, О.В. Евдокимцев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 164 с.
9. Металлические конструкции. Общий курс : учебник для вузов / под общ. ред. Е.И. Беленя. – М. : Стройиздат, 1986. – 560 с.
10. Лихтарников, Я.М. Расчёт стальных конструкций : справочное пособие / Я.М. Лихтарников, Д.В. Ладыженский, В.М. Клыков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будивельник, 1984. – 368 с.
11. Металлические конструкции : справочник проектировщика / под ред. Н.П. Мельникова. – 2-е изд. – М. : Стройиздат, 1980. – 776 с.
12. Муханов, К.К. Металлические конструкции / К.К. Муханов. – 3-е изд. – М. : Стройиздат, 1978. – 576 с.
13. Справочник проектировщика. Расчётно-теоретический / под ред. А.А. Уманского. – М. : Стройиздат, 1972. – Т. 1. – 599 с.
14. Файбишенко, В.К. Металлические конструкции / В.К. Файбишенко. – М. : Стройиздат, 1984. – 336 с.