

Многоэтажные здания

Классификация

Основные объемно-планировочные решения

- Промышленные здания
 - Высота этажей - кратно 12М (1,2 м)
 - Пролеты - кратны 30М (3 м)
 - Полезные нагрузки – до 25 кПа
 - Этажность - 3...10
- Гражданские здания
 - Высота этажей кратно 2М (20 см)
 - Пролеты кратны 2М (20 см)
 - Полезные нагрузки – до 5 кПа
 - Этажность - до 40...110

Каркасные системы

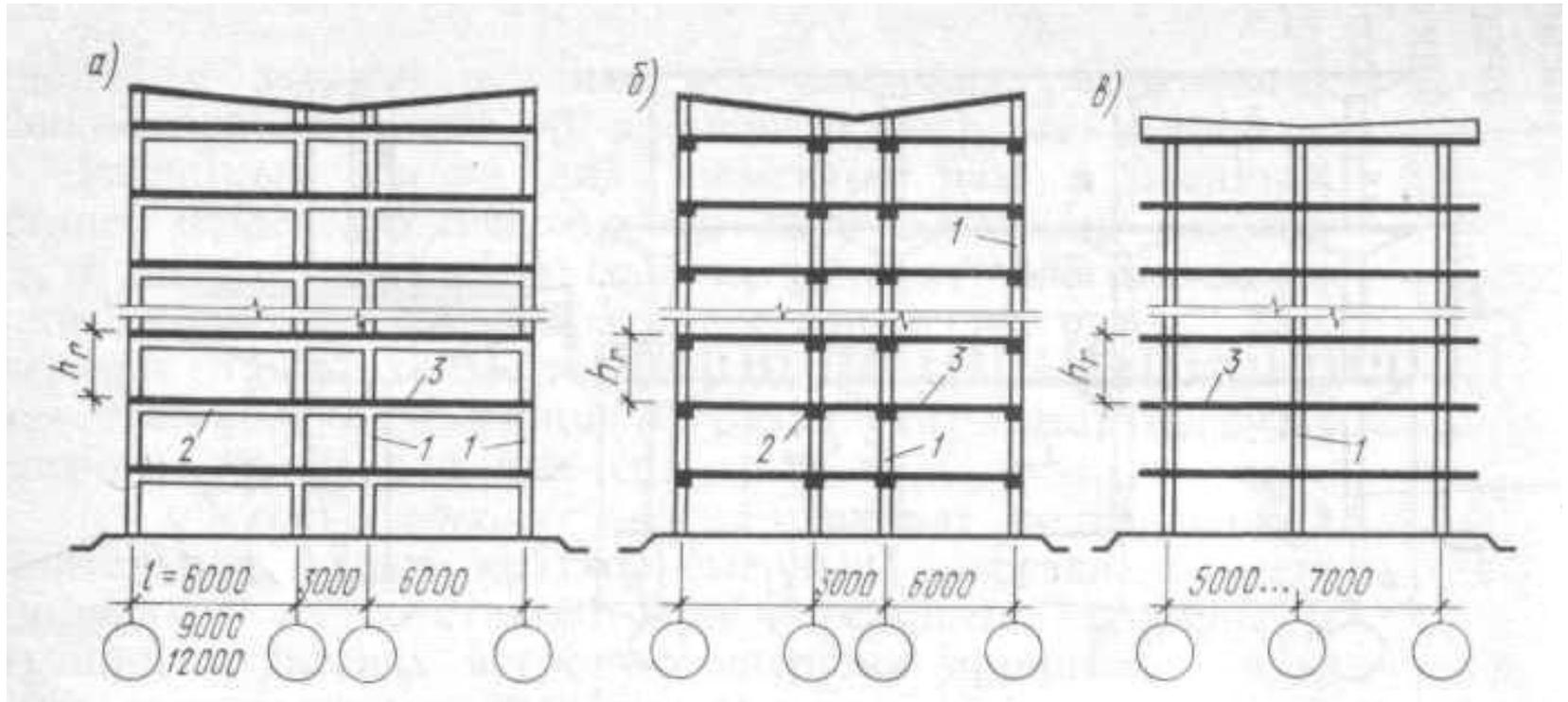
Конструктивная система	Восприятие вертикальной нагрузки	Восприятие горизонтальной нагрузки
Рамная	Колонна	Рама
Рамно-связевая	Колонна	Рама и диафрагма жесткости
Связевая	Колонна	Диафрагма жесткости

Бескаркасные системы

Конструктивная система	Восприятие вертикальной нагрузки	Восприятие горизонтальной нагрузки
Продольно-стенная	Продольные стены	Несущие стены и диафрагмы
Поперечно-стенная	Поперечные стены	Несущие стены и диафрагмы
Перекрестно-стенная	Продольные и поперечные стены	Несущие стены

Каркасные системы

Конструктивные решения каркасов гражданских зданий



с поперечными рамами (а), с продольными рамами (б) и с безбалочными перекрытиями (в):

1 – колонна; 2 - ригель; 3 - плита

Размещение вертикальных элементов жесткости

- Рациональное размещение вертикальных элементов жесткости в плане (а, б, в) и вертикальные несущие конструкции каркаса (г):
- 1 – рама с шарнирным креплением ригелей;
- 2 – рама с жесткими узлами;
- 3 – пилон;
- 4 – ствол

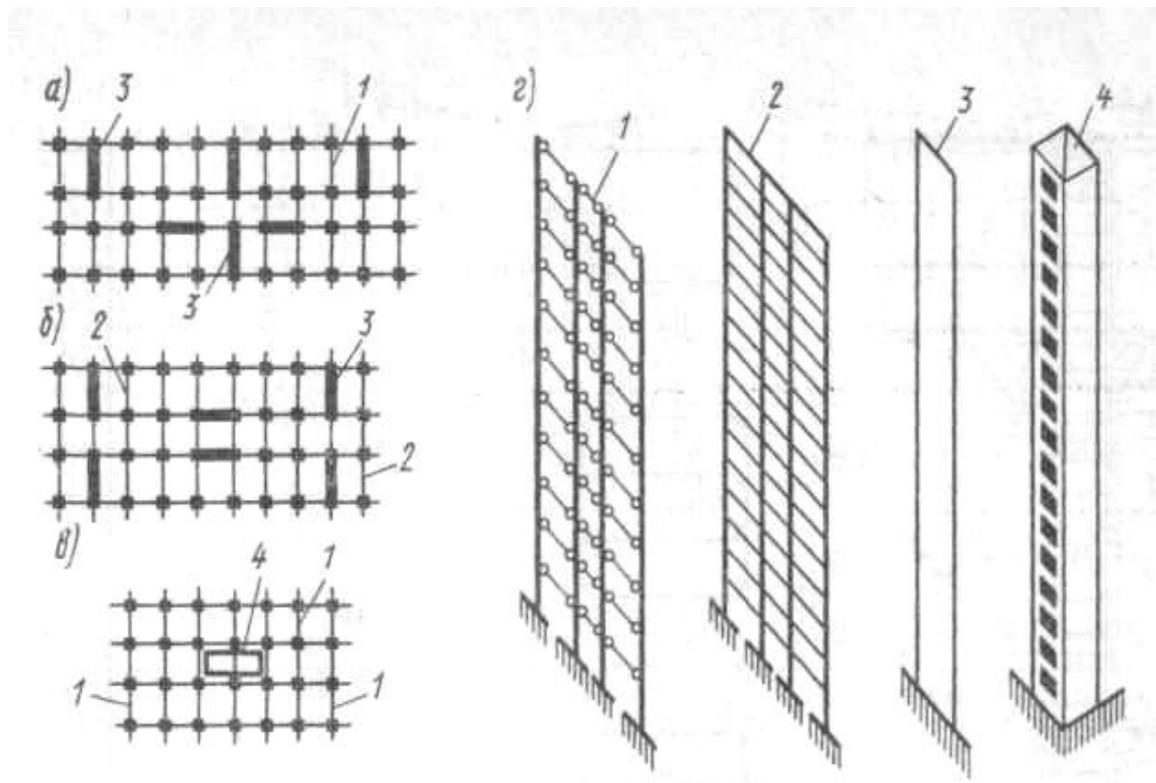
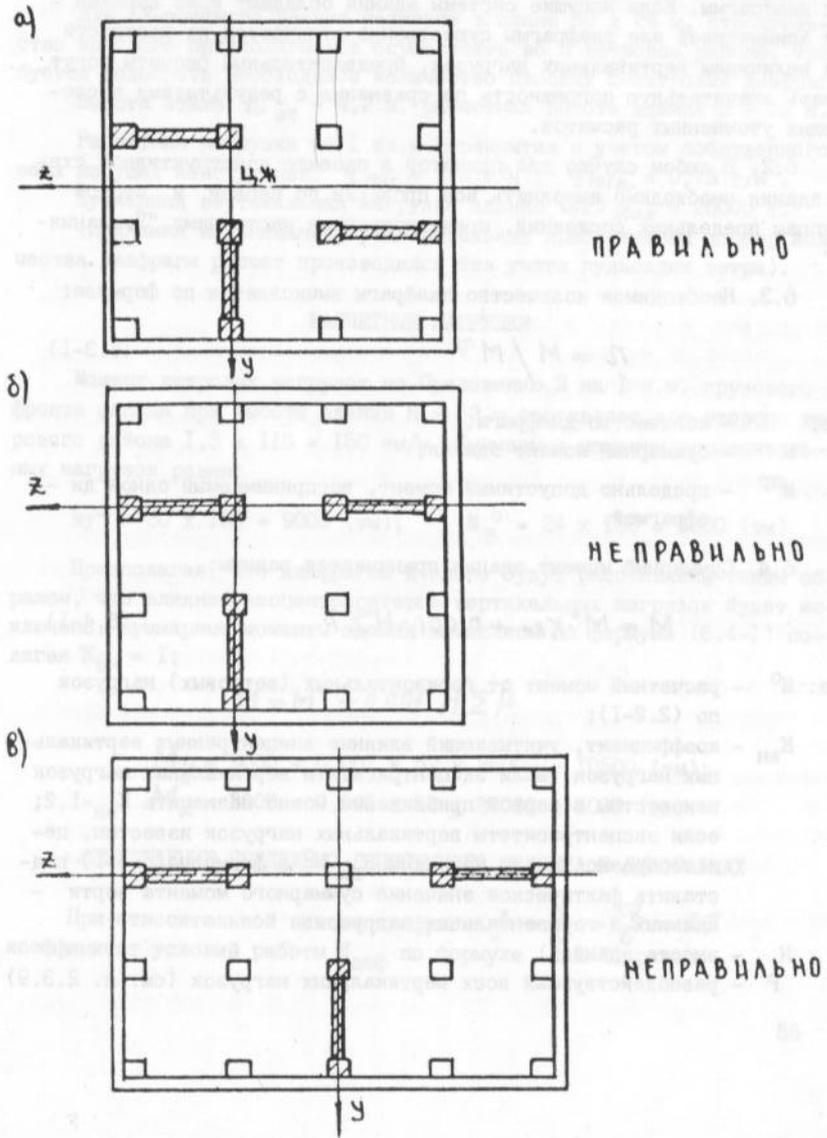
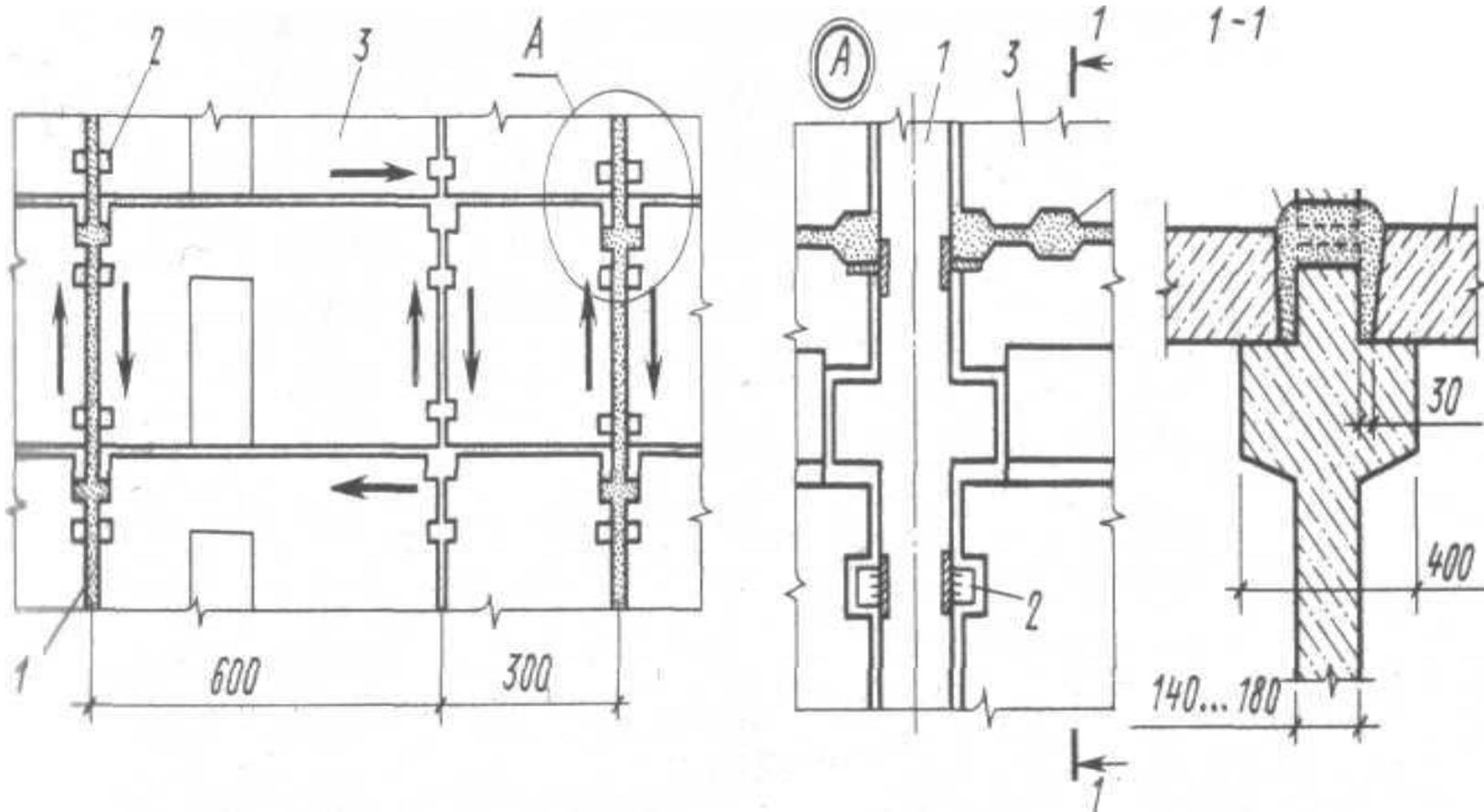


Рис. 5.1
 ПРИМЕРЫ ПРАВИЛЬНОЙ (а) и НЕПРАВИЛЬНОЙ (б), (в)
 КОМПОНОВОК КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ЗДАНИЯ



Конструкция диафрагмы жесткости

1 – колонна; 2 – стальные накладки; 3 – диафрагма жесткости; 4 – плита перекрытия; 5 – бетон замоноличивания.



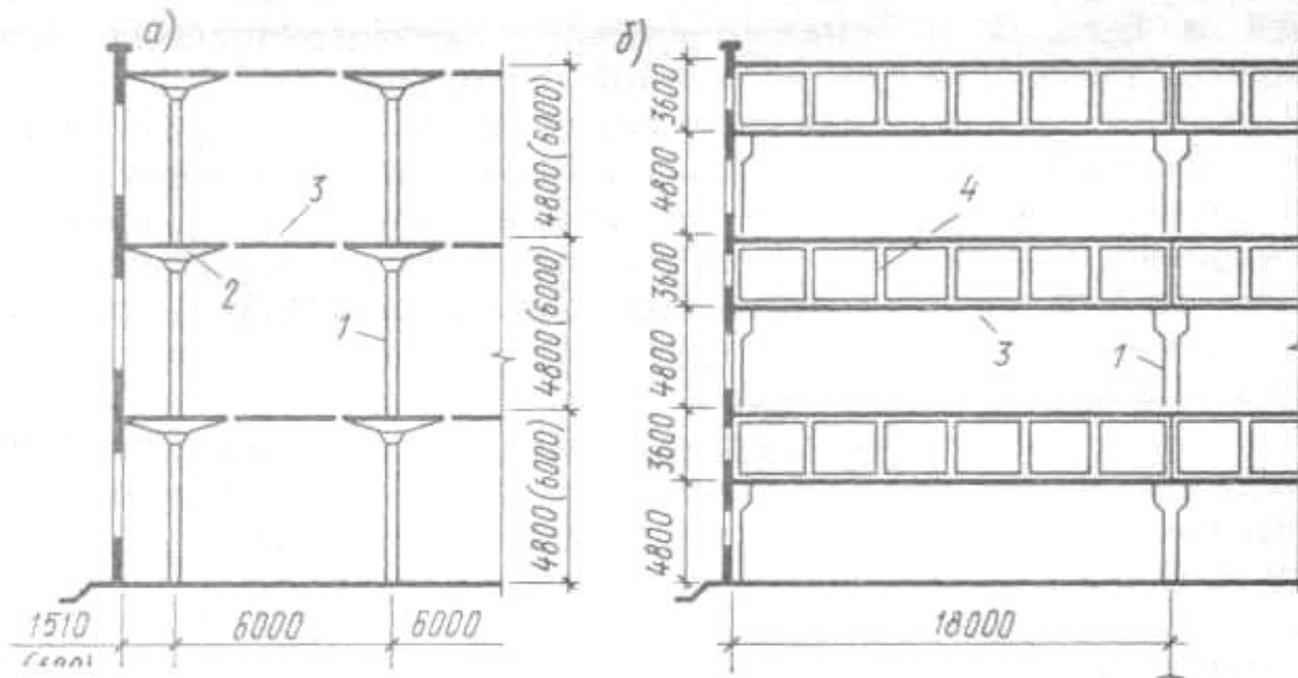
Расположение вертикальных элементов жесткости монолитного каркасного здания в торцевых участках



Расположение вертикальных элементов жесткости посередине монолитного каркасного здания

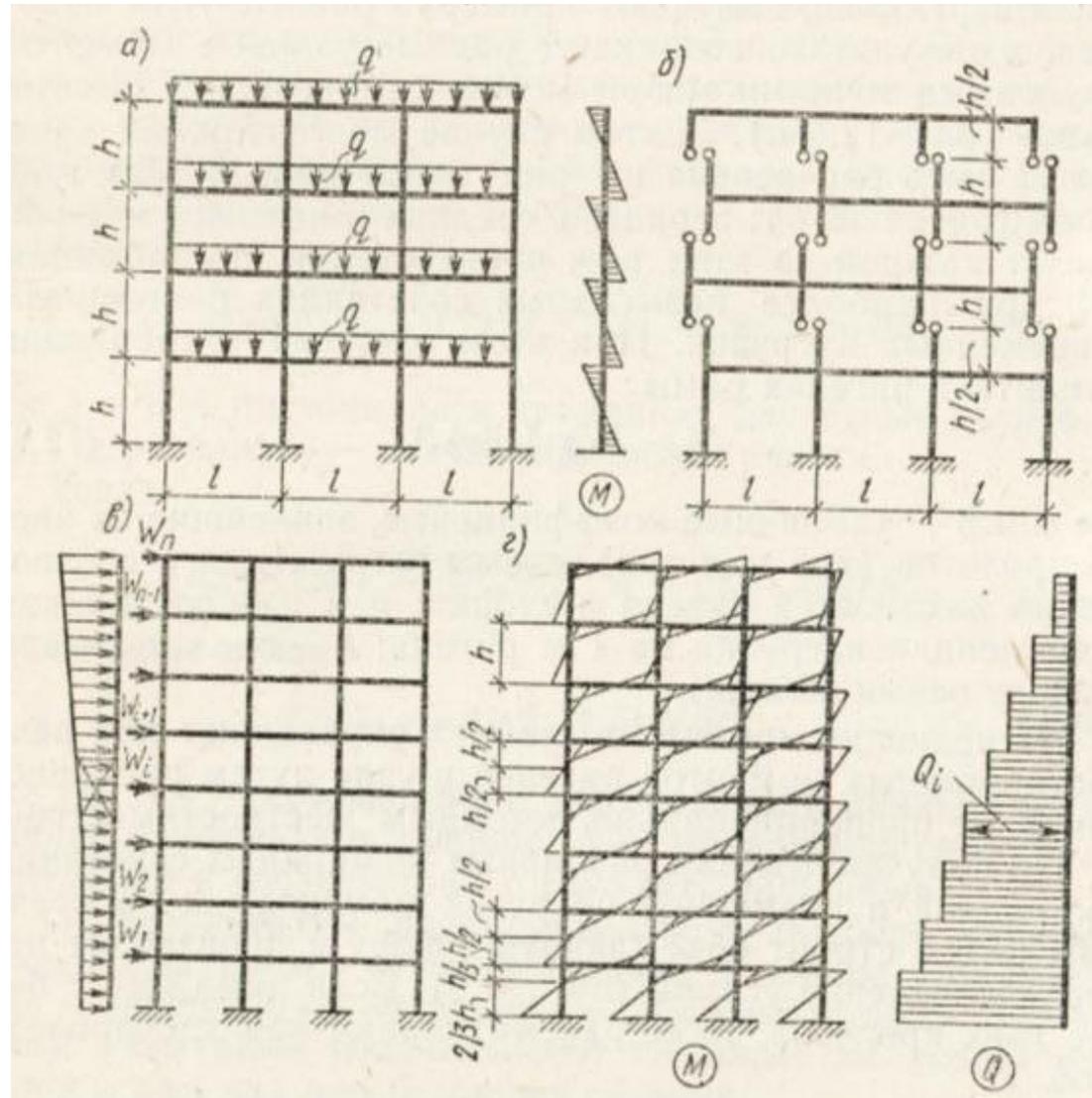


Конструктивное решение каркаса
многоэтажного промышленного здания с
безбалочными перекрытиями (а) и
межферменными этажами (б):



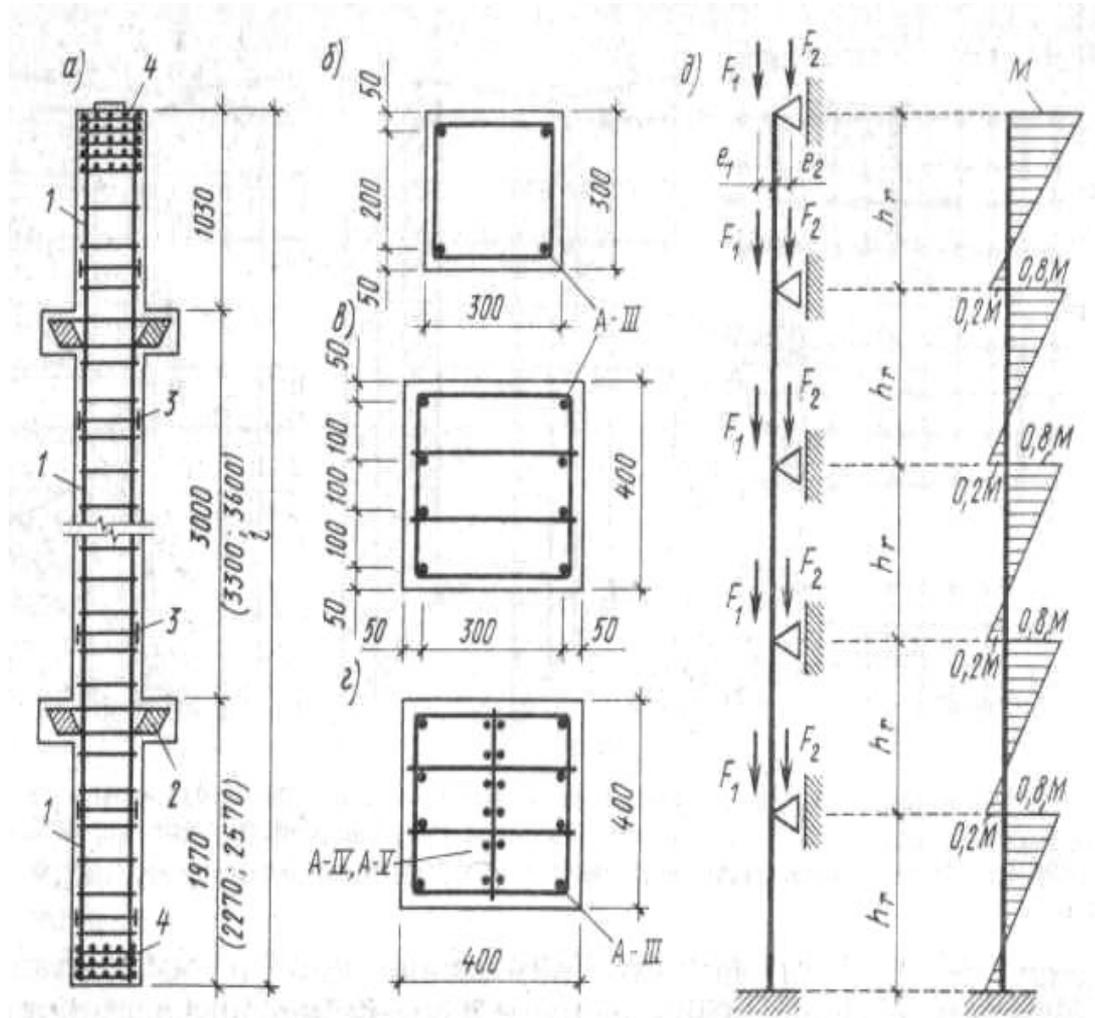
1 - колонна; 2 – капитель; 3 – плита перекрытий; 4 –
безраскосная ферма

Расчетные схемы многоэтажной рамы на вертикальные (а, б) и горизонтальные (в, г) нагрузки



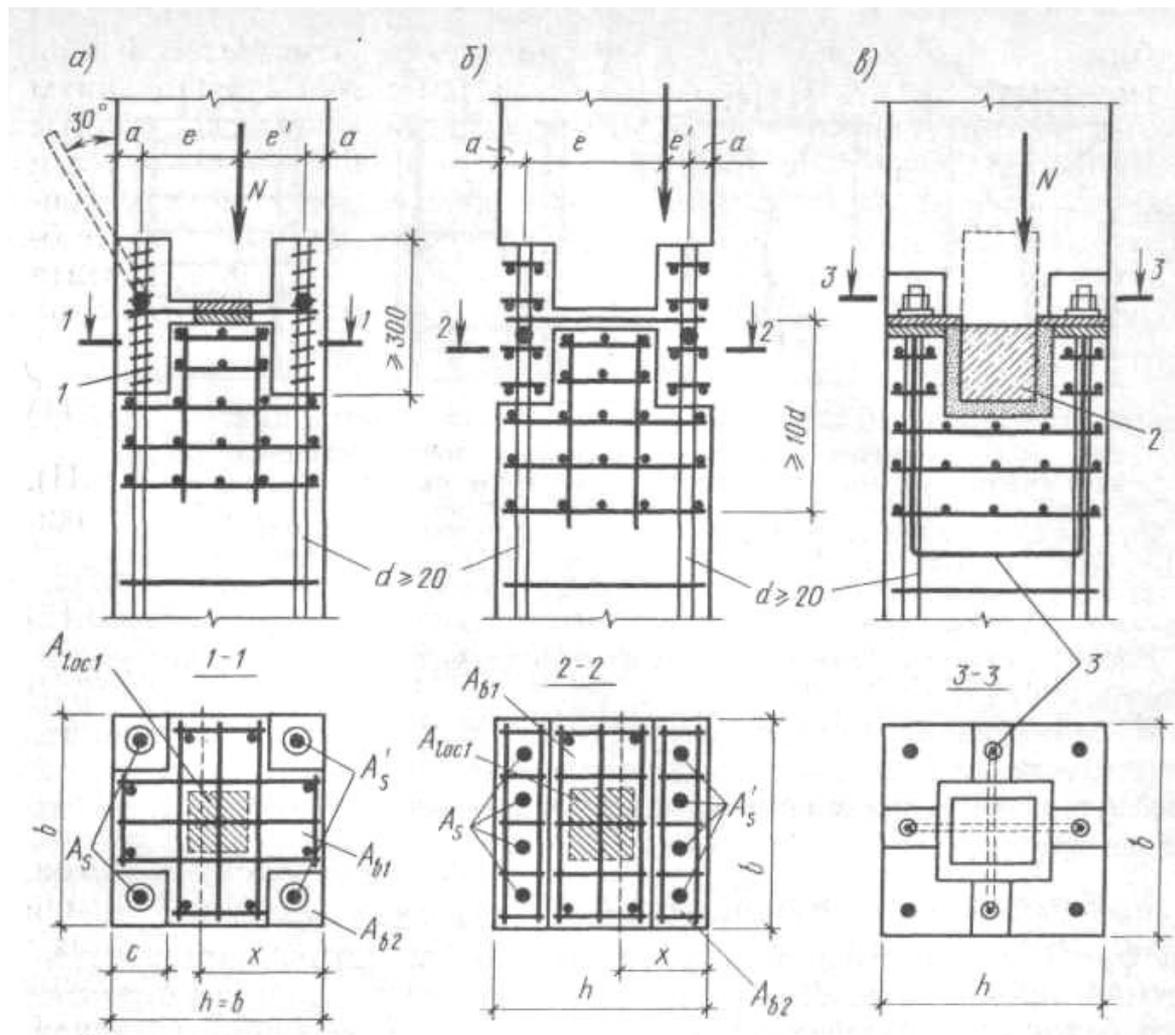
Колонны многоэтажных гражданских зданий

- Конструкция колонны (а), их поперечные сечения при осевых нагрузках до 1,5 МН (б), до 3 МН (в) и до 12 МН (г), а также схема расчета изгибающих моментов при шарнирном креплении ригелей (д):
- 1 – продольная арматура; 2 - комбинированный каркас консолей; 3 – закладные детали; 4 – арматурные сетки

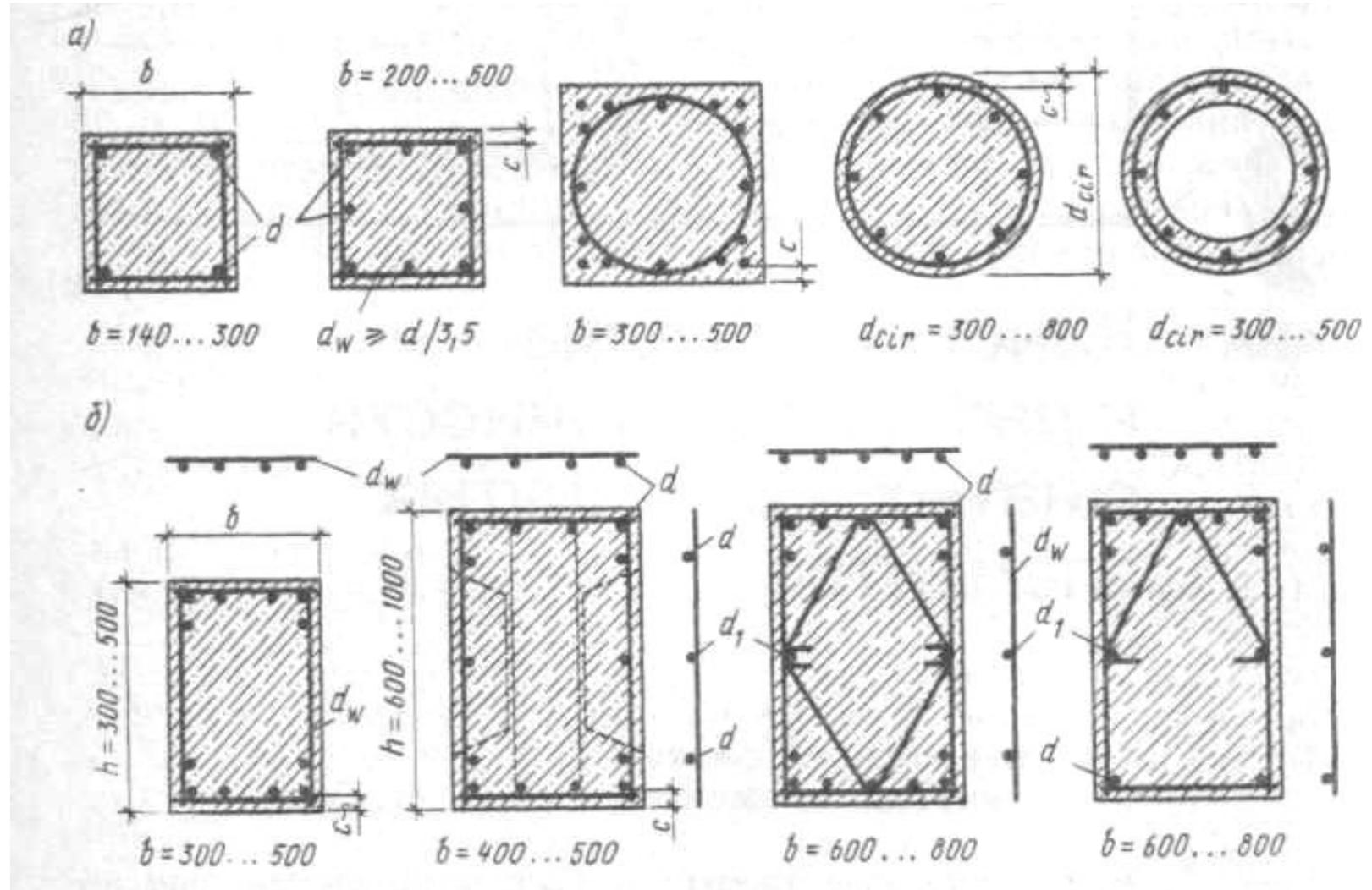


Типы стыков сборных колонн многоэтажных зданий

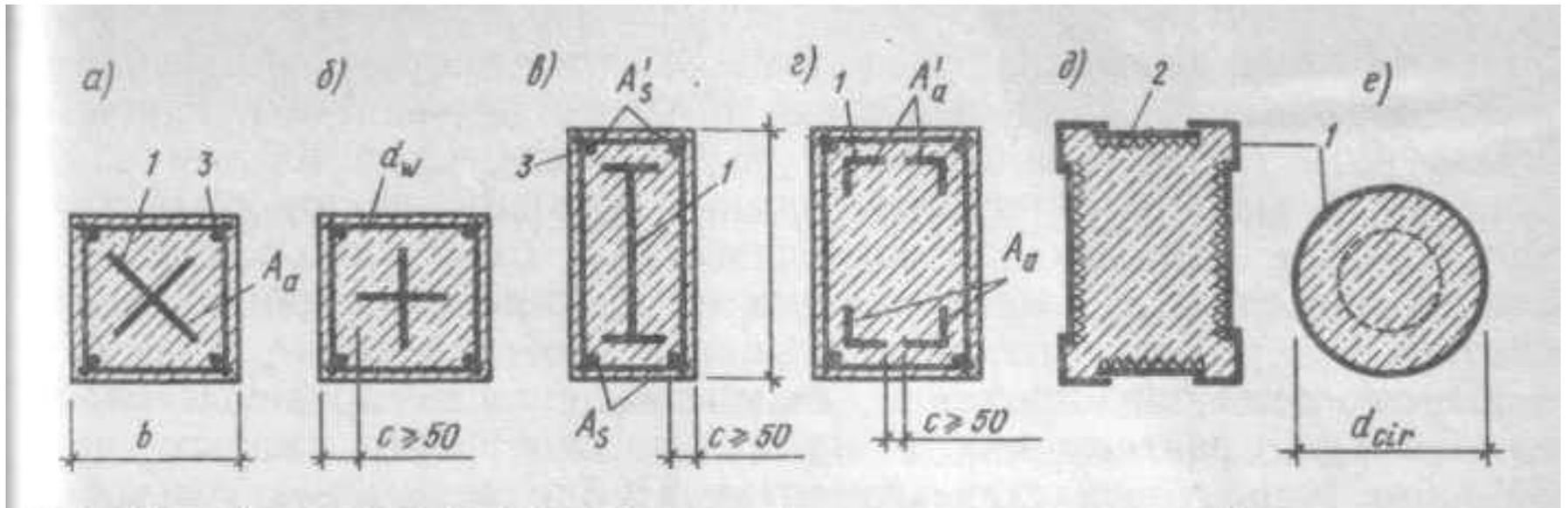
Стык с подрезкой бетона (а), с боковой подрезкой (б), с вкладышем из высокопрочного бетона (в), на полимерных растворах (г)



Сечения и армирование колонн при малых (а) и больших эксцентриситетах продольной силы



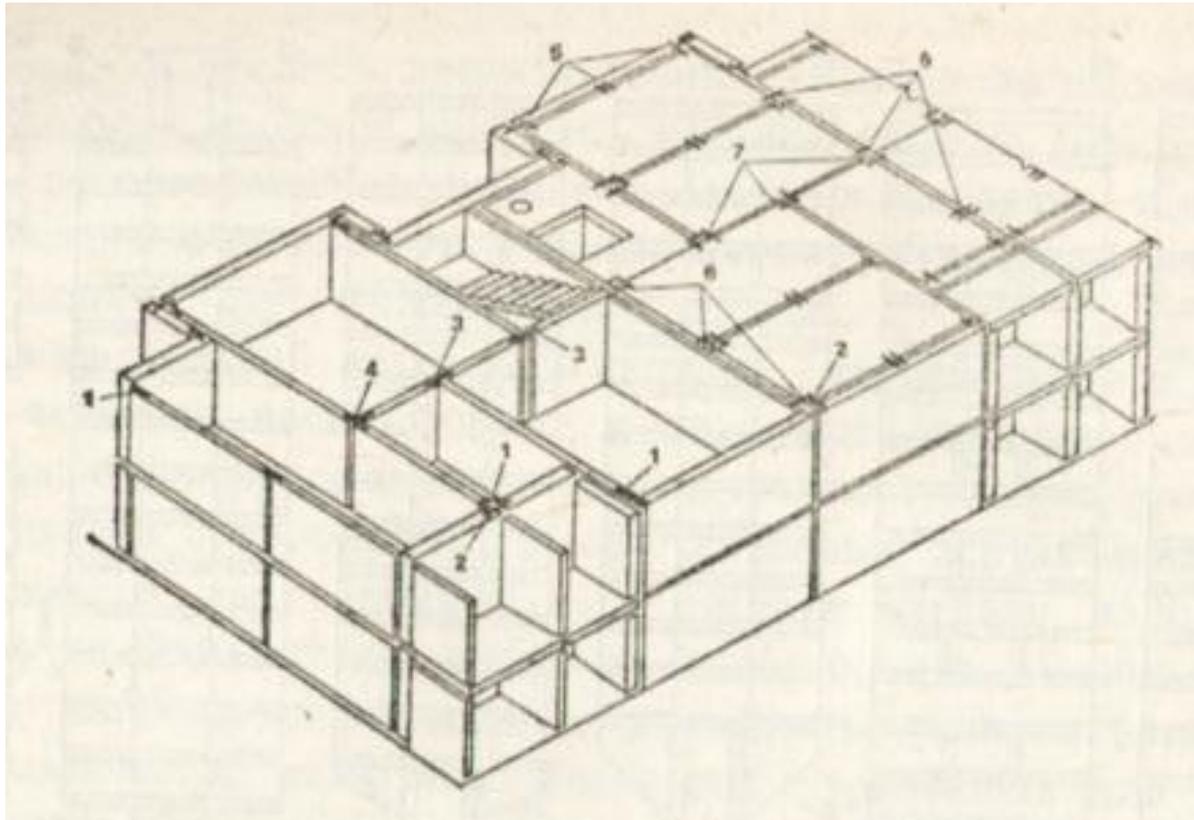
Армирование железобетонных (а, б, в, г) и сталебетонных (д, е) колонн прокатными профилями



1- гладкая жесткая арматура; 2- жесткая арматура с рифленой поверхностью; 3- гибкая рабочая арматура

Бескаркасные системы

Схема расположения связей в крупнопанельном здании



- 1 – между панелями наружных и внутренних стен; 2 – то же, продольных наружных стен; 3 – продольных внутренних стен; 4 – поперечных и продольных внутренних стен; 5 – наружных стен и плит перекрытий; 6 – между плитами перекрытия вдоль длины здания; 7 – поперек длины здания

- Рекомендуется сечение связей принимать таким, чтобы они обеспечивали восприятие растягивающих усилий не менее следующих значений:
- для связей, расположенных в перекрытиях вдоль длины протяженного в плане здания, — 15 кН (1,5 тс) на 1 м ширины здания;
- для связей, расположенных в перекрытиях перпендикулярно длине протяженного в плане здания, а также связей зданий компактной формы, — 10 кН (1 тс) на 1 м длины здания.

- На вертикальных гранях сборных плит рекомендуется предусматривать шпоночные соединения, сопротивляющиеся взаимному сдвигу плит поперек и вдоль стыка.
- В вертикальных стыках панелей несущих стен рекомендуется предусматривать шпоночные соединения и металлические горизонтальные связи. Бетонные и железобетонные панели наружных стен рекомендуется не менее чем в двух уровнях (вверху и внизу этажа) соединять связями с внутренними конструкциями, рассчитанными на восприятие усилий отрыва в пределах высоты одного этажа не менее 10 кН (1 тс) на 1 м длины наружной стены вдоль фасада.
- Расположенные в одной плоскости стеновые панели допускается соединять связями только вверху на восприятие растягивающего усилия не менее 50 кН (5 тс).

- Материалы для крупнопанельных зданий

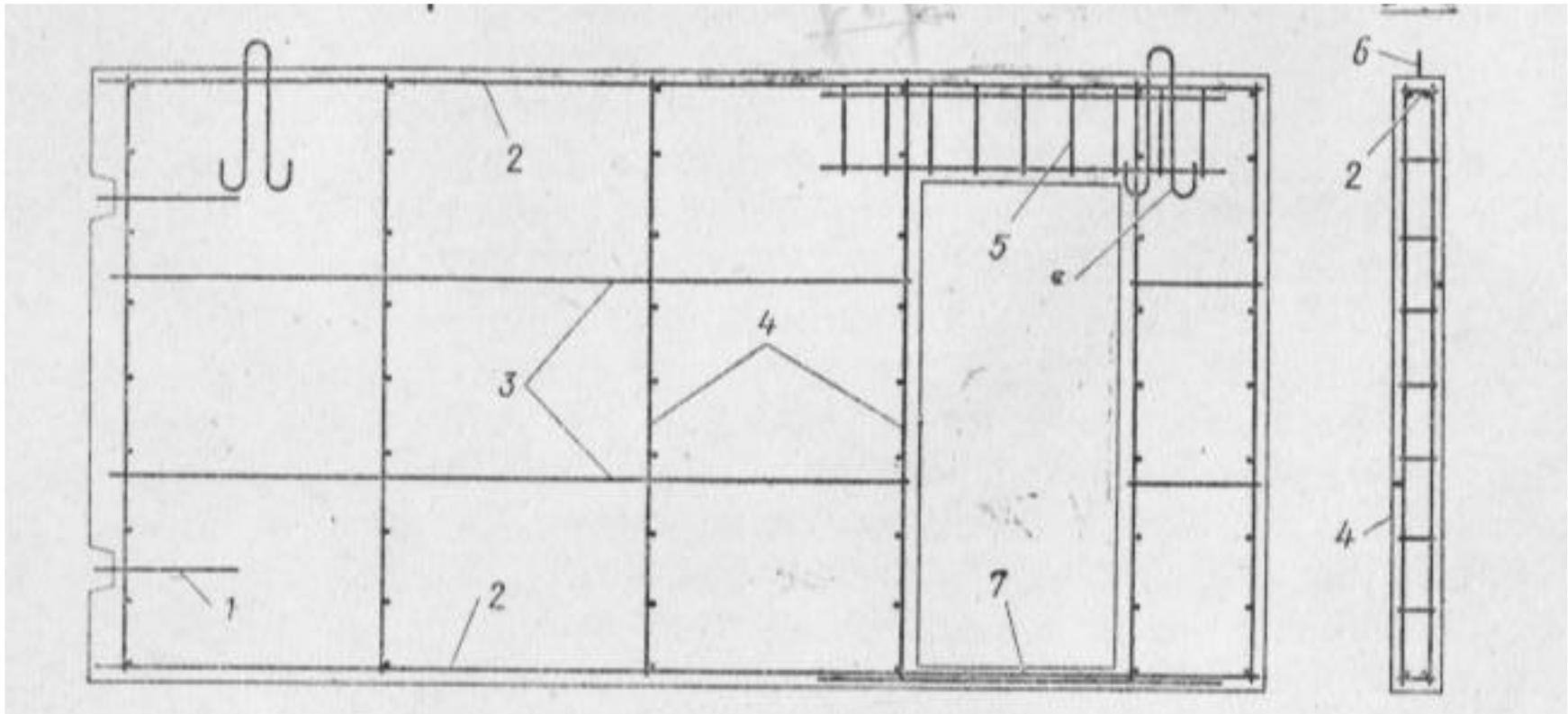
Конструкции	Класс бетона по прочности на сжатие или марка раствора	Площадь сечения продольной арматуры одного этажа, A_s , см ²
Наружные стены		
Панели: однослойные	B3,5—B7,5	4—7(6—10)
многослойные	B15	4—7(6—10)
Стыки: вертикальные	M100—M200	2—4(5—10)
горизонтальные	M100	—
Внутренние стены		
Панели	B10—B25	3—5
Стыки	M100—M200	2—3
Перекрытия		
Плиты	B15—B20	25—60
Стыки (платформенные)	M100—M200	4—5

Расстояния между температурными швами бескаркасных крупнопанельных зданий

Годовой перепад среднесуточных температур, °С	Город	Расстояния между температурными швами бескаркасных крупнопанельных зданий I типа (по табл. 1) с шагом поперечных стен, м, до	
		7	4
		30	Батуми, Сухуми
40	Баку, Тбилиси, Ялта	175	250
50	Ашхабад, Ташкент	100	170
60	Москва, Петрозаводск	75	100
70	Воркута, Новосибирск	60	70
80	Норильск, Турханск	45	55
90	Верхоянск, Якутск	35	40

Примечание. Для промежуточных значений $t_{\text{год ср.сут}}$ расстояние между температурными швами определяется интерполяцией.

Внутренняя стеновая панель

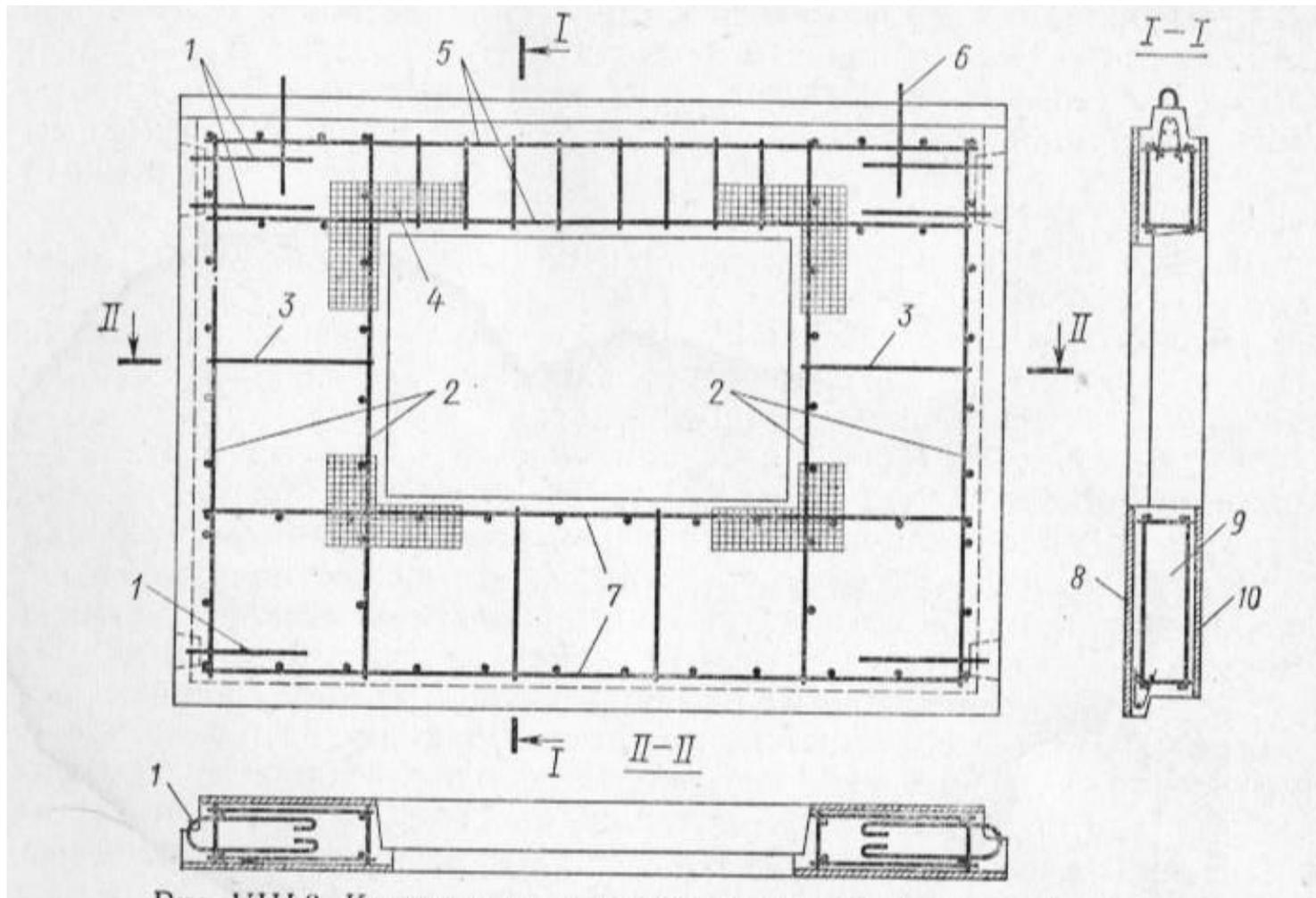


- 1 – арматурные выпуски; 2 – горизонтальные каркасы; 3 – соединительные стержни; 4 – вертикальные каркасы; 5 – каркас перемычки; 6 – подъемная петля; 7 – стержень диаметром 12 мм.
- Армирование перемычки – по расчету, остальная арматура – конструктивная.
- Минимальный процент вертикальной арматуры железобетонных сечений должен удовлетворять требованиям СП 52-101-2003.

Толщины несущих и самонесущих стен по условиям обеспечения прочности при внецентренном сжатии

Стена	Материал элементов стены и армирование	Предельная гибкость $\lambda = l_0/i$	Предельное значение отношения l_0/h для однослойных стен сплошного сечения
Однорядной разрезки из сборных элементов, монолитная стена	Тяжелый бетон, легкий бетон на пористых заполнителях:		
	железобетонные	120	35
	элементы бетонные	90	26
Двухрядной разрезки из сборных элементов	Железобетонные и бетонные элементы из автоклавного ячеистого бетона	70	20
	Панели из бетона всех видов:		
	при сварных соединениях панелей в монтажных горизонтальных швах	70	20
	при отсутствии сварных соединений	42	12

Конструкция наружной однослойной стеновой панели



1 – арматурные выпуски; 2 – вертикальные каркасы; 3 – соединительные стержни; 4 – Г-образные сетки; 5 – каркасы перемычки; 6 – подъемная петля; 7 – горизонтальные каркасы; 8 – наружный отделочный слой; 9 – легкий бетон; 10 – внутренний отделочный слой..

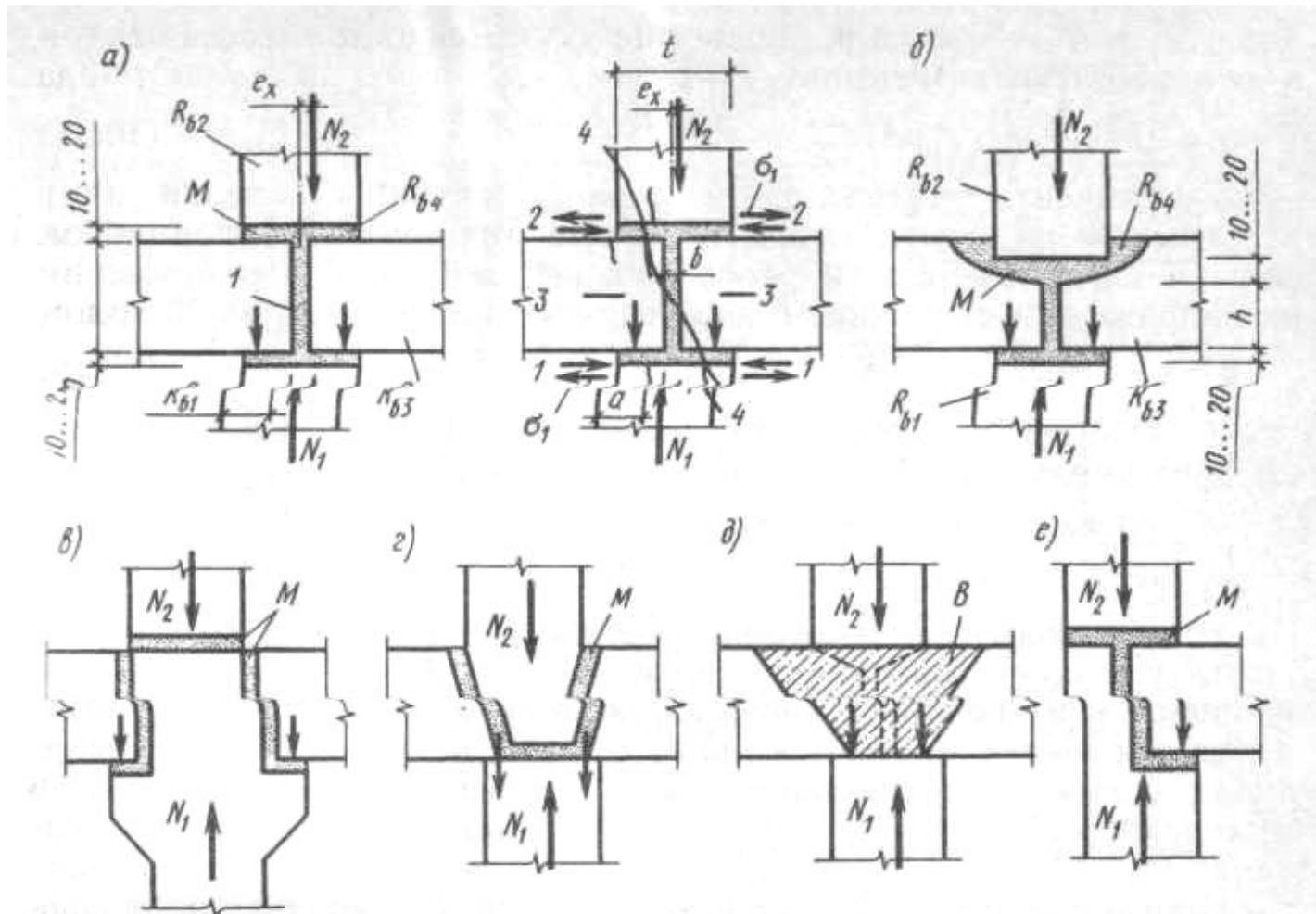
Конструирование наружных панелей

- *Однослойные* панели выполняются:
 - из легкого бетона плотностью не более 1000 кг/м^3 ;
 - класс бетона не менее В3,5;
 - Площадь сечения арматуры у граней не менее $0,3 \text{ см}^2/\text{м}$;
- *Трехслойные* панели выполняются:
 - из тяжелого бетона класса не менее В15

Конструирование наружных трехслойных панелей

- Толщина наружного слоя не менее 60 мм, внутреннего несущего слоя - по расчету, но не менее 100 мм.
- Армирование внутреннего слоя – пространственный каркас, наружного слоя – плоский каркас.
- Площадь сечения вертикальной арматуры простенка и горизонтальной арматуры перемычки – по расчету, но не менее 1 см^2 у каждой грани.
- Для соединения слоев применяются гибкие или жесткие связи, шаг связей не более 1,2 м.
- В жестких связях – толщина ребра не менее 40 мм.

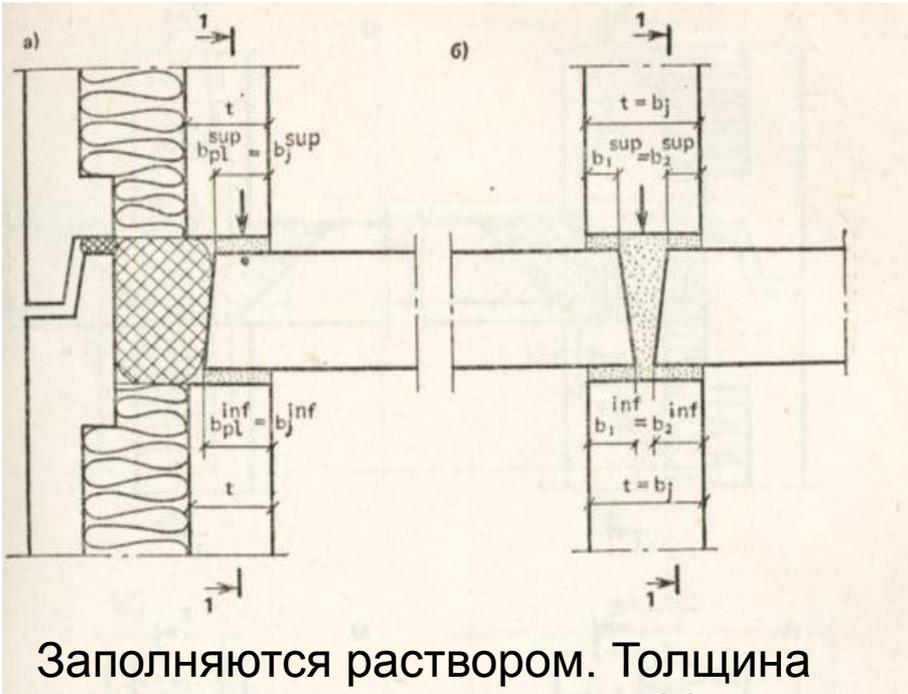
Горизонтальные стыки сборных стен



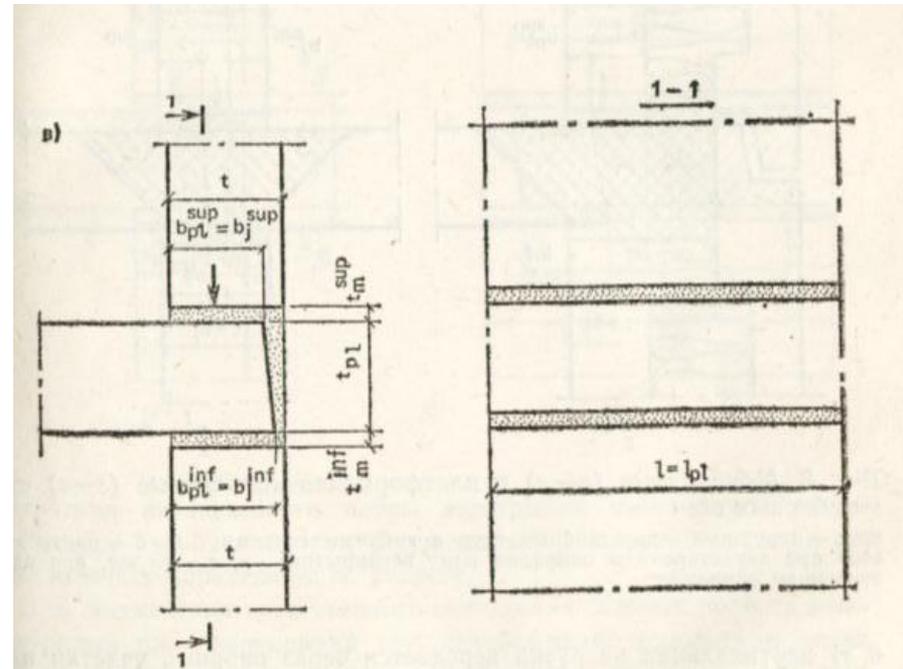
а, б – платформенный стык; в, г – контактный стык; д, е – комбинированный стык; М – раствор; В - бетон

Платформенные стыки сборных

- А - наружных и внутренних стен

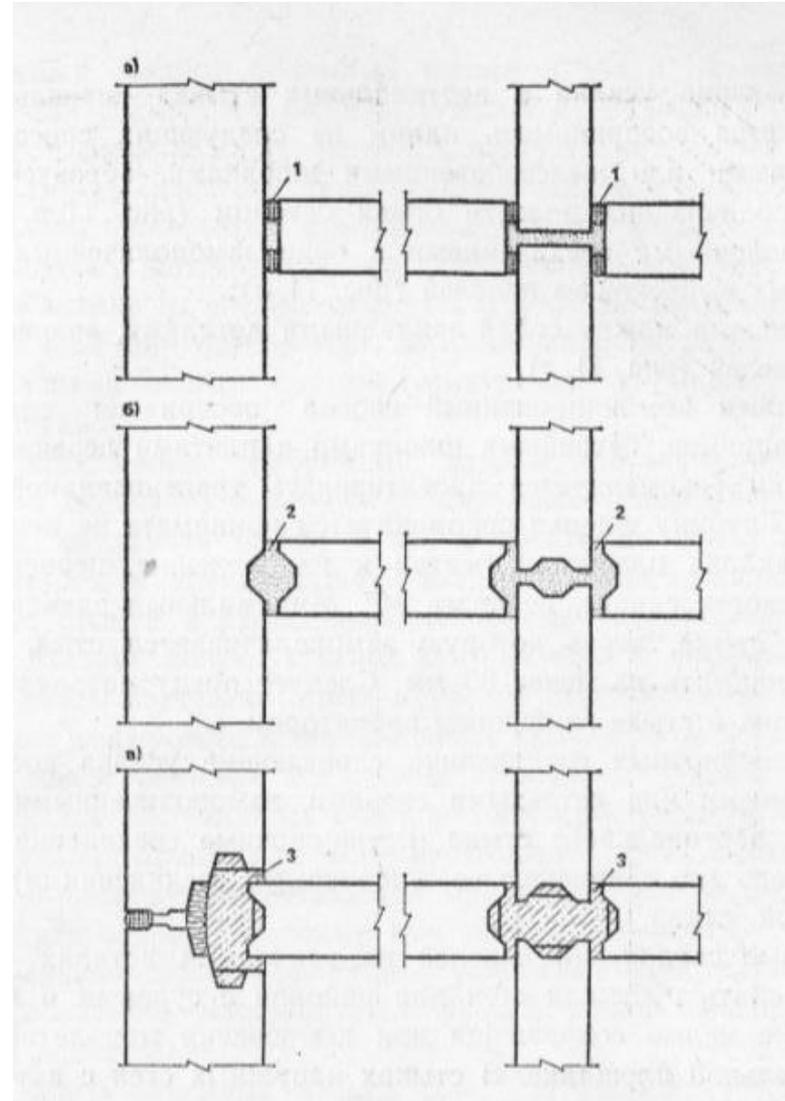


Заполняются раствором. Толщина растворного шва не менее 20 мм, зазор между торцами плит не менее 20 мм, глубина одностороннего опирания не менее 0,75 толщины панели



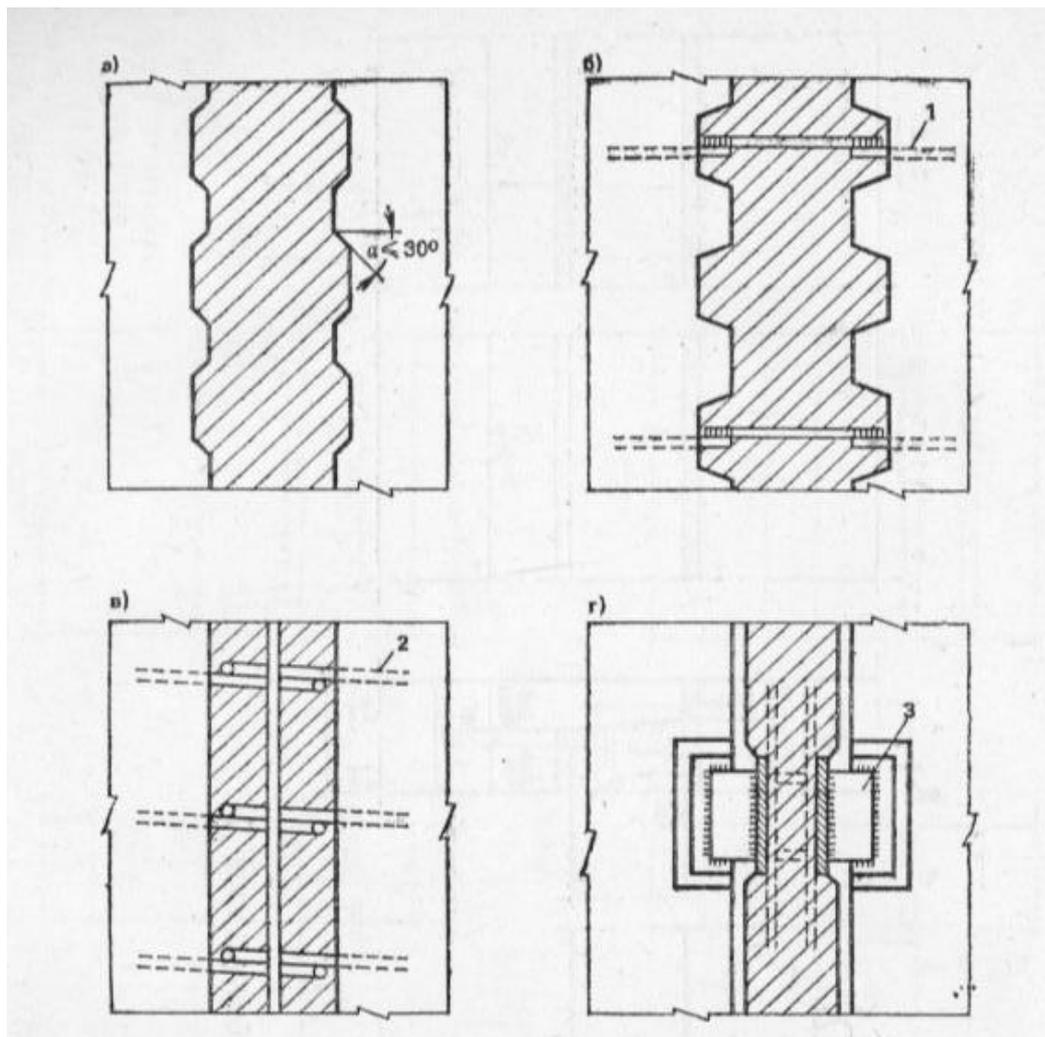
Типы вертикальных стыков панельных стен

- А – плоские;
 - Б – профилированные бесшпоночные;
 - В – профилированные шпоночные;
- 1 – звукоизоляционная прокладка;
- 2 – раствор;
- 3 – бетон замоноличивания
- Заполняются мелкозернистым бетоном. Толщина шпонки не менее 80 мм.

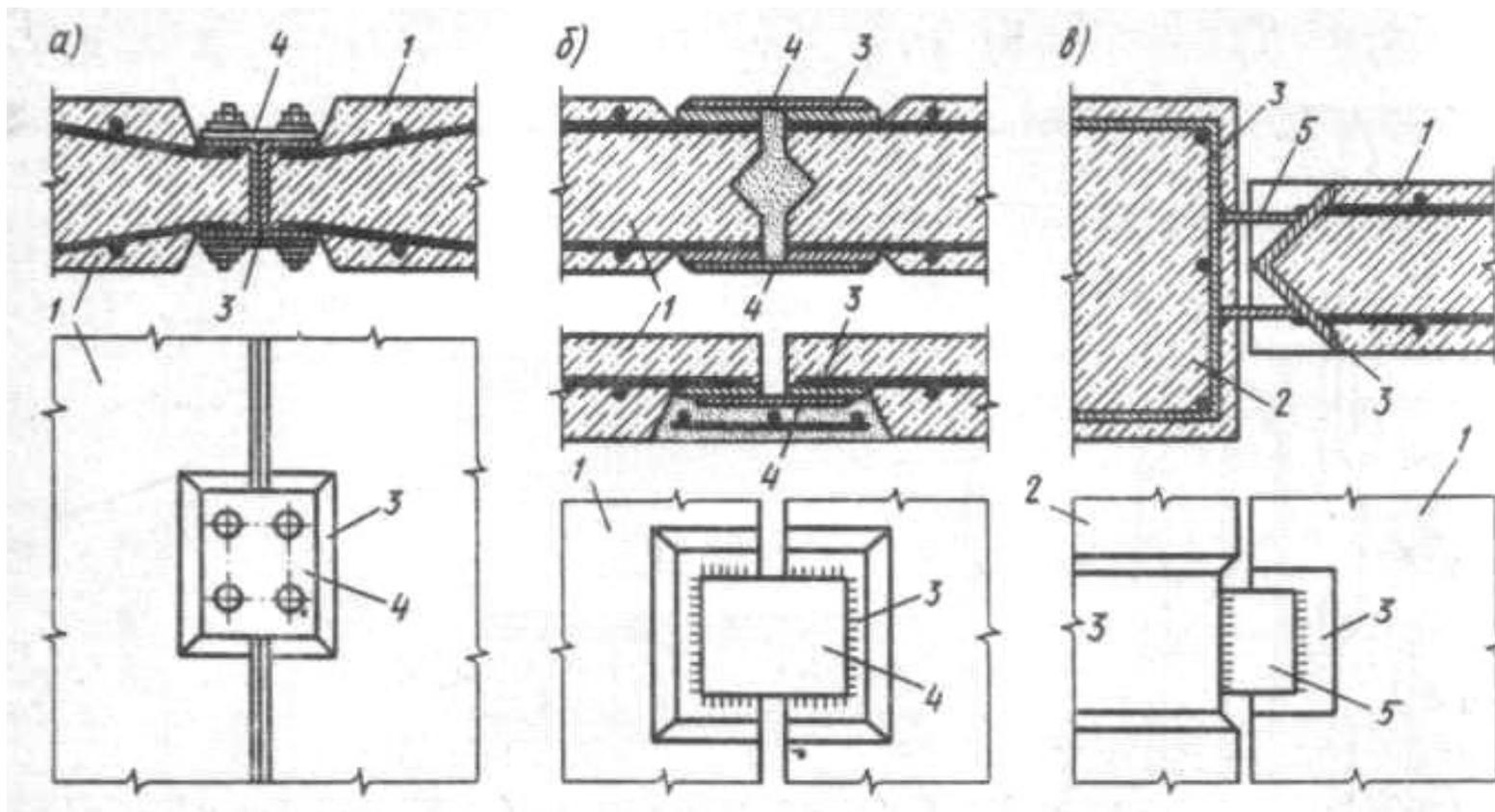


Схемы восприятия сдвигающих усилий в вертикальном стыке панельных стен

- а, б – шпонками;
- в – замоноличенными арматурными связями;
- г – сваркой закладных деталей;
- 1 – сварная арматурная связь;
- 2 – то же, петлевая;
- 3 – накладка, приваренная к закладным деталям



Вертикальные стыки сборных стеновых элементов на накладках

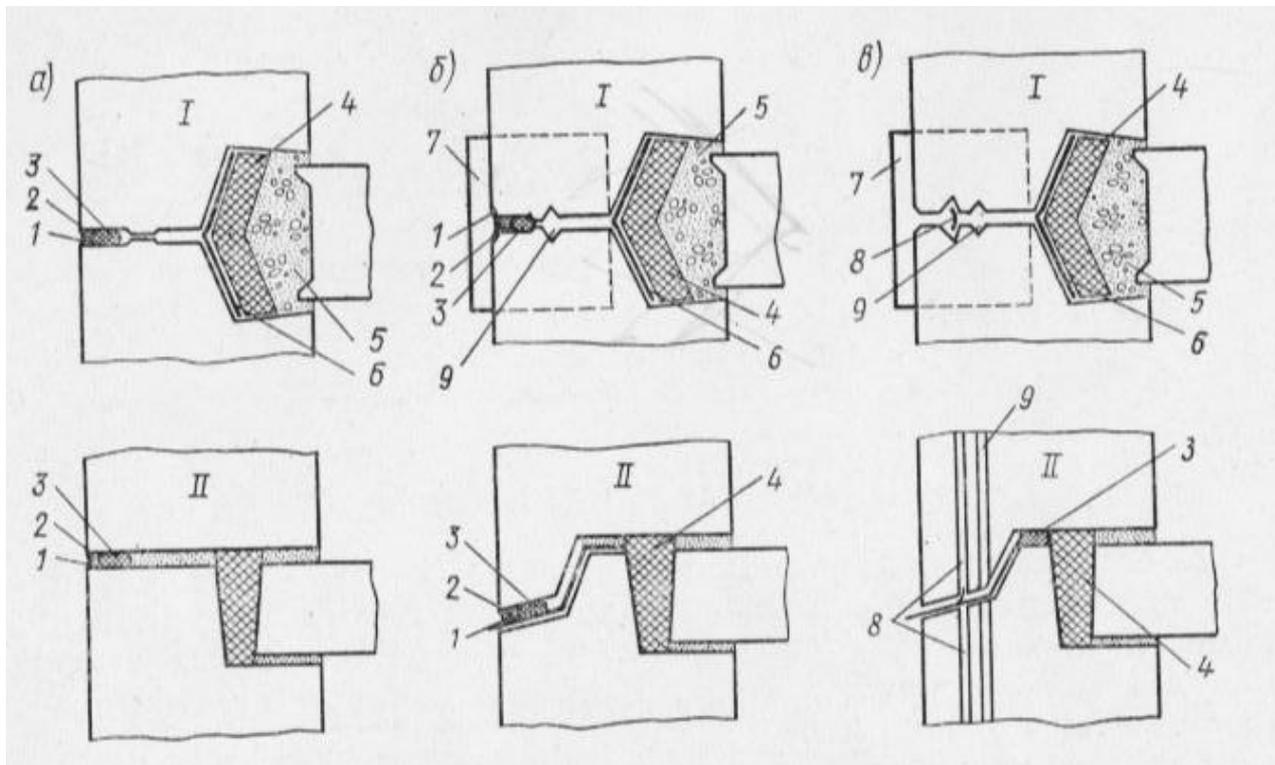


а – на болтах; **б, в** – на сварке

1 – сборный элемент; 2 – колонна каркаса; 3 – закладная деталь; 4 – накладка; 5 – соединительная пластина

Конструкции – вертикального (I) и горизонтального (II) стыков наружных стеновых панелей

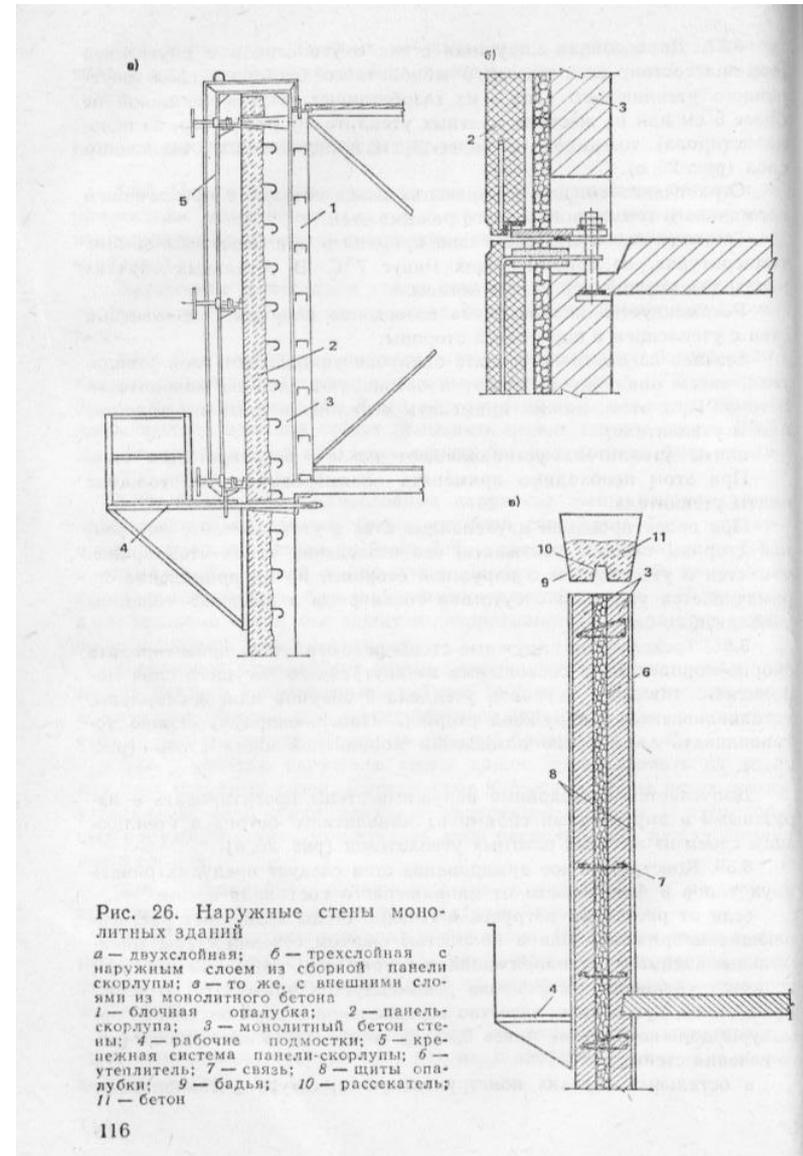
Конструкции стыков наружных стеновых панелей



а – закрытый; б – дренированный; в – открытый; 1 – защитное покрытие; 2 – герметик-мастика; 3 – упругая прокладка; 4 – термовкладыш; 5 – бетон; 6 – воздухозащитная проклейка; 7 – фартук-слив; 8 – водоотбойная лента; 9 – декомпрессионный канал

Монолитные здания

- Наружные стены монолитных зданий:
- а – двухслойная;
- б – трехслойная с наружным слоем из сборной плиты-скорлупы;
- в – то же, с внешним слоем из монолитного бетона



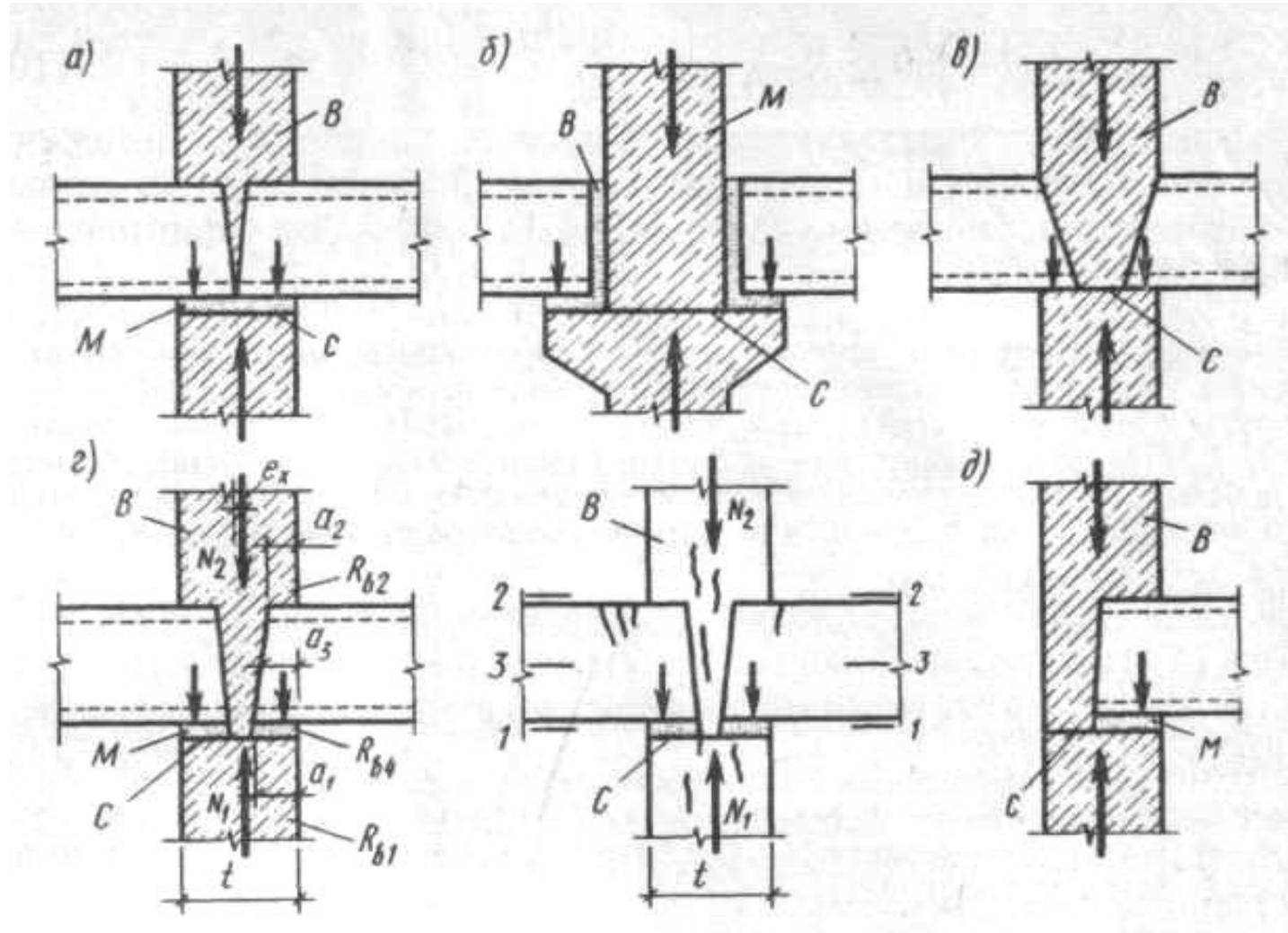
Конструктивные требования

- **Колонны.** Минимальный размер поперечного сечения квадратных и круглых колонн принимается не менее 30 см, для колонн с вытянутым поперечным сечением - не менее 20 см, класс бетона - не менее В25 и не более В60, процент армирования в любом сечении (включая участки с нахлесточным соединением арматуры) - не более 10. Если требуемое армирование превышает максимальные значения, рекомендуется применять сталежелезобетонные, в том числе трубобетонные, а также сталефибробетонные колонны.
- **Стены.** Толщина стен принимается не менее 18 см, класс бетона - не менее В20, процент армирования в любом сечении стены (включая участки с нахлесточным соединением арматуры) - не более 10.

Перекрытия

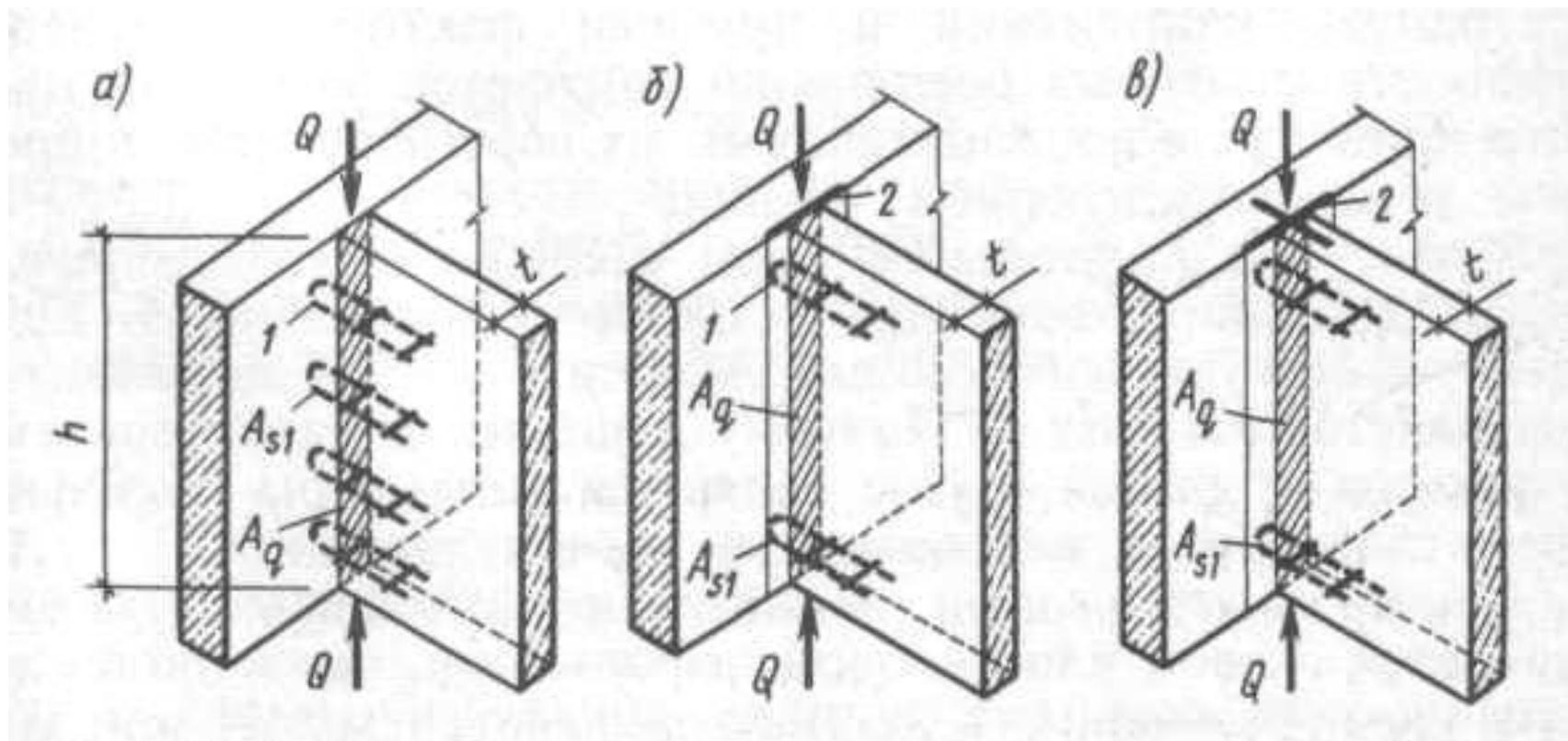
- При пролетах до 6-8 м перекрытия выполняются плоскими, при больших значениях - плоскими с капителями или межколонными балками и стенами, а при пролетах до 12 м - с межколонными балками или стенами и ребристыми, и пустотными плитами. Для зальных помещений пролетом 12-15 м рекомендуются кессонные, ребристые или пустотные плиты при опирании по четырем сторонам на балки и стены. При пролетах более 7 м рекомендуется применение дополнительной предварительно напряженной арматуры из высокопрочных канатов класса К-7 без сцепления с бетоном.
- Толщина плоских плит сплошного сечения принимается не менее 16 см и не менее $1/30$ длины наибольшего пролета и не более 25 см, класс бетона - не менее В20. Высота пустотных, ребристых и кессонных плит принимается не менее 25 см и не более 50 см, класс бетона - не менее В25.

Горизонтальные стыки зданий со стенами из монолитного бетона и сборными перекрытиями



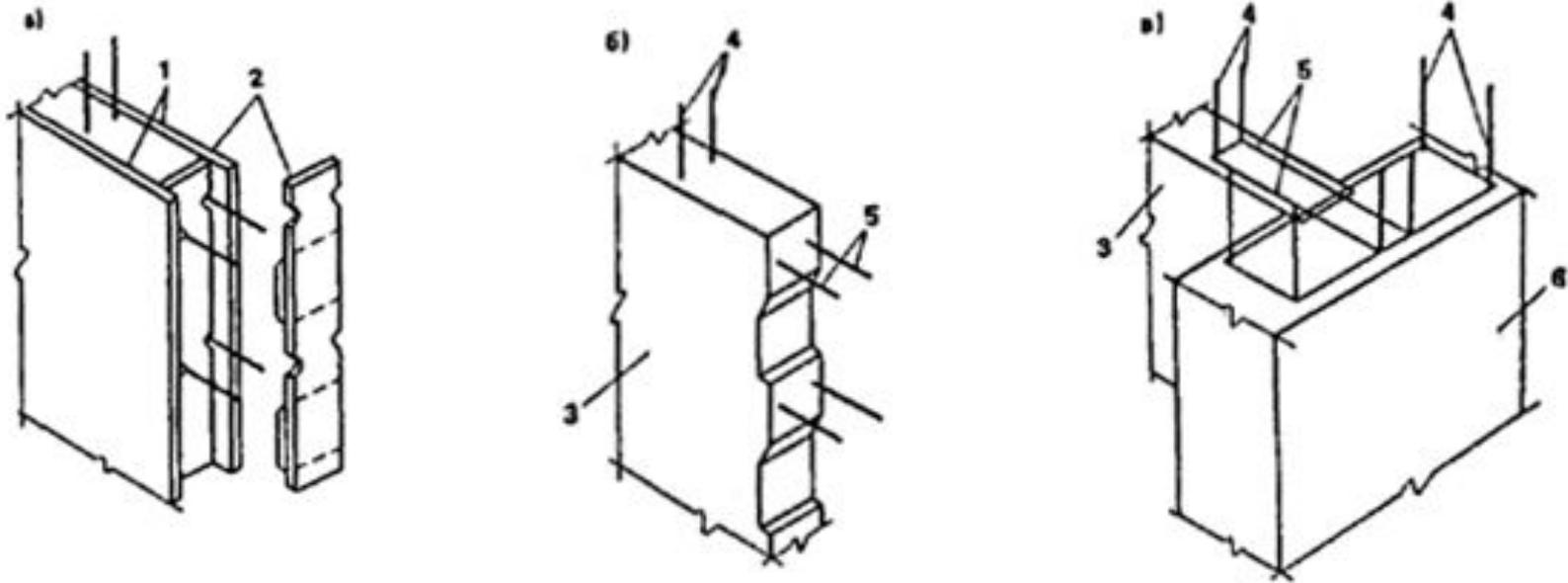
а – платформенный стык; **б–в** – контактные стыки; **г–д** – комбинированные стыки; **В** – бетон; **М** – раствор; **С** – шов бетонирования

Вертикальные стыки монолитных стен



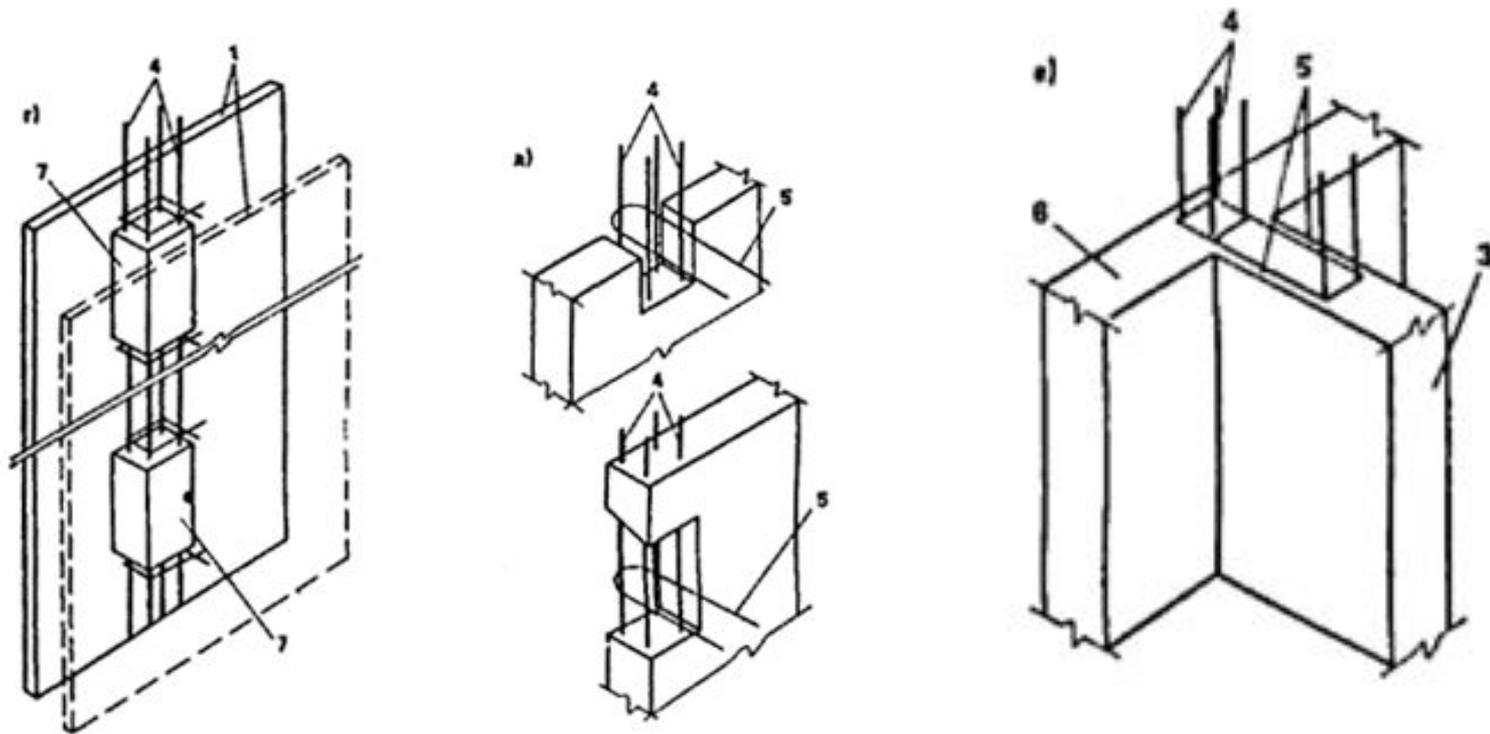
- Обычной конструкции (а); со шпонками из плоского или волнистого (б) и крестообразного (в) асбестоцементного листа. 1- горизонтальная арматура; 2- асбестоцементная шпонка

Стыки монолитных стен



а — установка опалубки поперечных стен; *б* — вид торца поперечной стены и шпонками; *в* — общий вид соединения поперечных и продольных стен; *1* — щиты опалубки; *2* — разделительный торцевой щит; *3* — поперечная стена; *4* — вертикальный арматурный каркас; *5* — арматурные горизонтальные стержни; *б* — продольная стена.

Арматурные каркасы в шпоночных соединениях



1 —щиты опалубки; 3 —поперечная стена; 4 —вертикальный арматурный каркас; 5 —арматурные горизонтальные стержни; 6 — продольная стена; 7 —шпонкообразователь из пенополистирола.

Расчетные схемы

Расчетные схемы бескаркасных зданий классифицируются:

- по характеру учета пространственной работы — на одно-, двух- и трехмерные;
- по виду неизвестных — на дискретные, дискретно-континуальные и континуальные;
- по виду конструкции, положенной в основу расчетной схемы, — на стержневые, пластинчатые, комбинированные.

Особенности расчета

Взаимные сдвиги сборных элементов в стыках рекомендуется ограничивать следующими значениями: при длительном сдвиге — 0,6 мм при кратковременном — 0,8 мм, а раскрытие трещин в бетоне омоноличивания стыковых соединений, имеющих антикоррозионное покрытие — 1 мм.

Коэффициенты надежности по назначению γ_n , принимаются равными:

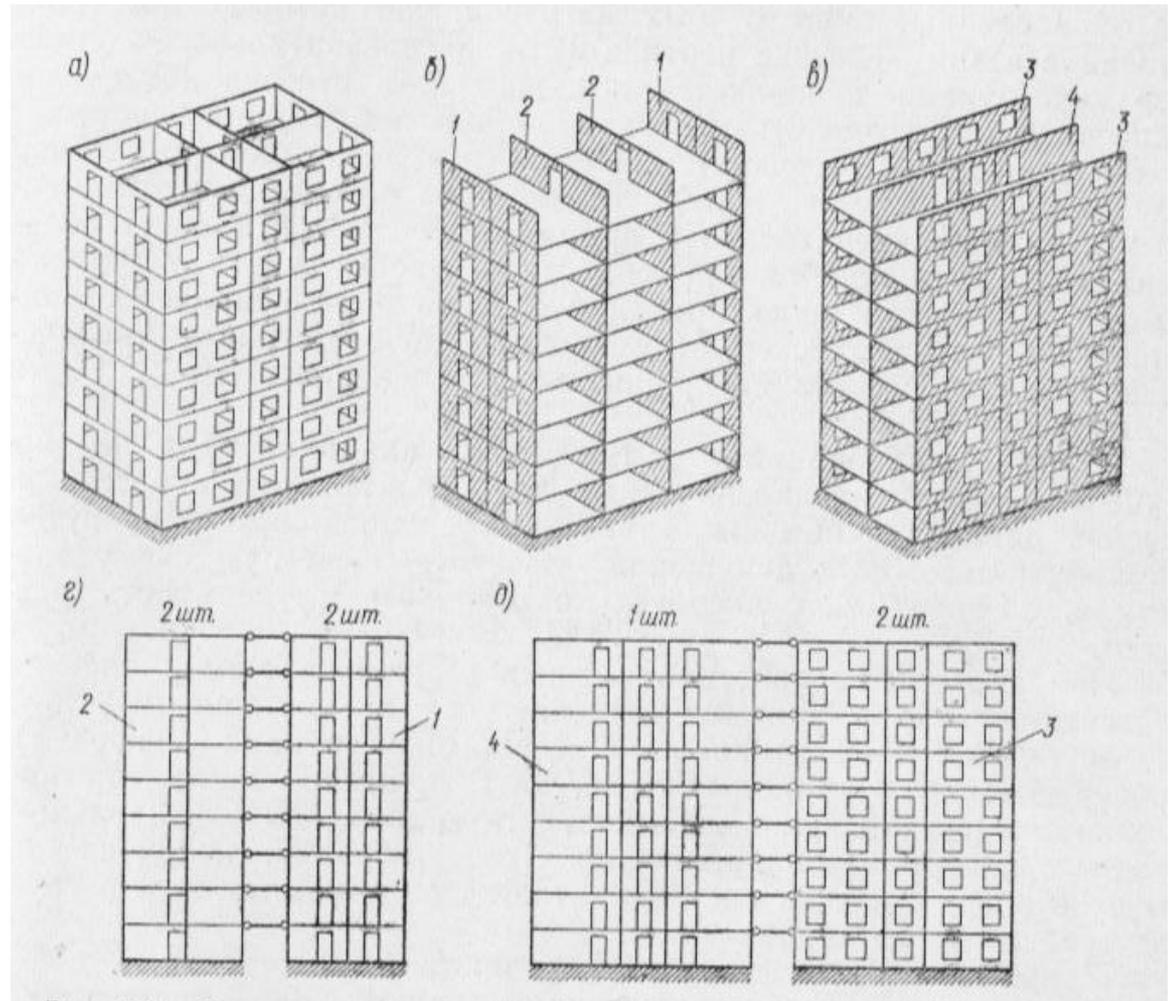
- 0,95 — для жилых зданий высотой от 2 до 17 этажей включительно, а также высотой до 25 этажей при расчете по деформируемой схеме;
- 1 — для зданий высотой более 17 этажей при расчете по недеформированной схеме.

Допустимые значения неравномерных деформаций основания:

- а) для зданий перекрестно-стеновой и продольно-стеновой конструктивных систем:
 - относительный прогиб или выгиб продольных стен (в долях от длины изгибаемого участка) — 0,0008;
 - относительная разность осадок соседних продольных стен — 0,0016;
- б) для зданий поперечно-стеновой конструктивной системы с ненесущими наружными стенами относительно разности осадок соседних поперечных стен — 0,0016.

Разделение пространственной несущей системы здания на плоские системы

- а* – действительная система;
- б, г* – поперечные несущие системы в пространстве и плоскости;
- в, д* – то же, продольные;
- 1, 2* – поперечные диафрагмы;
- 3, 4* – то же, продольные



Действительная и расчетные схемы диафрагм:

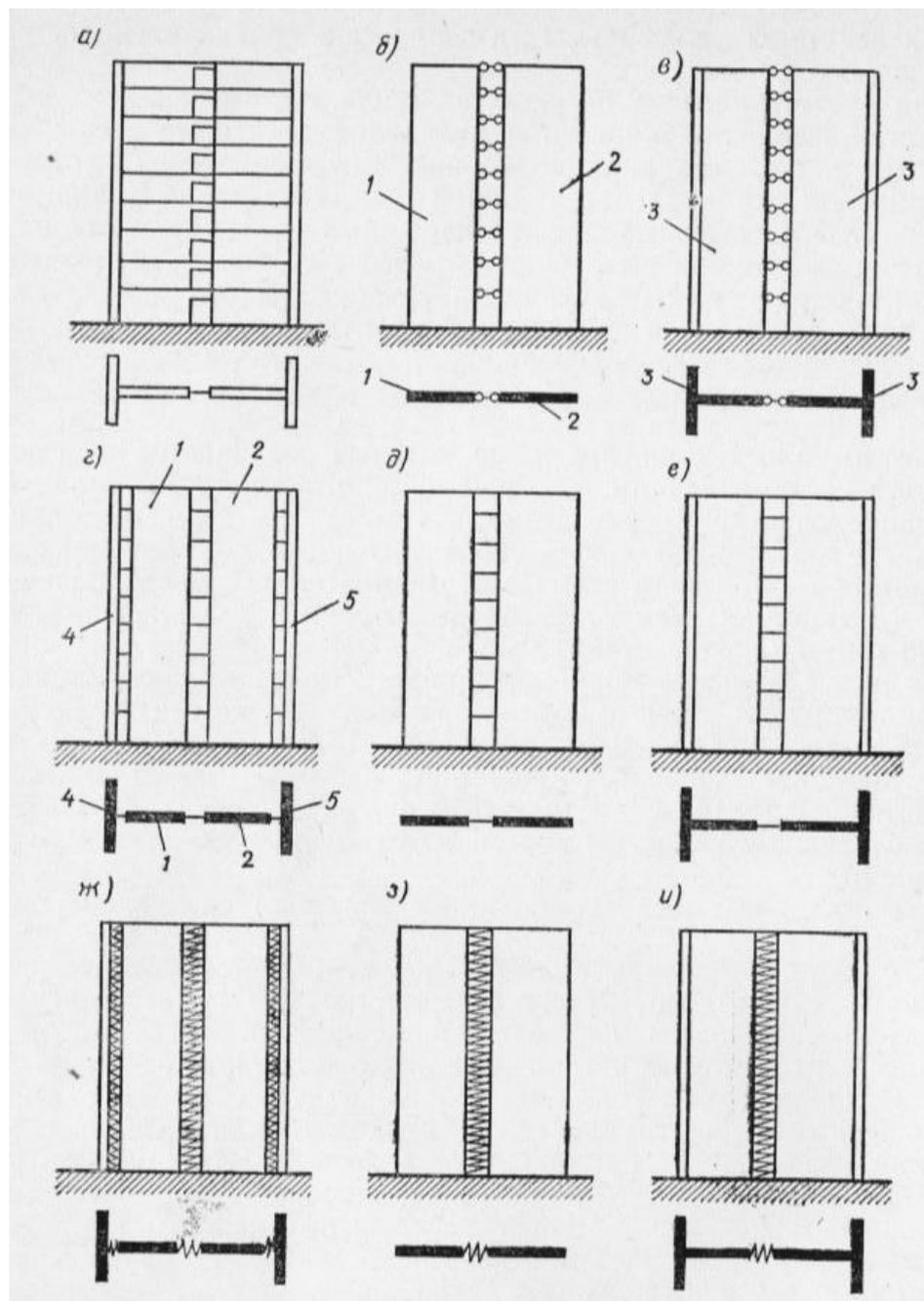
а – действительная
схема;

б, в – консольные
расчетные схемы;

г-е – дискретные;

ж-и – дискретно-
континуальные;

1-5 - столбы.



Расчет бескаркасных зданий

Безразмерный параметр, характеризующий, сдвиговую жесткость связей между столбами 1 и 2

$$\mu = \sqrt{\gamma H_{\text{э}} / \lambda_{\tau}}$$

где
$$\gamma = \frac{1}{E_1 A_1} + \frac{1}{E_2 A_2} + \frac{L^2}{E_1 I_1 + E_2 I_2}$$

L – расстояние между центрами столбов

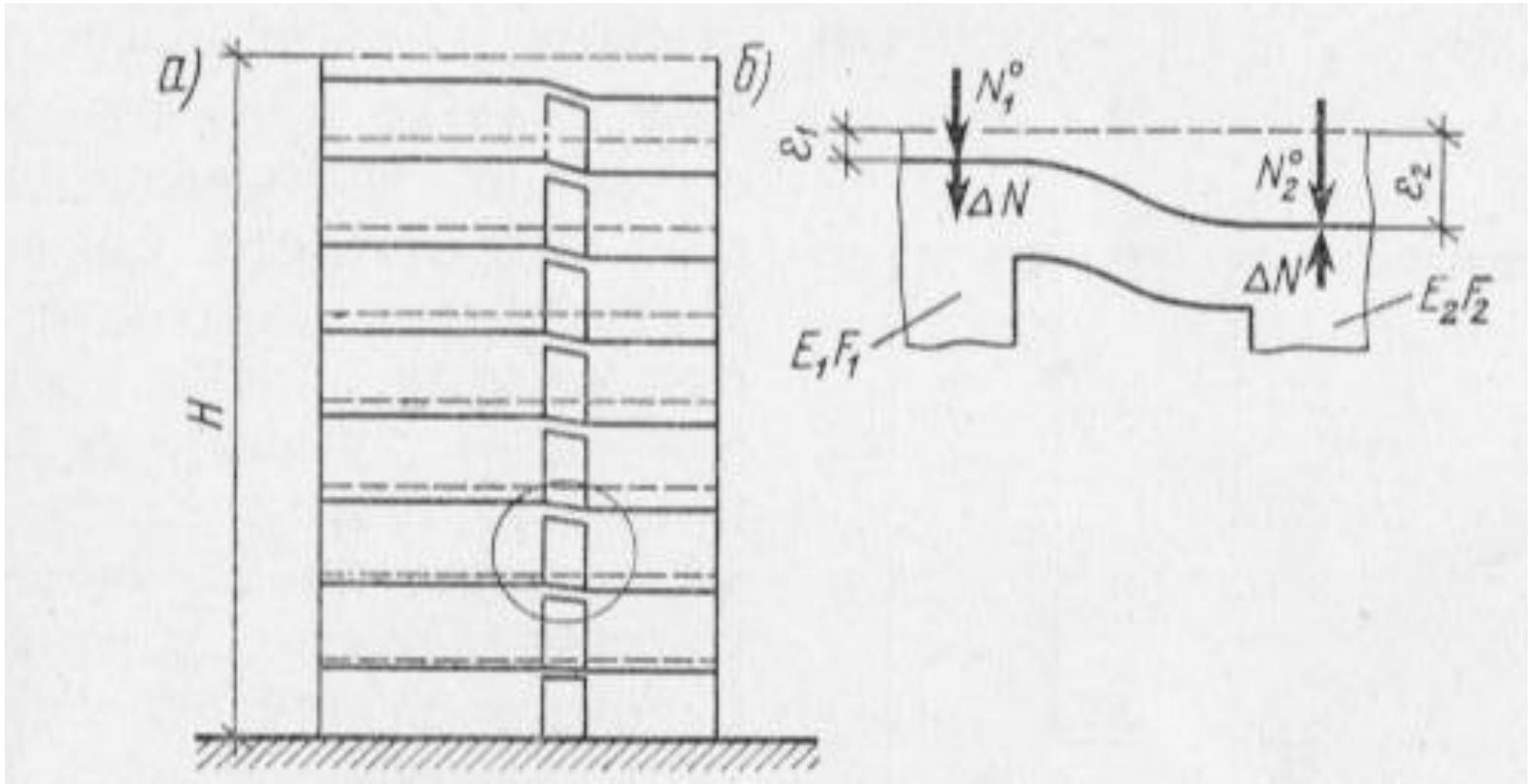
При $\mu \leq 2/n$ связь между столбами податливая

При $\mu \geq 12/n$ связь между столбами жесткая

При вертикальных нагрузках принимается

$$\frac{L^2}{\sum EI} = 0, \quad \text{т.е.} \quad \gamma = \frac{1}{E_1 A_1} + \frac{1}{E_2 A_2}$$

Работа диафрагмы с проемом на вертикальные нагрузки



- А – схема деформаций; б – перераспределение сжимающих усилий в столбах

Расчет на вертикальные нагрузки

Расчетные усилия в столбах после перераспределения усилий

$$N_1 = N_1^0 \pm \Delta N \quad N_2 = N_2^0 \mp \Delta N$$

Сдвигающее усилие в связи-перемычке

$$Q_i^6 = \Delta N_i - \Delta N_{i+1}$$

Изгибающий момент у опор перемычки

$$M_i = Q_i^6 l / 2$$

Величина вертикальной нагрузки,
перераспределяющейся столбами

$$\Delta N = \varepsilon^{\epsilon} K_i^{\epsilon} / \gamma$$

где ε^{ϵ} – разность продольных деформаций столбов

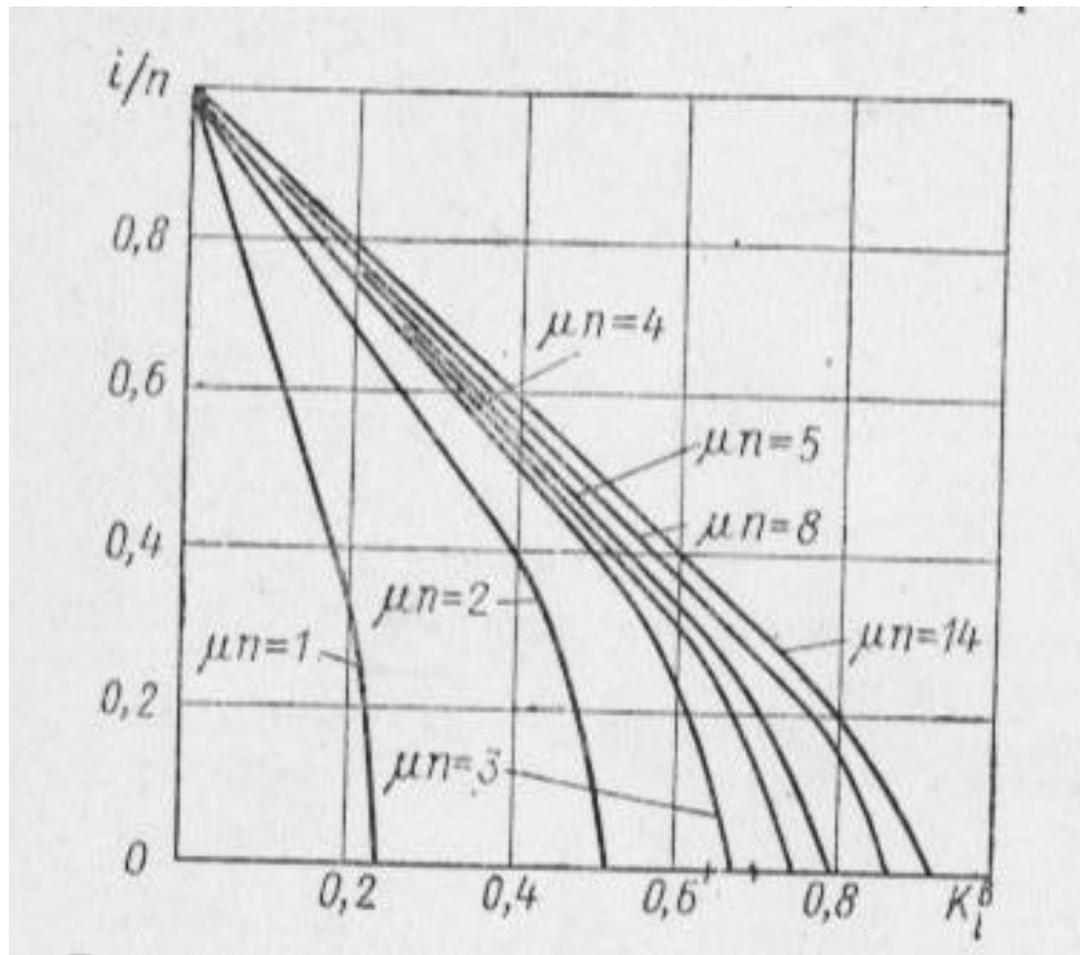
$$\varepsilon^{\epsilon} = \frac{N_1^0}{E_1 A_1} + \frac{N_2^0}{E_2 A_2}$$

N_1^0, N_2^0 - вертикальные нагрузки на столбы 1 и 2.

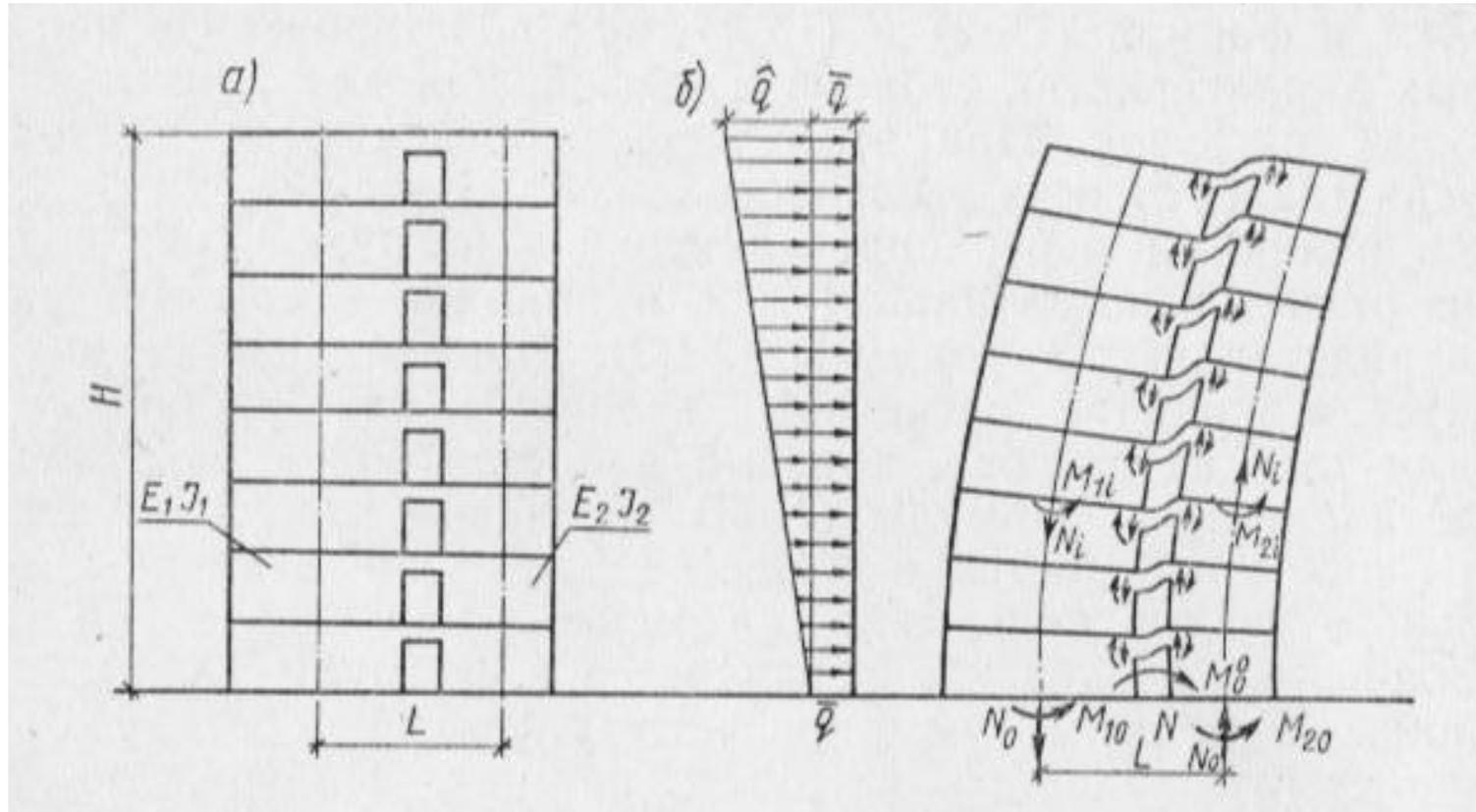
K_i^{ϵ} - коэффициент, суммарно учитывающий влияние податливости связей между столбами, жесткости столбов при сжатии, числа этажей и высотную координату рассчитываемого элемента.

График для определения коэффициента K_i

- N – число этажей в здании;
- I – номер рассматриваемого этажа, считая снизу



Работа диафрагм с проемом на горизонтальную ветровую нагрузку



А – диафрагма; б – ветровая нагрузка, схема деформирования и усилия в диафрагме

Расчет на горизонтальные нагрузки

Продольная сила, перераспределяемая
между столбами

$$N_i = \varepsilon^e K_i^e / \gamma$$

Деформации от горизонтальной
- равномерно распределенной нагрузки

$$\varepsilon^e = qH^2 L / (2 \sum EI)$$

- линейно изменяющейся нагрузки

$$\varepsilon^e = qH^2 L / (6 \sum EI)$$

Изгибающие моменты в столбах на уровне i -го этажа

$$M_{1i} = (M_i^0 - N_i L) \frac{E_1 I_1}{\sum EI}$$

$$M_{2i} = (M_i^0 - N_i L) \frac{E_2 I_2}{\sum EI}$$

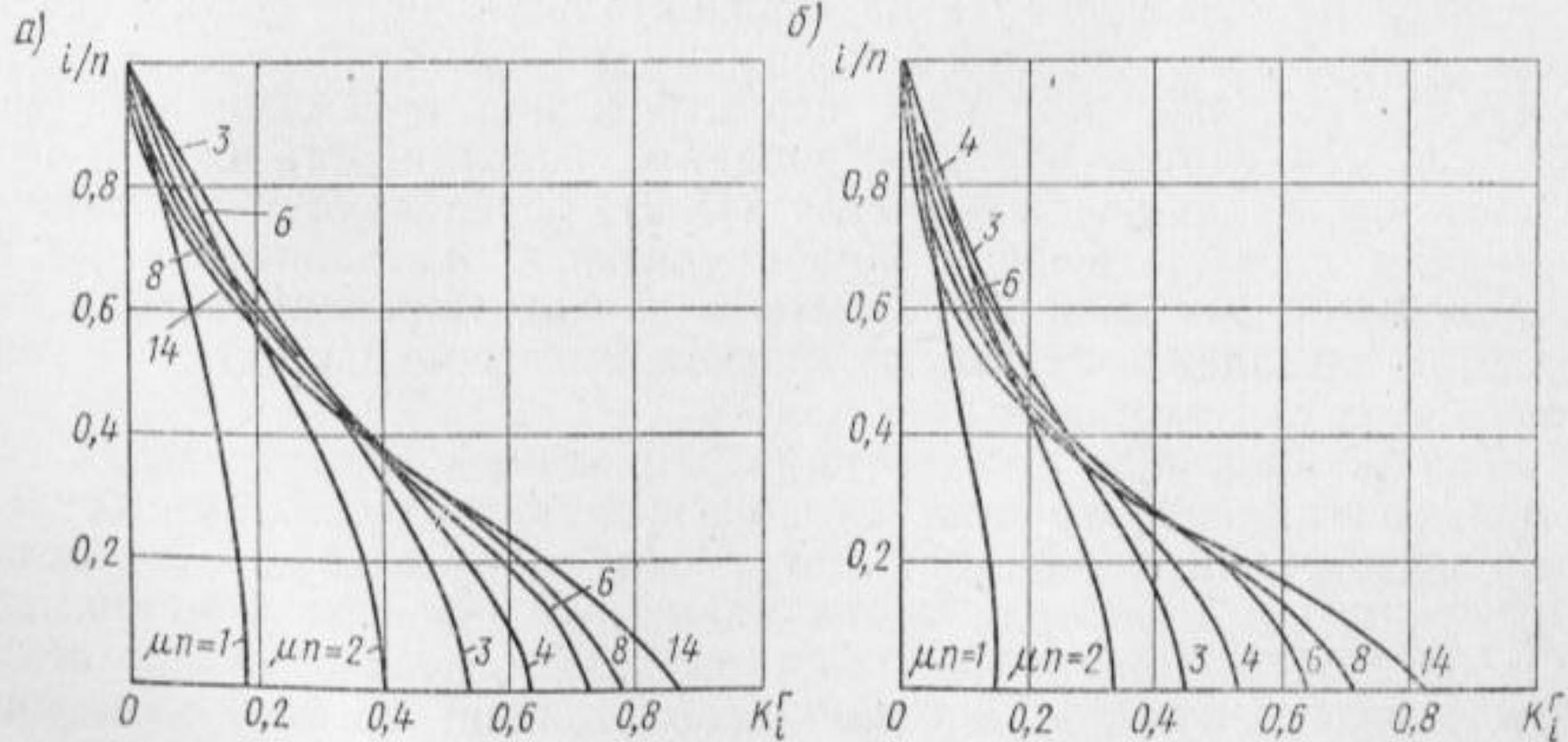
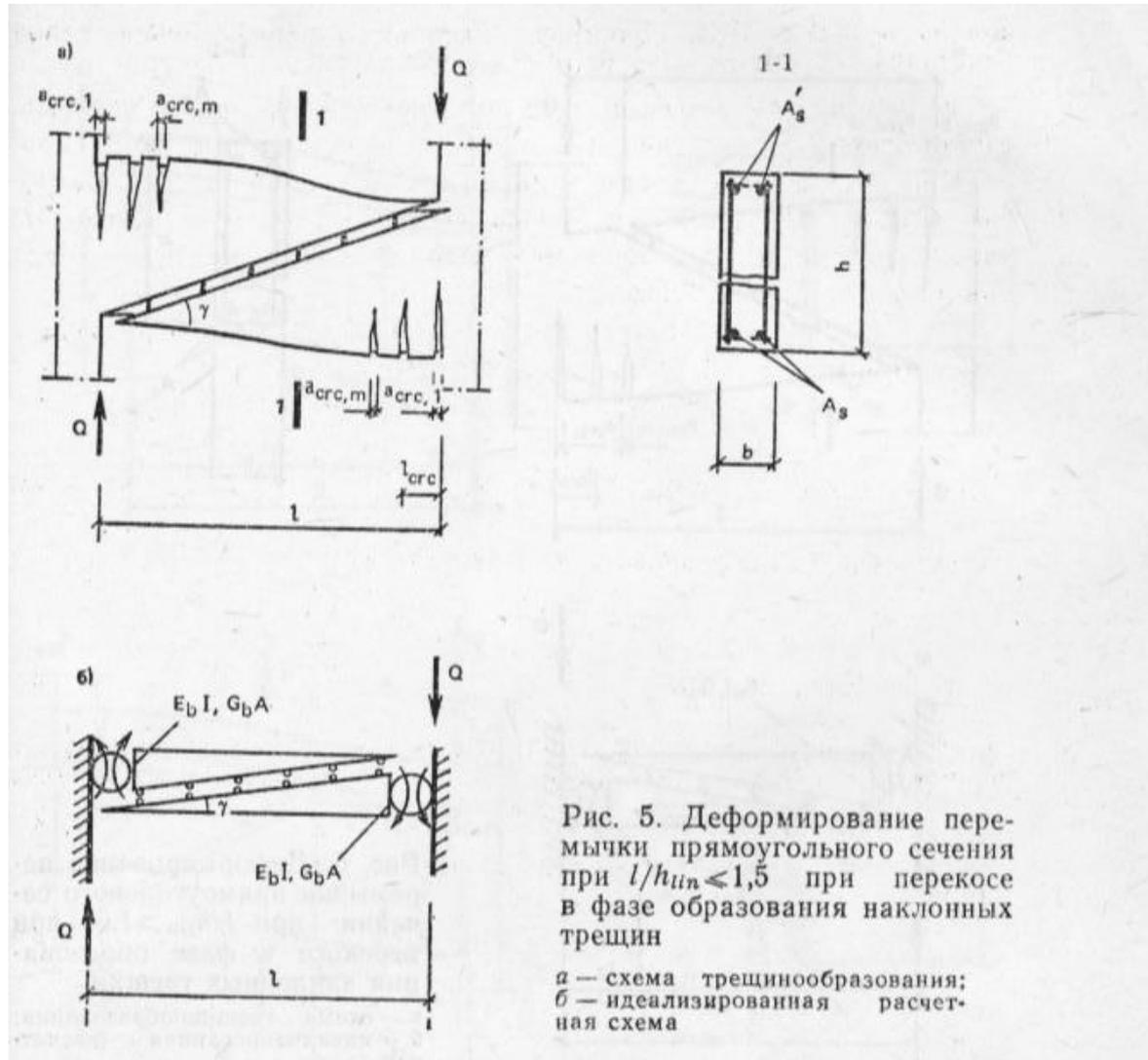


Рис. XI.4. Графики для определения коэффициентов K_i^Γ для двух типов горизонтальной нагрузки:

а — для равномерно распределенной нагрузки \bar{q} ; б — для треугольной нагрузки от 0 до \hat{q}

Схема деформирования и расчета перемычки



Консольная модель здания с жесткими связями

- а – Расчетная схема поперечной стены;
- б – расчетная схема продольной стены;
- Эпюры изгибающих моментов в продольной стене, не работающей совместно с поперечными стенами:
- в – от вертикальных нагрузок;
- г – от горизонтальных нагрузок

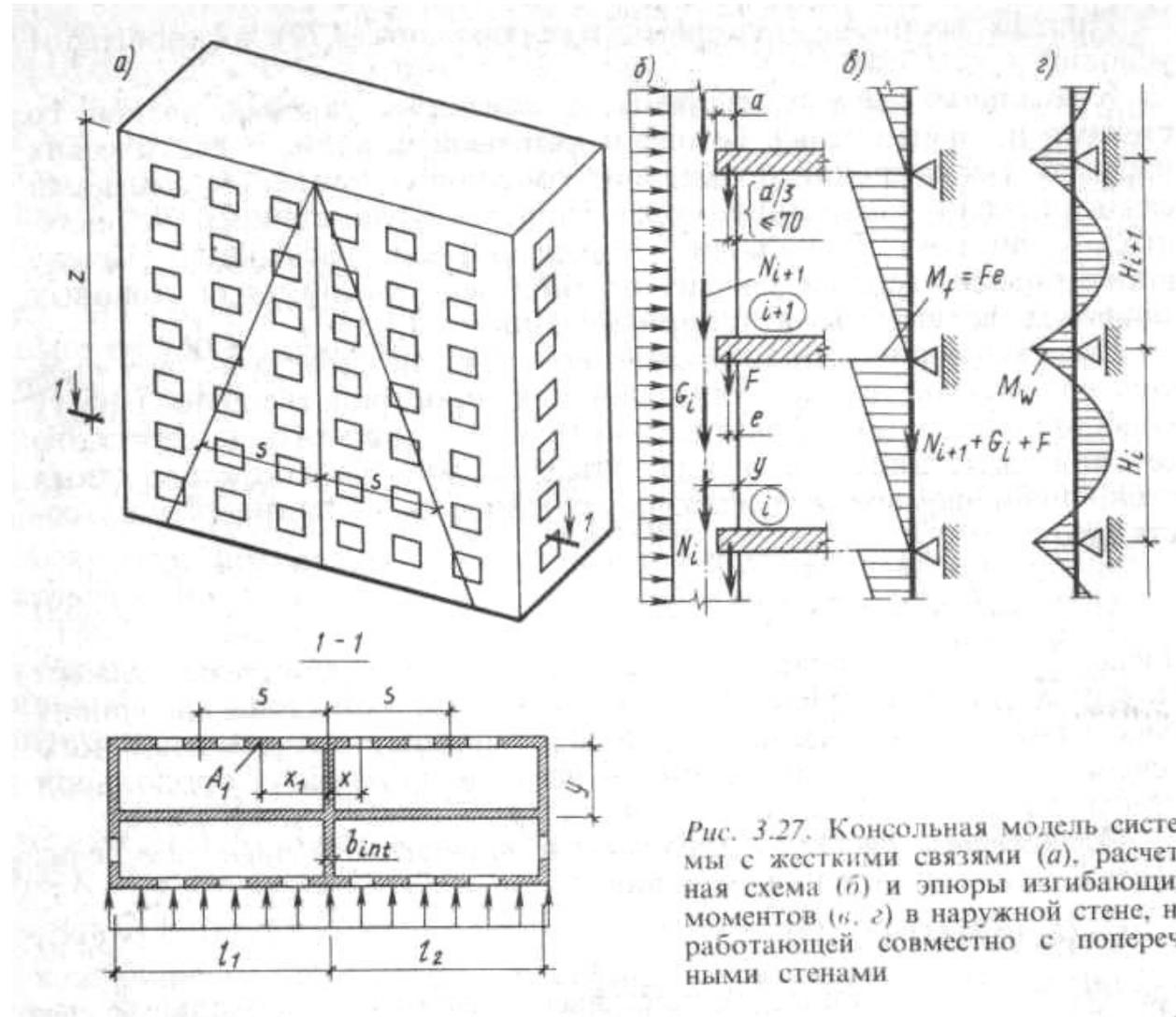
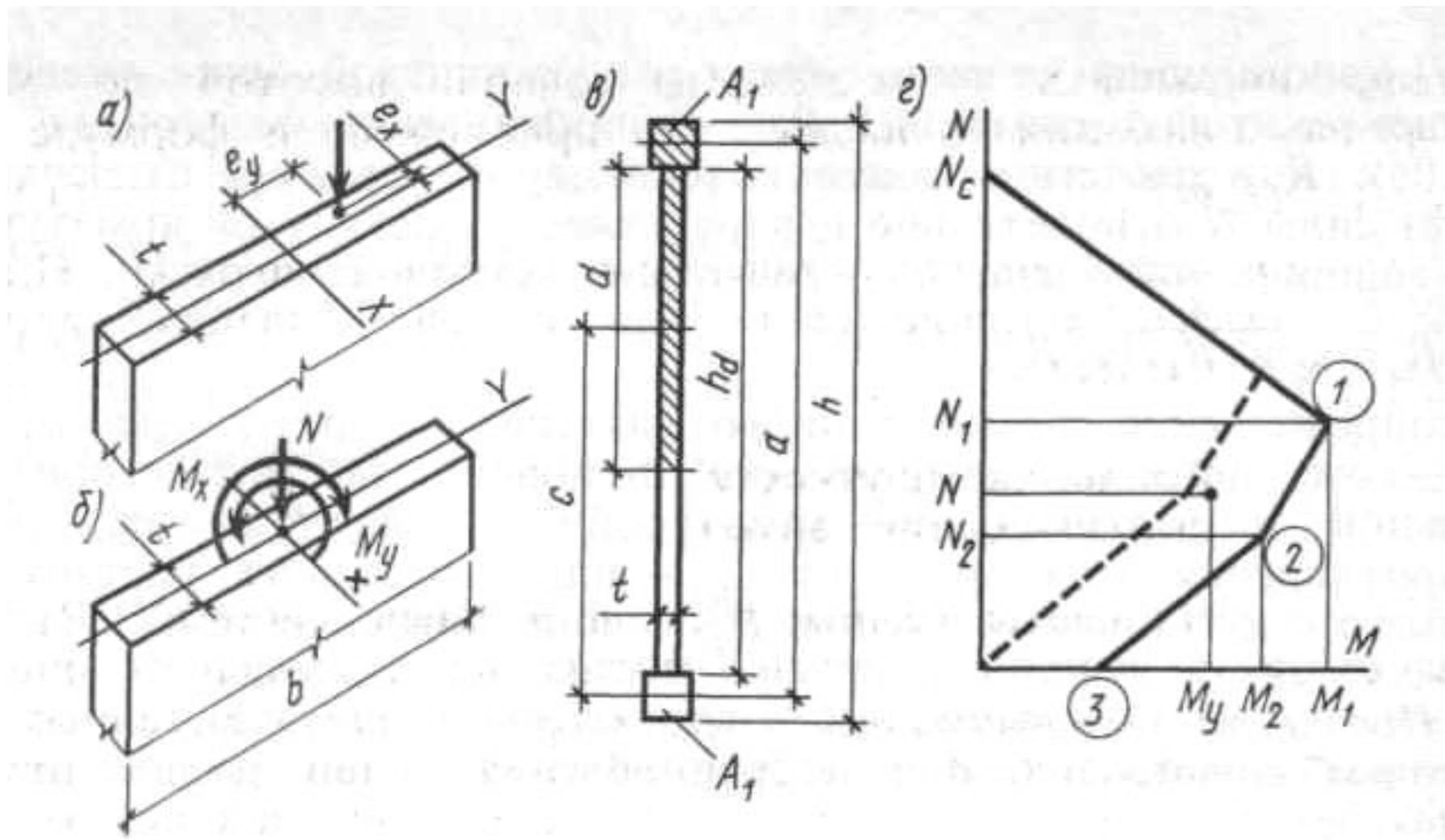


Рис. 3.27. Консольная модель системы с жесткими связями (а), расчетная схема (б) и эпюры изгибающих моментов (в, г) в наружной стене, не работающей совместно с поперечными стенами

К проверке прочности стеновых элементов



План (а) и расчетная схема (б) стволодиафрагменной несущей системы

