

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Б. Антаков

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по выполнению практических занятий по дисциплине:
Б1.В.ДВ.03.01 Проектирование усиления железобетонных и
каменных конструкций
для студентов направления подготовки
08.04.01 - «Теория, практика и проектирование железобетонных и
каменных конструкций, реконструкция и техническая эксплуатация
зданий и сооружений»
Квалификация выпускника: магистр

Казань
2019

Учебно-методическое пособие позволяет обеспечить выполнение государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по направлению 08.04.01 «Строительство», профиль «Теория, практика и проектирование железобетонных и каменных конструкций, реконструкция и техническая эксплуатация зданий и сооружений»; содержит рекомендации по выполнению практических занятий и предназначены для использования студентами при освоении дисциплины:

- Б1.В.ДВ.03.01. Проектирование усиления железобетонных и каменных конструкций.

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент кафедры МКиИС КГАСУ *Исаев А.В.*

Кандидат технических наук, доцент *Ахметзянов Ф.Х.*

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

□ Казанский
государственный
архитектурно-
строительный
университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Занятие 1. Определение несущей способности каменной кладки, усиленной железобетонной обоймой	5
Занятие 2. Определение несущей способности каменной кладки, усиленной стальной обоймой	10
Занятие 3. Определение несущей способности каменной кладки, усиленной штукатурной обоймой	16
Занятие 4. Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной горизонтальной линейной затяжкой	21
Занятие 5. Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной шпренгельной затяжкой	27
Занятие 6. Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной установкой дополнительной арматуры в растянутой зоне	33
Занятие 7. Определение несущей способности наклонных сечений изгибаемых элементов, усиленных стальной обоймой	38
Занятие 8. Определение несущей способности сжатого железобетонного элемента, усиленного композитной обоймой	44
Занятие 9. Расчет разгружающей балки	48
Занятие 10. Расчет разгружающей стойки	52
Занятие 11. Определение причин деформирования зданий	56
Занятие 12. Оценка технического состояния изгибаемых элементов по прогибам	60
Занятие 13. Способы усиления пустотных плит перекрытий	65
Занятие 14. Способы усиления ребристых плит перекрытий	68
Занятие 15. Способы усиления узлов опирания плит перекрытий	71
Занятие 16. Способы усиления стропильных балок	74
Занятие 17. Способы усиления колонн	78

ЗАНЯТИЕ 1

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной железобетонной обоймой

Цель занятия.

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной железобетонной обоймой.

Расчет элементов каменных конструкций, усиленных железобетонной обоймой, при центральном сжатии производится по формуле:

$$N \leq \psi \varphi \left[\left(m_q m_k R + \eta \frac{3\mu}{1+\mu} \times \frac{R_{sw}}{100} \right) A + m_b R_b A_b + R_{sc} A_s \right];$$

Толщина слоя монолитного бетона принимается из условия возможности проведения качественного бетонирования и составляет не менее 6-10 см. Шаг хомутов сетки принимаются по расчету или в соответствии с конструктивными требованиями. Минимальный диаметр и шаг стержней железобетонной обоймы или штукатурной рубашки принимается по минимальному проценту армирования – $\mu_{\min} = 0,005$. При этом шаг стержней не более 150 мм.

Перед началом занятия следует изучить теоретический материал и ответить на контрольные вопросы.

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Минимальная толщина бетона при устройстве железобетонной обоймы опалубочным способом принимается	а) ... 4-5 см; б) ... 15-20 см; в) ... из условия выполнения качественного бетонирования и составляет 20-25 см; г) ... из условия выполнения качественного бетонирования и составляет 6-10 см; д) ... из условия восстановления полноценного защитного слоя и составляет 2-4 см
2	Максимальный шаг стержней сеток железобетонной обоймы и штукатурной рубашки	а) ... не более 10 см; б) ... не более 20 см; в) ... не более 15 см; г) ... не более минимального размера сечения
3	Коэффициент условий работы кладки с трещинами для расчета обойм	а) ... 0,6; б) ... 0,8; в) ... 0,7.

После этого выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 1 и выполнить расчет.

Последовательность расчета показана в блок-схеме 1.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Марка кирпича - М150.

М раствора - М100.

Сечение столба $b \times h = 510 \times 380$ мм.

Высота столба $l = 1500$ мм;

Коэффициент $m_g = 1$;

Коэффициент $m_b = 1$.

3. Назначаем характеристики элементов железобетонной обоймы:

Толщина железобетонной обоймы $t = 6$ см;

Бетон класса В 15. Расчетное сопротивление $R_b = 8,5$ МПа;

Продольное армирование $8\varnothing 10$ А-400 ($A_{sc} = 628$ мм²). $R_s = 355$ МПа;

Поперечное армирование $\varnothing 6$ А-240. Шаг хомутов 120 мм. $R_{sw} = 300$ МПа;

4. Гибкость элемента каменной кладки

$$\lambda_h = \frac{1500}{380} = 3,95$$

5. По табл. 18 [1]

$$\varphi = 1$$

6. По таблице 4 [1] расчетное сопротивление кладки

$$R = 2,2 \text{ МПа}$$

7. Определяем процент армирования

$$\mu = \frac{2 \times 0,283(51+38)}{51 \times 38 \times 12} \times 100\% = 0,21\%$$

8. Коэффициенты

$$\psi = 1, \eta = 1$$

9. Кладка без повреждений

10. $m_k = 1$

12. Площадь сечения обоймы

$$A_b = [2 \times 510 + 2 \times (380 + 120)] \times 60 = 121200 \text{ мм}^2$$

13. Площадь поперечного сечения кладки

$$A = 510 \times 380 = 193800 \text{ мм}^2$$

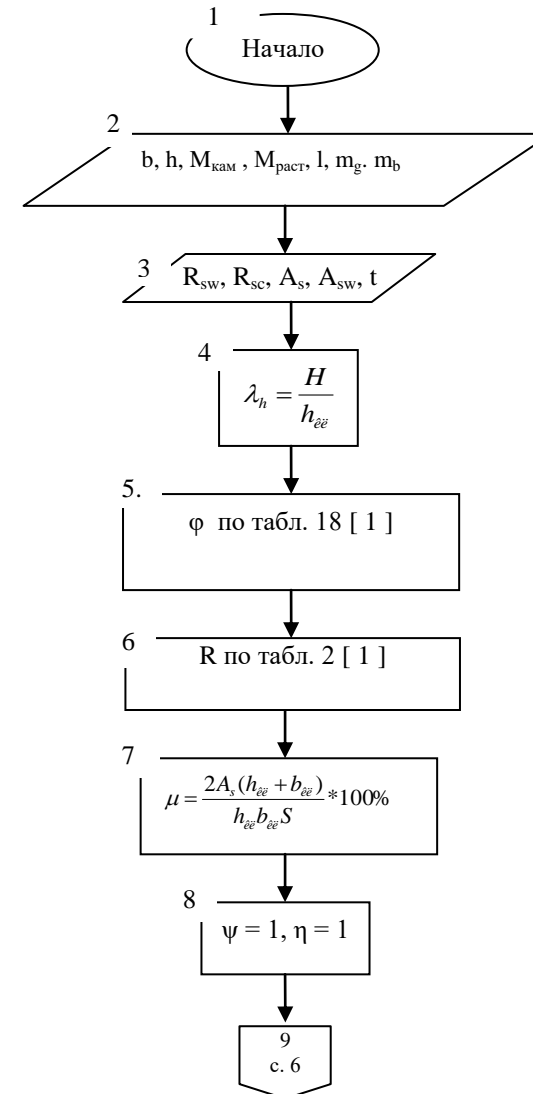
14. Определяем несущую способность каменной кладки, усиленной стальной обоймой

$$N = 1 \times 1 \left[\left(1 \times 1 \times 2,2 + 1 \times \frac{3 \times 0,21}{1 + 0,21} \times \frac{300}{100} \right) \times 193800 + 1 \times 8,5 \times 121200 + 355 \times 628 \right] = 1858564 \text{ Н}$$

15. Конструирование железобетонной обоймы.

16. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 1, и сдать его преподавателю.



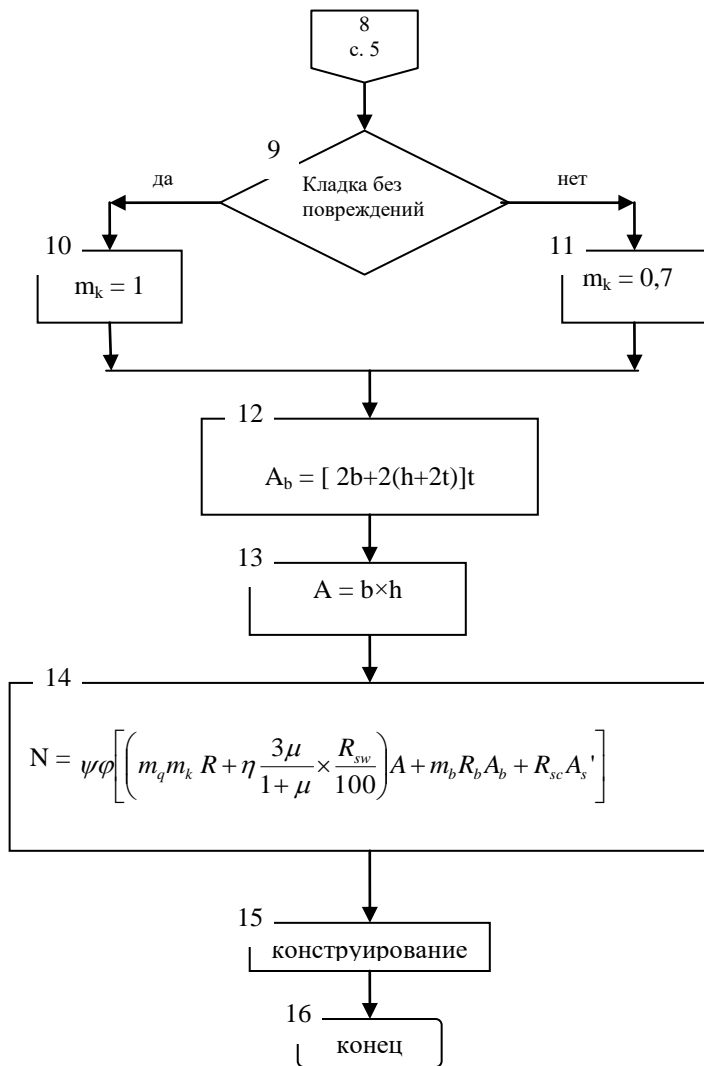


Таблица 1. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Марка кирпича	Марка раствора	Сечение столба b×h, мм	Класс бетона
1	2	3	4	5
1	M50	M25	510×380	B15
2	M100	M50	510×640	B20
3	M75	M50	770×380	B15
4	M125	M25	640×770	B20
5	M150	M50	640×640	B15
6	M200	M100	510×510	B20
7	M125	M25	770×770	B15
8	M150	M75	510×380	B20
9	M200	M100	510×640	B15
10	M100	M25	770×380	B20
11	M75	M25	640×770	B15
12	M50	M50	640×640	B20
13	M100	M75	510×510	B15
14	M75	M25	770×770	B20
15	M100	M50	510×380	B15
16	M75	M75	510×640	B20
17	M125	M100	770×380	B15
18	M150	M150	640×770	B20
19	M200	M75	640×640	B15
20	M150	M25	510×510	B20
21	M200	M75	770×770	B15
22	M125	M50	770×380	B20
23	M50	M25	640×770	B15
24	M100	M75	640×640	B20
25	M75	M50	510×510	B15

Контрольный талок для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
μ	R	A _b	N
Контрольные результаты			

Рис. 1.

ЗАНЯТИЕ 2

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной стальной обоймой

Цель занятия.

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной стальной обоймой.

Расчет элементов каменных конструкций, усиленных стальной ненапрягаемой обоймой, при центральной сжатии производится по формуле:

$$N = \psi \varphi \left[\left(m_g m_k R + \eta \frac{2,5\mu R_{sw}}{1 + 2,5\mu 100} \right) A_{кл} + R_{sc} A_s^1 \right]$$

Стальная обойма представляет из себя следующее:

- по углам усиливаемого элемента устанавливаются на цементно-песчаном растворе вертикальные опорные уголки, к которым крепятся на сварке поперечные хомуты из полосовой стали или круглых стержней. Расстояние между хомутами должно быть не более меньшего размера сечения кладки и не больше 500 мм. Стальная обойма должна быть защищена от коррозии слоем цементного раствора толщиной 25-30 мм.

Перед началом занятия следует изучить теоретический материал и ответить на контрольные вопросы.

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Чему равен максимальный шаг планок стальной обоймы?	а) 300 мм; б) максимальному размеру сечения; в) 500 мм; г) не более меньшего размера сечения кладки и не больше 500 мм.
2	Каким коэффициентом учитывается наличие повреждений кладки при расчете каменного элемента, усиленного стальной обоймой?	а) 0,9; б) 0,7; в) 0,5; г) 0,8.
3	Процент армирования зависит от	а) ... размеров сечения продольных опорных уголков; б) ... длины продольных опорных уголков и их сечения; в) ... сечения и шага поперечных планок.

После этого выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 2 и выполнить расчет.

Последовательность расчета показана в блок-схеме 1.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Марка кирпича - М150.

Маствра - М100.

Сечение столба $b \times h = 510 \times 380$ мм.

Высота столба $l = 1500$ мм;

Коэффициент $m_g = 1$.

3. Назначаем характеристики элементов стальной обоймы:

- площадь сечения продольных уголков ($L 63 \times 5$) $A_s^1 = 4 \times 613 \text{ мм}^2 = 2452 \text{ мм}^2$;

- площадь сечения поперечных элементов (-50×5) $A_s = 250 \text{ мм}^2$;

- шаг поперечных планок по вертикали $S = 300$ мм;

- расчетное сопротивление металла поперечных планок $R_{sw} = 150$ МПа;

- расчетное сопротивление металла вертикальных уголков $R_{sc} = 190$ МПа;

4. Гибкость элемента каменной кладки

$$\lambda_h = \frac{1500}{380} = 3,95$$

5. По табл. 18 [1]

$$\varphi = 1$$

6. По таблице 4 [1] расчетное сопротивление кладки

$$R = 2,2 \text{ МПа}$$

7. Определяем процент армирования

$$\mu = \frac{2 \times 2,5(51 + 38)}{51 \times 38 \times 30} \times 100\% = 0,765\%$$

8. Коэффициенты

$$\psi = 1, \eta = 1$$

9. Кладка без повреждений

10. $m_k = 1$

12. Проверка соответствия принятого шага планок обоймы конструктивным требованиям.

13. Площадь поперечного сечения кладки

$$A_{кл} = 510 \times 380 = 193800 \text{ мм}^2$$

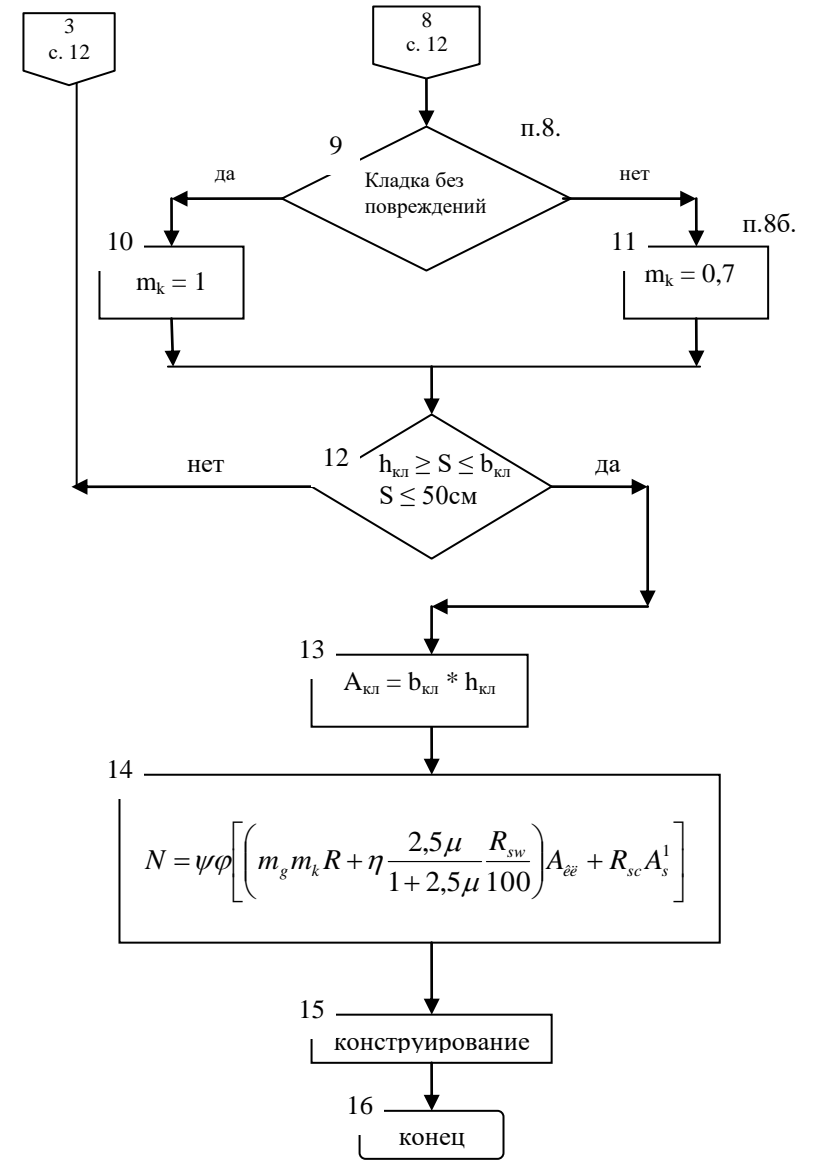
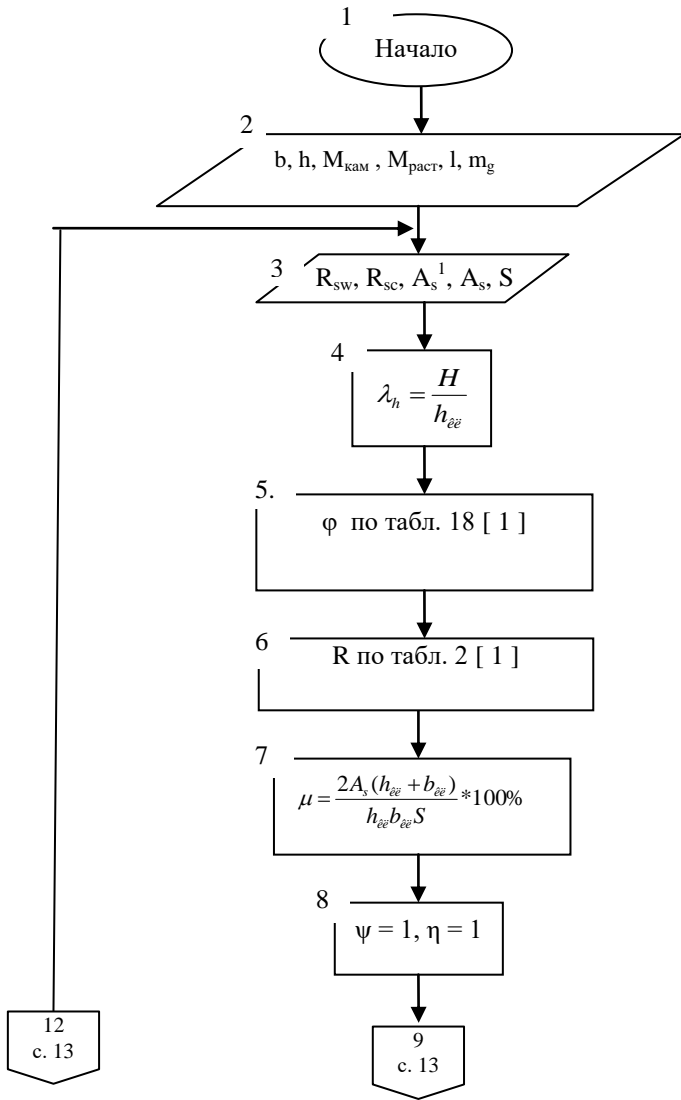
14. Определяем несущую способность каменной кладки, усиленной стальной обоймой

$$N = 1 \times 1 \left[\left(1 \times 1 \times 2,2 + 1 \times \frac{2,5 \times 0,765}{1 + 2,5 \times 0,765} \times \frac{150}{100} \right) \times 193800 + 190 \times 2452 \right] = 1082879 \text{ Н}$$

15. Конструирование стальной обоймы.

16. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 2, и сдать его преподавателю.



Контрольный талон для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
ц	R	A _{кл}	N
Контрольные результаты			

Рис. 2.

На рис. 3 показаны варианты натяжения хомутов с целью повышения эффективности обоймы.

Таблица 2. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Марка кирпича	Марка раствора	Сечение столба b×h, мм	Высота столба l, м
1	2	3	4	7
1	M50	M25	510×380	3,2
2	M100	M50	510×640	2,8
3	M75	M50	770×380	3,0
4	M125	M25	640×770	2,5
5	M150	M50	640×640	3,4
6	M200	M100	510×510	2,9
7	M125	M25	770×770	2,7
8	M150	M75	510×380	3,2
9	M200	M100	510×640	2,8
10	M100	M25	770×380	3,0
11	M75	M25	640×770	2,5
12	M50	M50	640×640	3,4
13	M100	M75	510×510	2,9
14	M75	M25	770×770	2,7
15	M100	M50	510×380	3,2
16	M75	M75	510×640	2,8
17	M125	M100	770×380	3,0
18	M150	M150	640×770	2,5
19	M200	M75	640×640	3,4
20	M150	M25	510×510	2,9
21	M200	M75	770×770	2,7
22	M125	M50	770×380	3,0
23	M50	M25	640×770	2,5
24	M100	M75	640×640	3,4
25	M75	M50	510×510	3,2

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПОПЕРЕЧНЫХ ПЛАНКАХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОБОЙМ УСИЛЕНИЯ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЛИСТ 2/68

ГРУППОВОЕ СТИЯНИЕ МУФТАМИ

ПОПАРНОЕ СТИЯНИЕ РАЧУЖНЫМ ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ С УСТАНОВКОЙ ШПИЛЕК

1 – усиливаемая колонна;
2 – продольные уголки обоймы усиления (устанавливать на цементно-песчаном растворе и временно прижать струбциной);
3 – поперечные планки обоймы усиления из арматурной стали, приваренные к уголкам обоймы;
4 – распорные болты, приваренные к уголкам обоймы (служат для предварительного натяжения в поперечных планках обоймы);
5 – муфта натяжения;
6 – шпунтура из цементно-песчаного раствора по сетке

ЗАБЕЛКА КЛИНЬЕВ

1 – усиливаемая колонна;
2 – продольные уголки обоймы усиления (устанавливать на цементно-песчаном растворе и временно прижать струбциной);
3 – поперечные планки обоймы усиления из арматурной стали или полосы, приваренные к уголкам обоймы;
4 – металлические клинья для создания предварительного напряжения в поперечных планках;
5 – шпунтура из цементно-песчаного раствора по сетке

НАТЯЖЕНИЕ ГАЙКАМИ

1 – усиливаемая колонна;
2 – продольные уголки обоймы усиления (устанавливать на цементно-песчаном растворе и временно прижать струбциной);
3 – поперечные планки обоймы усиления из арматурной стали, приваренные одним концом к уголкам обоймы;
4 – уголок-упор для установки поперечных планок;
5 – гайки для создания предварительного напряжения в поперечных планках обоймы;
6 – шпунтура из цементно-песчаного раствора по сетке

ЗАНЯТИЕ 3

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной штукатурной обоймой

Цель занятия.

Определение несущей способности каменной кладки, усиленной штукатурной обоймой.

Расчет элементов каменных конструкций, усиленных штукатурной обоймой, при центральном сжатии производится по формуле:

$$N \leq \psi \varphi \left[\left(m_q m_k R + \eta \frac{2.8\mu}{1+2\mu} \times \frac{R_{sw}}{100} \right) A \right]$$

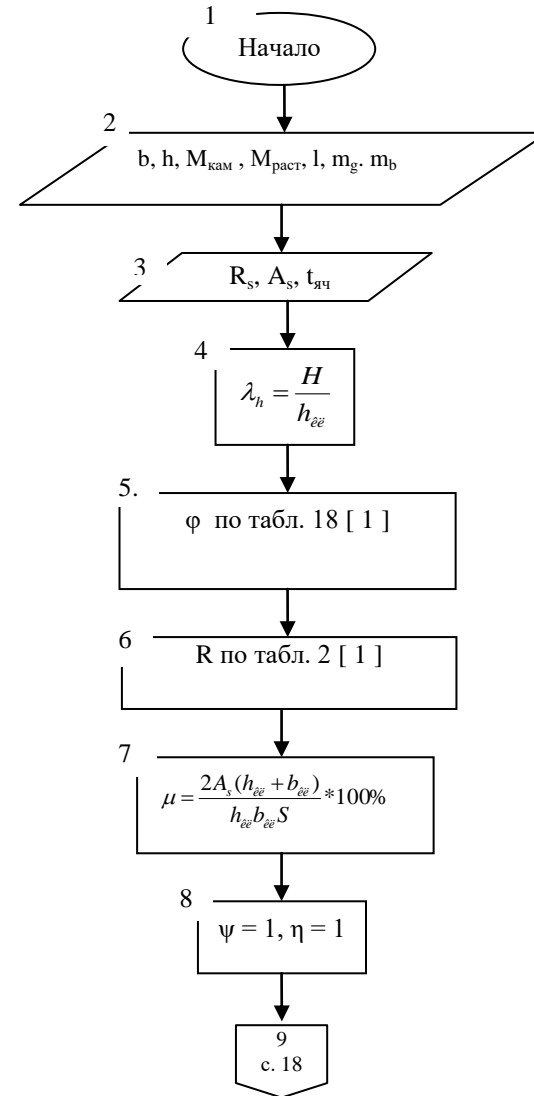
Толщина штукатурного слоя раствора марки М25-М50 составляет 3-4 см. Сечение растворного слоя в расчете усиленной кладки не учитывается. Армирующим элементом является штукатурная сетка – тканая или просечно-вытяжная. Применяются достаточно гибкие сетки, позволяющие выполнять обматывание усиливаемых конструкций. Расчетными параметрами сеток являются размеры ячеек и сечение проволоки или выштампованных перемычек.

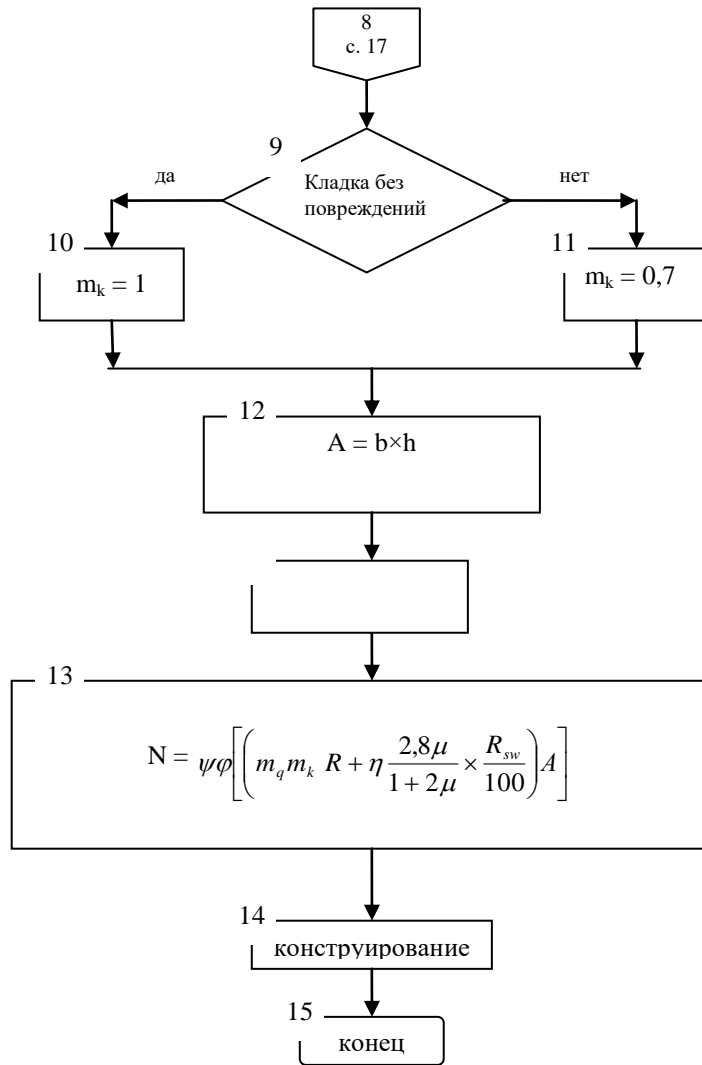
Перед началом занятия следует изучить теоретический материал и ответить на контрольные вопросы.

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Учитываемые параметры кладки, усиленной штукатурной обоймой	а) ... прочности кладки, металла сетки, штукатурного раствора; б) ... прочности кладки, металла сетки; в) ... прочности кладки, штукатурного раствора; г) ... металла сетки, штукатурного раствора
2	Применяемые сетки	а) ... сварные и вязанные; б) ... тканые; в) ... тканые и просечно-вытяжные; г) ... просечно-вытяжные
3	Применяемые марки раствора	а) ... М25-М100; б) ... М50-М200; в) ... М25-М50.

После этого выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 3 и выполнить расчет.

Последовательность расчета показана в блок-схеме 1.





Пример расчета.

1. *Начало.*

2. *Исходные данные:*

Марка кирпича - М150.

М раствора - М100.

Сечение столба $b \times h = 510 \times 380$ мм.

Высота столба $l = 1500$ мм;

Коэффициент $m_g = 1$;

Коэффициент $m_b = 1$.

3. Назначаем характеристики штукатурной обоймы:

Цементно-песчаный раствор М50. Толщина слоя 30 мм.

Сетка тканая по ГОСТ3826-82 из проволоки $\varnothing 1$ мм ($A_s = 0,785 \text{ мм}^2$). $R_s = 180$ МПа. Ячейка сетки – 30*30 мм.

4. Гибкость элемента каменной кладки

$$\lambda_h = \frac{1500}{380} = 3,95$$

5. По табл. 18 [1]

$$\varphi = 1$$

6. По таблице 4 [1] расчетное сопротивление кладки

$$R = 2,2 \text{ МПа}$$

7. Определяем процент армирования

$$\mu = \frac{2 \times 0,0785(51 + 38)}{51 \times 38 \times 3} \times 100\% = 0,24\%$$

8. Коэффициенты

$$\psi = 1, \eta = 1$$

9. Кладка без повреждений

10. $m_k = 1$

12. Площадь поперечного сечения кладки

$$A = 510 \times 380 = 193800 \text{ мм}^2$$

13. Определяем несущую способность каменной кладки, усиленной штукатурной обоймой

$$N = 1 \times 1 \left[\left(1 \times 1 \times 2,2 + 1 \times \frac{2,8 \times 0,24}{1 + 2 \times 0,24} \times \frac{180}{100} \right) \times 193800 \right] = 584752H$$

15. Конструирование штукатурной обоймы.

16. *Конец.*

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 3, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
μ	R	A	N
Контрольные результаты			

Рис. 3.

Таблица 3. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Марка кирпича	Марка раствора	Сечение столба $b \times h$, мм	Диаметр проволоки/Шаг стержней, мм
1	2	3	4	5
1	M50	M25	510×380	1,0/20
2	M100	M50	510×640	0,5/15
3	M75	M50	770×380	1,6/30
4	M125	M25	640×770	0,8/25
5	M150	M50	640×640	2,0/30
6	M200	M100	510×510	1,0/20
7	M125	M25	770×770	0,5/15
8	M150	M75	510×380	1,6/30
9	M200	M100	510×640	0,8/25
10	M100	M25	770×380	2,0/30
11	M75	M25	640×770	1,0/20
12	M50	M50	640×640	0,5/15
13	M100	M75	510×510	1,6/30
14	M75	M25	770×770	0,8/25
15	M100	M50	510×380	2,0/30
16	M75	M75	510×640	1,0/20
17	M125	M100	770×380	0,5/15
18	M150	M150	640×770	1,6/30
19	M200	M75	640×640	0,8/25
20	M150	M25	510×510	2,0/30
21	M200	M75	770×770	1,0/20
22	M125	M50	770×380	0,5/15
23	M50	M25	640×770	1,6/30
24	M100	M75	640×640	0,8/25
25	M75	M50	510×510	2,0/30

ЗАНЯТИЕ 4

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной горизонтальной линейной затяжкой

Цель занятия.

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной горизонтальной линейной затяжкой.

На рис. 4 приведены варианты конструктивных решений усиления изгибаемых элементов затяжками.

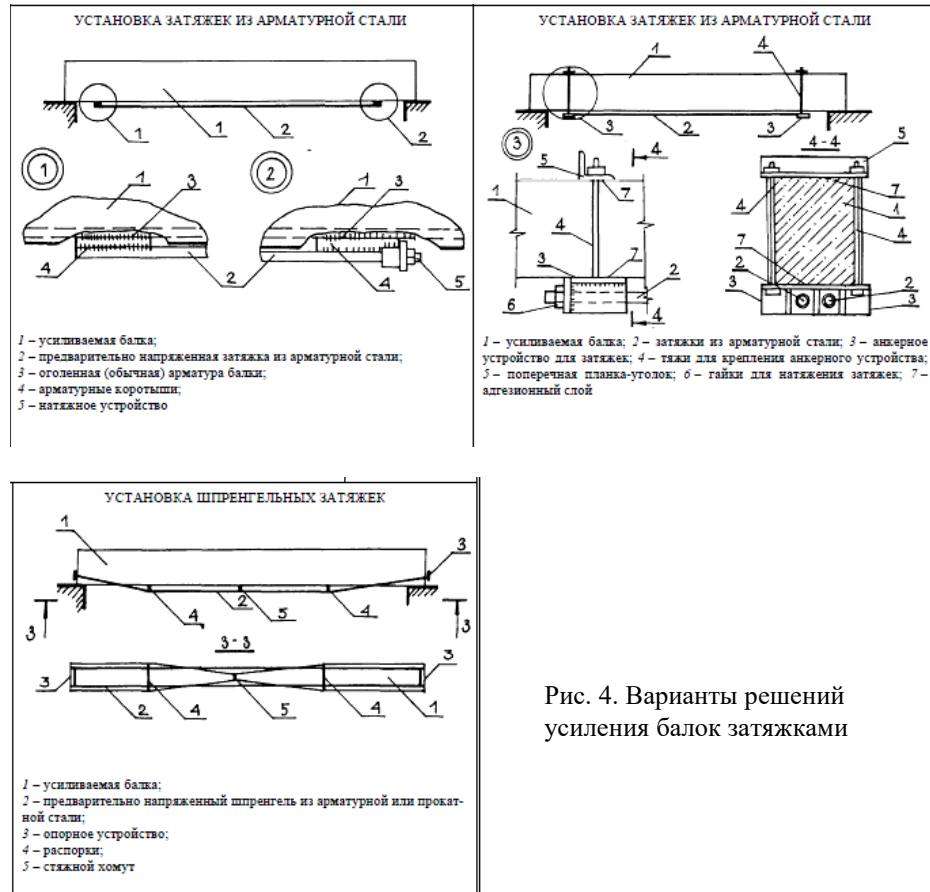


Рис. 4. Варианты решений усиления балок затяжками

Горизонтальные затяжки увеличивают несущую способность изгибаемых элементов по нормальным сечениям. При устройстве предварительно напряженных затяжек усиливаемые элементы изменяют первоначальную конструктивную схему – становятся внецентренно сжатыми. Постановка напряженных затяжек позволяет повысить несущую способность усиливаемого элемента в 2-2,5 раза. Статически

неопределимое усилие в затяжке R может быть найдено из уравнения равновесия линейных деформаций усиливаемого элемента и затяжки, которые создают комбинированную схему.

Под действием внешней нагрузки q , действующей на усиленный затяжкой элемент (рис. 5), происходит его прогиб с поворотами опорных сечений A и B на углы α и β соответственно (при симметричной нагрузке углы $\alpha = \beta$).

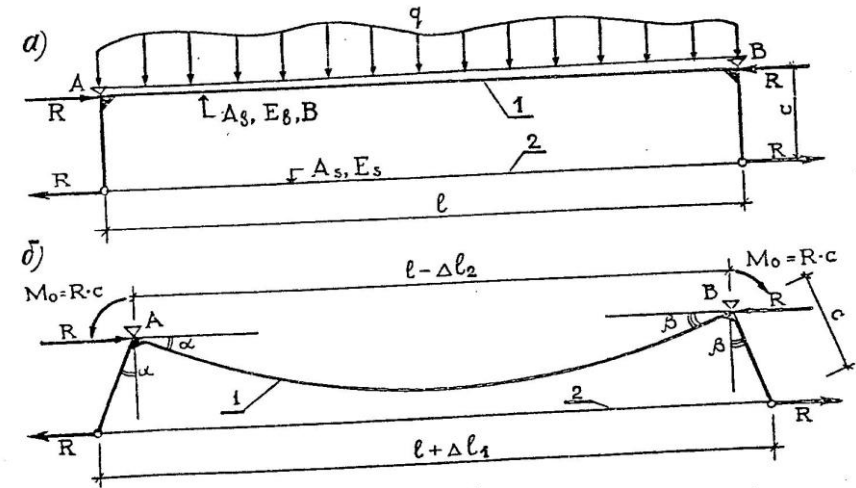


Рис. 5. Расчетная схема (а) и схема деформации (б) усиливаемого элемента.
1 – усиливаемый элемент; 2 – затяжка.

При этом затяжка удлиняется на величину Δ_R , а усиливаемая балка под действием реактивных сжимающих сил от затяжки получает некоторые деформации укорочения Δ_B . Если обозначить деформации комбинированной системы от внешней нагрузки через Δ_q и от концевых изгибающих моментов Δ_M , то можно записать уравнение взаимосвязи линейных деформаций затяжки и усиливаемого элемента, как единой комбинированной системы

$$\Delta_R + \Delta_B + \Delta_M = \Delta_q,$$

где $\Delta_q = C(\sin \alpha + \sin \beta) = C(\alpha + \beta)$ – линейные деформации от внешней нагрузки q ;

C – плечо между осями усиливаемой балки и затяжки

$\sin \alpha = \alpha$; $\sin \beta = \beta$ – из-за незначительности углов поворота.

Линейные деформации от концевых изгибающих моментов $M_0 = RC$ имеют

вид

$$\Delta_M = C(\alpha_M + \beta_M) = C(M_0 \times l / 2B + M_0 \times l / 2B) = C M_0 \times l / B = R l C^2 / B$$

От усилия в затяжке R в соответствии с законом Гука линейные деформации затяжки

$$\Delta_R = R / A_s E_s,$$

линейные деформации железобетонной балки

$$\Delta_B = R / A_b E_b,$$

где A_s – площадь сечения затяжки, A_b – площадь нормального сечения балки, E_s, E_b – начальные модули упругости стали и бетона соответственно.

После подстановки частных значений линейных деформаций общее выражение будет иметь вид

$$R / A_s E_s + R / A_b E_b + R l C^2 / B = C(\alpha + \beta)$$

Решая это уравнение относительно неизвестного усилия в затяжке R , получим

$$R = (\alpha + \beta) B / (1 + A),$$

где $A = B / C A_s E_s + C + B / C A_b E_b$

B – жесткость усиливаемого железобетонного элемента $B = E J$.

Подставляя значения α и β получим величину усилия в затяжке R .

Например, для однопролетной балки пролетом l , загруженной равномерно распределенной нагрузкой q , углы поворота торцевых поверхностей $\alpha = \beta = ql^3 / 24B$ и усилие в затяжке

$$R = (ql^3 / 24B + ql^3 / 24B) B / (1 + A) = ql^2 / 12A.$$

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 4 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Однопролетная железобетонная балка.

Класс бетона балки - В25. Армирование нормальных сечений - 2Ø25 А400.

Сечение балки $b \times h = 200 \times 500$ мм.

Пролет балки $l = 5,700$ мм.

Внешняя погонная нагрузка $q_{вн} = 4$ т/м.

Следует выполнить поверочный расчет балки и произвести ее усиление горизонтальной затяжкой с подбором площади сечения.

3. Оценка прочности нормальных сечений балки

Нагрузка от собственного веса балки

$$q_{с.в.} = h \times b \times \rho \times \gamma_f = 0,5 \times 0,2 \times 2,5 \times 1,1 = 0,275 \text{ т/м}$$

Полная погонная нагрузка

$$q = q_{вн} + q_{с.в.} = 4 + 0,275 = 4,275 \text{ т/м}$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M_{вн} = ql^2 / 8 = 4,275 \times 5,7^2 / 8 = 17,36 \text{ т*м}$$

Воспринимаемый сечением изгибающий момент

$$M_{сеч} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) = 3620 \times 4,91 \times 2 (45 - 0,5 \times 12,1) = 1395921 \text{ кг*см} = 13,96 \text{ т*м}$$

где $x = R_s A_s / R_b b = 3620 \times 4,91 \times 2 / (148 \times 20) = 12,1$ см.

Поскольку $M_{вн} > M_{сеч}$ прочность балки не обеспечена – необходимо усиление.

4. Предварительные параметры затяжки: сечение 2Ø20 А400 ($E_s = 2 \times 10^6$ кг/см²) (рис. 6).

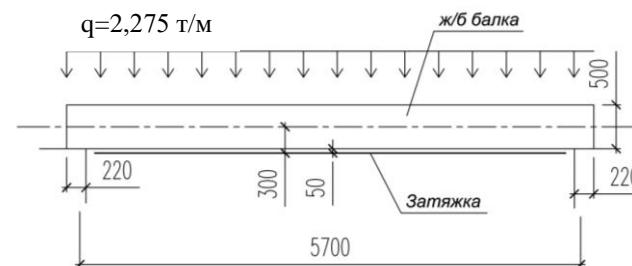


Рис. 6. Геометрические характеристики

5. Вычисление параметра A

$$A = B / C A_s E_s + C + B / C A_b E_b = 64,3 \times 10^8 / (30 \times 4,91 \times 2 \times 2 \times 10^6) + 30 + 64,3 \times 10^8 / (30 \times 50 \times 20 \times 30600) = 47,91 \text{ см}$$

где $B = E J = E b h^3 / 12 = 30600 \times 20 \times 50^3 / 12 = 30600 \times 2,1 \times 10^5 = 64,3 \times 10^8 \text{ кг см}^2$,

6. Определение усилия в затяжке

$$R = ql^2 / 12A = 4,275 \times 5,7^2 / (12 \times 0,48) = 24,11 \text{ т}$$

7. Проверка прочности затяжки

$$\sigma = N / A_{с,зат} = 24110 / (2 \times 3,14) = 3839 \text{ кг/см}^2 > R_s = 3620 \text{ кг/см}^2$$

– предварительно принятое сечение затяжки не достаточно.

8. Уточнение площади сечения затяжки

$$A_{с,зат}^{тп} = N / R_s = 24110 / 3620 = 6,66 \text{ см}^2$$

Принимаем 2Ø22 А400 ($A_{с,зат} = 7,6 \text{ см}^2$)

9. Конструирование узлов усиления балки.

10. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 7, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
$M_{вн}$	$M_{сеч}$	R	$A_{с,зат}$
Контрольные результаты			

Рис. 7.

Таблица 4. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Класс бетона/Армирование	Сечение балки $b \times h$, мм	Пролет, м	Внешняя нагрузка $q_{вн}$, т/м
1	2	3	4	5
1	B20/2Ø20 A300	250×450	5,6	3,5
2	B25/3Ø25 A300	250×550	6,2	4
3	B30/2Ø18 A400	200×500	4,8	5
4	B15/2Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
5	B20/3Ø20 A240	300×600	6,8	4
6	B20/2Ø22 A300	250×450	5,6	3,5
7	B25/3Ø25 A400	250×550	6,2	4
8	B30/3Ø18 A240	200×500	4,8	5
9	B15/3Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
10	B20/3Ø20 A300	300×600	6,8	4
11	B30/2Ø18 A400	250×450	6,2	3,5
12	B15/2Ø25 A400	250×550	4,8	4
13	B20/3Ø20 A240	200×500	5,4	5
14	B20/2Ø22 A300	200×500	6,8	3,8
15	B25/3Ø25 A400	300×600	5,6	4
16	B30/3Ø18 A240	250×450	6,2	3,5
17	B15/3Ø25 A400	250×550	4,8	4,2
18	B20/3Ø20 A300	200×500	5,4	5
19	B30/3Ø18 A240	250×450	5,4	5
20	B15/3Ø25 A400	250×550	6,8	3,8
21	B20/3Ø20 A300	200×500	5,6	4
22	B30/2Ø18 A400	200×500	6,2	3,5
23	B15/2Ø25 A400	300×600	4,8	4
24	B20/3Ø20 A240	250×450	5,4	5,5
25	B20/2Ø22 A300	250×550	6,4	3,8

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ЗАТЯЖКАХ ПРИ УСИЛЕНИИ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЙ	МЕХАНИЧЕСКИЙ	МЕХАНИЧЕСКИЙ
<p>ПРИБАВКА К ОГОДЕННОЙ АРМАТУРЕ НАГРЕТОЙ ЗАТЯЖКИ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – оголенная арматура (класса А-I, А-II или А-III); 3 – арматурные коротышки, приваренные к оголенной арматуре; 4 – затяжка усиления из арматурной стали (класса А-III), нагретая до 350–400 °С и приваренная к арматурным коротышкам</p>	<p>УСТАНОВКА НА УПОРЫ НАГРЕТОЙ ЗАТЯЖКИ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – анкеровое устройство, устанавливаемое на растворе; 3 – упоры, приваренные к анкерному устройству; 4 – затяжки с анкерными устройствами, устанавливаемые в нагревом до 350–400 °С состоянии на упоры (одновременно с двух сторон)</p>	<p>УСТАНОВКА ГИДРОДОМРАТОРОВ ПОД ЗАТЯЖКУ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – шпильчатая затяжка; 3 – подвижная конструкция для установки гидродомрамов; 4 – арматурный болтер для крепления подвижной конструкции (приварен к затяжке); 5 – гидродомкрат; 6 – шток поршня гидродомкрата (в затяжке у шпильки); 7 – листовая прокладка-упор</p>
<p>ЗАТЯЖКА ГАЕК</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – оголенная арматура усиленной конструкции; 4 – арматурный коротышка; 5 – болт с гайкой, приваренной к затяжке; 6 – упор (после натяжения и приварки затяжки убрать)</p>	<p>СТЯГИВАНИЕ МУФТ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – стальная муфта</p> <p>ВАРИАНТ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – стальная муфта</p>	<p>СТЯГИВАНИЕ БОЛТОВ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – пластины с отверстиями для болтов, приваренные к ветвям затяжки; 4 – косынки</p>
<p>СТЯГИВАНИЕ ХОМУТОВ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – стальной хомут; 4 – планка хомута</p>	<p>НАТЯЖЕНИЕ БОЛТАМИ</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – ветвевая затяжка усиления; 3 – опорный лист; 4 – опорный шпатель; 5 – пластины, приваренные к опорному листу; 6 – шпилька, приваренная к опорному листу; 7 – гайка, приваренная к шпильке; 8 – лист; 9 – пакет стальных прокладок (устанавливать после натяжения затяжки)</p>	<p>ПОДКЛИНКА</p> <p>1 – усиленная конструкция; 2 – затяжка усиления; 3 – опорный шпатель; 4 – опорный шпатель; 5 – металлическая пластина, приваренная к затяжке; 6 – пакет стальных прокладок (устанавливать после натяжения затяжки)</p>

ЗАНЯТИЕ 5

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной шпренгельной затяжкой

Цель занятия.

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной шпренгельной затяжкой.

В Приложении приведены варианты конструктивных решений усиления железобетонных балок шпренгельными системами. Шпренгельные затяжки увеличивают несущую способность изгибаемых элементов по нормальным и наклонным сечениям. Установка шпренгельных затяжек превращает усиливаемый элемент в статически неопределимую систему. При этом усиливаемый элемент начинает работать как внецентренно сжатый (рис. 8).

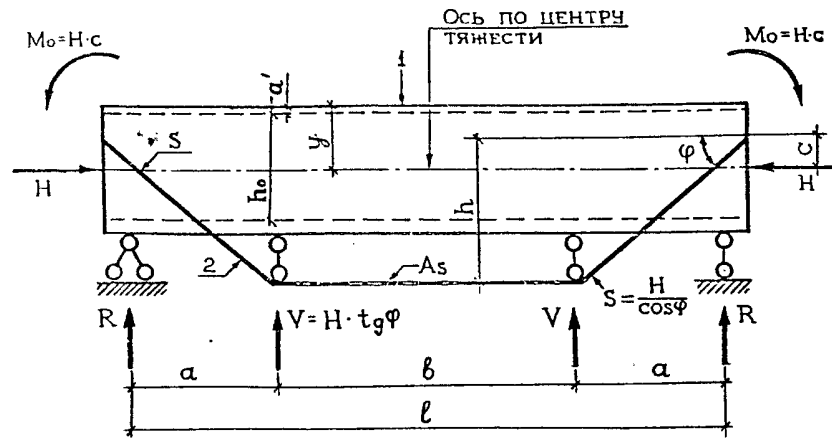


Рис. 8. Расчетная схема изгибаемого элемента, усиленного шпренгельной затяжкой.
1 – усиливаемая балка; 2 – шпренгельная затяжка.

Приближенный расчет выполняется без учета статической неопределимости системы. При этом усиливаемый элемент рассматривается как балка, воспринимающая усилия от внешней нагрузки и реакции шпренгеля.

Последовательность расчета:

1. Назначение геометрических характеристик: a, b, c, h, φ, A_s .
2. Определяются значения изгибающего момента в простой балке до усиления M и после усиления M_d .
3. Назначается величина напряжения затяжки - σ_{sp} .
4. Определяется горизонтальная составляющая (распор) в затяжке

$$N = ((M_d - M)/h + \sigma_{sp} A_s) 0,8 \leq 0,8 R_s A_s,$$

где A_s – площадь сечения затяжки;

R_s – расчетное сопротивление материала затяжки;

0,8 – коэффициент условий работы.

5. Определяются усилия от шпренгеля в предельном состоянии

$$V = H \operatorname{tg} \varphi,$$

$$M_0 = H c.$$

6. Определяются расчетные усилия в системе в предельном состоянии - изгибающий момент

$$M_{np} = M_A + M_0 - V a;$$

- поперечная сила

$$Q_{np} = R - V.$$

Усилия натяжения в затяжках создаются при помощи винтов, домкратов, рычагов и других приспособлений с измерением создаваемого усилия (Приложение). При сближении тяжей величину натяжения можно определить по формуле

$$\sigma_{sp} = \varepsilon E_s = ((i^2 + 1)^{0,5} - 1) E_s,$$

где $i = \operatorname{tg} \varphi = b/(2a_1)$ – наклон ветвей затяжки к продольной оси элемента (рис. 9).

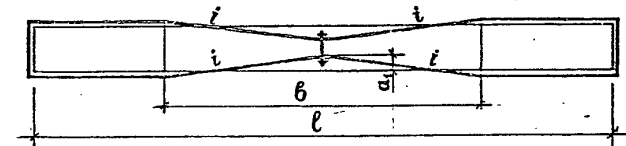


Рис. 9. Вид на усиленную балку снизу.

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 5 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Пролет балки – 5,7 м.

Класс бетона балки - В25. Армирование нормальных сечений - 2Ø25 А400.

Внешняя погонная нагрузка $q_{вн} = 4$ т/м.

Сечение балки $b \times h = 200 \times 500$ мм.

Следует выполнить поверочный расчет балки и произвести ее усиление шпренгельной затяжкой с подбором площади сечения.

3. Оценка прочности нормальных сечений балки

Нагрузка от собственного веса балки

$$q_{с.в.} = h \times b \times \rho \times \gamma_f = 0,5 \times 0,2 \times 2,5 \times 1,1 = 0,275 \text{ т/м}$$

Полная погонная нагрузка

$$q = q_{вн} + q_{с.в.} = 4 + 0,275 = 4,275 \text{ т/м}$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M_{вн} = q l^2 / 8 = 4,275 \times 5,7^2 / 8 = 17,36 \text{ т*м}$$

Воспринимаемый сечением изгибающий момент

$$M_{сеч} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) = 3620 \times 4,91 \times 2 (45 - 0,5 \times 12,1) = 1395921 \text{ кг*см} = 13,96 \text{ т*м}$$

где $x = R_s A_s / R_b b = 3620 \times 4,91 \times 2 / (148 \times 20) = 12,1 \text{ см}$.

Поскольку $M_{вн} > M_{сеч}$ прочность балки не обеспечена – необходимо усиление.

4. Назначаем характеристики шпренгельной затяжки - 2Ø20 A400 (рис. 10):

$$a = 1,5 \text{ м}; b = 5,7 - 2 \times 1,5 = 2,7 \text{ м}; c = 0,05 \text{ м}; h = 0,35 \text{ м}; \varphi = 12^\circ; A_s = 6,28 \text{ см}^2.$$

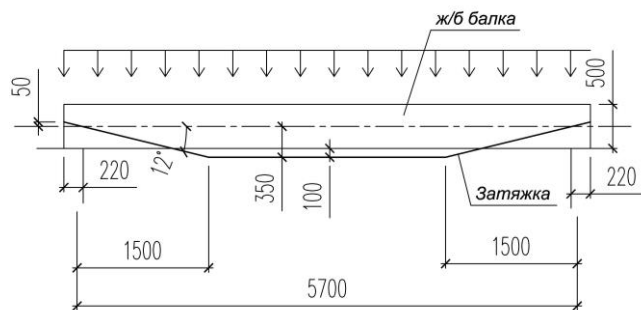


Рис. 10. Геометрические характеристики

5. Величина момента M_d без учета увеличения высоты сжатой зоны x

$$M_d = M_{сеч} + R_s A_{s,зат} (h+c) = 1395921 + 3620 \times 6,28 \times (35+5) = 2305265 \text{ кг*см} = 23,1 \text{ т*м}$$

6. Натяжение ветвей затяжки $\sigma_{сп} = 800 \text{ кг/см}^2$.

7. Горизонтальная составляющая (распор) в затяжке

$$H = ((M_d - M_{вн}) / h + \sigma_{сп} A_s) 0,8 = ((2305265 - 1736000) / 35 + 800 \times 6,28) \times 0,8 = 17030 \text{ кг}$$

Проверка условия

$$H \leq 0,8 R_s A_s,$$

$$H = 17030 \text{ кг} < 0,8 R_s A_s = 0,8 \times 3620 \times 6,28 = 18186 \text{ кг}$$

Условие выполняется.

8. Определяются усилия от шпренгеля в предельном состоянии

$$V = H \operatorname{tg} \varphi = 17030 \times 0,213 = 3627 \text{ кг},$$

$$M_0 = H c = 17030 \times 5 = 85150 \text{ кг*см}.$$

6. Определяются расчетные усилия в системе в предельном состоянии

- изгибающий момент в пролете балки

$$M_{пр} = M_{вн} + M_0 - V a = 1736000 + 85150 - 3627 \times 150 = 1277100 \text{ кг*см} = 12,77 \text{ т*м};$$

- поперечная сила на опоре

$$Q = R - V = ql/2 - V = 4,275 \times 5,7/2 - 3,627 = 8,55 \text{ т}$$

7. Конструирование узлов затяжки.

8. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 11, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта		Результаты расчетов	
$M_{вн}$	$M_{сеч}$	H	V
Контрольные результаты			

Рис. 11.

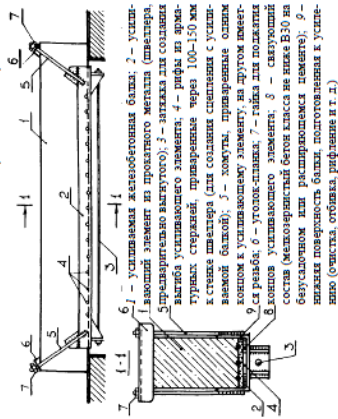
Таблица 5. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Класс бетона/Армирование	Сечение балки $b \times h$, мм	Пролет, м	Внешняя нагрузка $q_{вн}$, т/м
1	2	3	4	5
1	B20/2Ø20 A300	250×450	5,6	3,5
2	B25/3Ø25 A300	250×550	6,2	4
3	B30/2Ø18 A400	200×500	4,8	5
4	B15/2Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
5	B20/3Ø20 A240	300×600	6,8	4
6	B20/2Ø22 A300	250×450	5,6	3,5
7	B25/3Ø25 A400	250×550	6,2	4
8	B30/3Ø18 A240	200×500	4,8	5
9	B15/3Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
10	B20/3Ø20 A300	300×600	6,8	4
11	B30/2Ø18 A400	250×450	6,2	3,5
12	B15/2Ø25 A400	250×550	4,8	4
13	B20/3Ø20 A240	200×500	5,4	5
14	B20/2Ø22 A300	200×500	6,8	3,8
15	B25/3Ø25 A400	300×600	5,6	4
16	B30/3Ø18 A240	250×450	6,2	3,5
17	B15/3Ø25 A400	250×550	4,8	4,2
18	B20/3Ø20 A300	200×500	5,4	5
19	B30/3Ø18 A240	250×450	5,4	5
20	B15/3Ø25 A400	250×550	6,8	3,8
21	B20/3Ø20 A300	200×500	5,6	4
22	B30/2Ø18 A400	200×500	6,2	3,5
23	B15/2Ø25 A400	300×600	4,8	4
24	B20/3Ø20 A240	250×450	5,4	5,5
25	B20/2Ø22 A300	250×550	6,4	3,8

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ УСТАНОВКОЙ ЗАТЯЖЕК

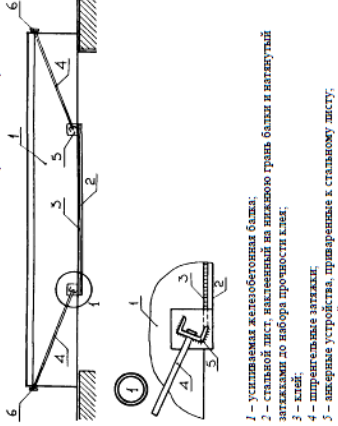
ЛИСТ 156

УСТАНОВКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПРОКАТНОГО МЕТАЛЛА (А. с. № 1465319)



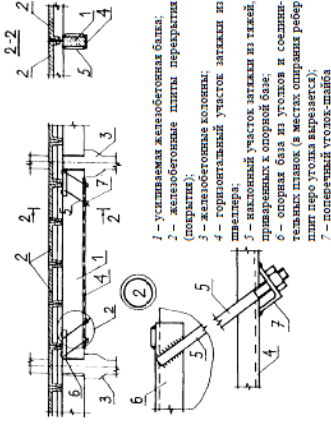
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - усиливательный элемент из прокатного металла (пневматическая муфта);
- 3 - анкер для создания предварительного напряжения;
- 4 - выходы из арматурных стержней, приваренные через 100-150 мм к стенке шпандера (для создания сплюснутых усиленной балкой);
- 5 - хомуты, приваренные одним концом к усиливательному элементу, на другом - к выводу из арматурных стержней;
- 6 - уголок-аппликация;
- 7 - табла для подкладки концов усиливательного элемента;
- 8 - сварной состав (механический бетон класса не ниже В30 на безупрочном или расширившемся цементе);
- 9 - нижняя поверхность балки, подготовленная к усилению (очистка, обивка, рифление и т.д.).

НАКЛЕЙКА СТАЛЬНОГО ЛИСТА С УСТАНОВКОЙ ШПАНДЕРНЫХ ЗАТЯЖЕК (А. с. № 1325460)



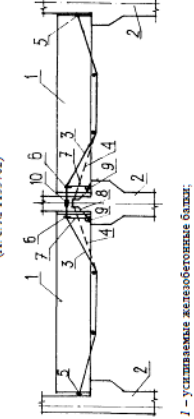
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - стальной лист, наклеенный на нижнюю грань балки и натянутый затяжками до набора прочностных клеев;
- 3 - клей;
- 4 - шпандерные затяжки;
- 5 - закрывае устройство на горных балки

УСТАНОВКА ШПАНДЕРНЫХ ЗАТЯЖЕК



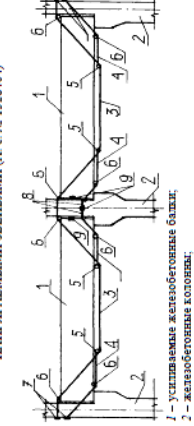
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - железобетонные плиты перекрытия (покрытия);
- 3 - железобетонные колонны;
- 4 - горизонтальный участок затяжки из шпандера;
- 5 - наклонный участок затяжки из тяжей, приваренных к опорной базе;
- 6 - опорная база из уголков и соединительных стержней (в местах опорных ребер плит перво-угола вырезается);
- 7 - поперечный уголок-шпандер

УСТАНОВКА ЗАТЯЖЕК С ОПОРНЫМИ ПОДКОСАМИ (А. с. № 1155700)



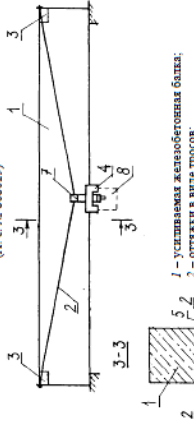
- 1 - усиленные железобетонные балки;
- 2 - железобетонные колонны;
- 3 - затяжки усиления до натяжения;
- 4 - анкеры усиления после натяжения;
- 5 - опоры затяжек, установленные на балки;
- 6 - опоры затяжек, установленные на опорные поворотные полки;
- 7 - опорные поворотные полки, установленные нижней частью на шпандерные опоры (до натяжения);
- 8 - то же после натяжения;
- 9 - шпандерные опоры, расположенные в месте опорных балок;
- 10 - пневматическое устройство

УСТАНОВКА ЗАТЯЖЕК С ПРЕДУБЕЖДЕНЫМИ НАПРЯЖАЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (А. с. № 1328464)



- 1 - усиленные железобетонные балки;
- 2 - железобетонные колонны;
- 3 - двухстворчатые шпандерные затяжки;
- 4 - дополнительные тяжи, приваренные к полковым шпандерным опорам;
- 5 - поперечные опоры;
- 6 - опорные затяжки на колоннах;
- 7 - предвращаемые направляющие тяжи, выполненные из шарнирно соединенных стержней, сваренных муфтами (хресты) шарнирно к полковым шпандерным опорам и дополнительным тяжам);
- 8 - муфты для создания предварительного напряжения в шпандерных затяжках;

УСТАНОВКА ОТТЯЖЕК В ВИДЕ ТРОСОВ И РАСПОРОВ (А. с. № 848039)

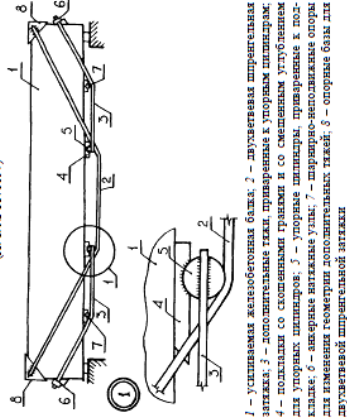


- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - оттяжка в виде троса;
- 3 - опоры оттяжек;
- 4 - опорная плита с отверстиями для распоров, приваренная к закладным деталям;
- 5 - закладные детали;
- 6 - ребра жесткости;
- 7 - распоры в виде тяжей;
- 8 - траверса с поперечом (нить после натяжения тросов и затягивания гнз распоров)

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПОКРЫТИЙ И ПЕРЕКРЫТИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ШПАНДЕРНЫМИ ЗАТЯЖКАМИ

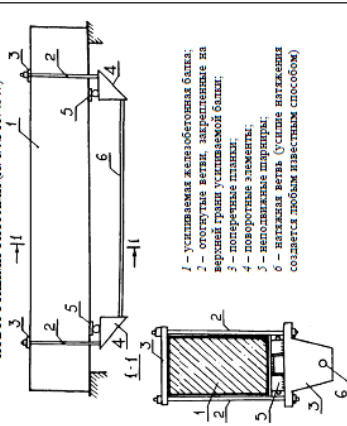
ЛИСТ 160

УСТАНОВКА ДВУХСТВОРЧЕВЫХ ШПАНДЕРНЫХ ЗАТЯЖЕК (А. с. № 1170097)



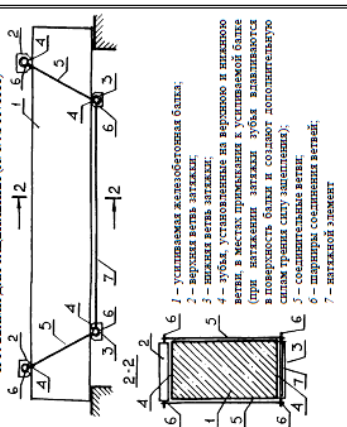
- 1 - усиленные железобетонные балки;
- 2 - дополнительные тяжи, приваренные к угловым шпандерам для упорных шпандеров;
- 3 - упорные шпандеры, приваренные к полкам кле; 4 - анкеры втяжки угла; 5 - шарнирно-неподвижные опоры для изменения геометрии дополнительных тяжей; 6 - опорные базы для двухстворчатой шпандерной затяжки

УСТАНОВКА ШПАНДЕРНЫХ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ОПОРАМИ (А. с. № 1174547)



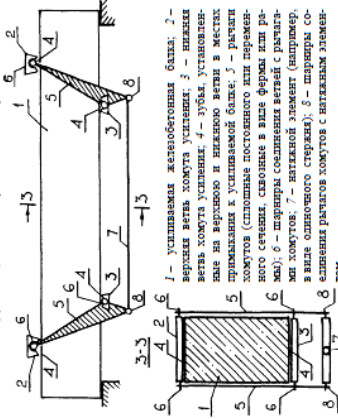
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - опорные тяжи, закрепленные на верхней грани усиленной балки;
- 3 - поперечные тяжи;
- 4 - поперечные опоры;
- 5 - неподвижные шарниры;
- 6 - натяжная ветвь (усилие натяжения создается любым известным способом)

УСТАНОВКА ШПАНДЕРНЫХ С ШАРИРНЫМИ УЗЛАМИ И ЗУБЬЯМИ ДЛЯ ЗАЩЕПЛЕНИЯ (А. с. № 1178888)



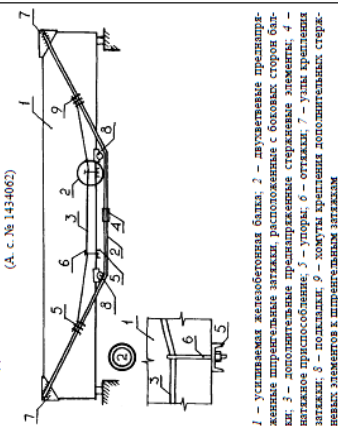
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - верхняя ветвь затяжки;
- 3 - нижняя ветвь затяжки;
- 4 - зубья, установленные на верхнюю и нижнюю ветви в местах приложения к усиленной балке (при натяжении затяжки зубья вкливаются в поверхность балки и создают дополнительную прочность тяжи);
- 5 - шарнирно-неподвижные шарниры;
- 6 - шпандерные тяжи;
- 7 - натяжной элемент

УСТАНОВКА ХОМУТОВ С ШАРИРНЫМИ УЗЛАМИ И ЗУБЬЯМИ ДЛЯ ЗАЩЕПЛЕНИЯ (А. с. № 1263786)



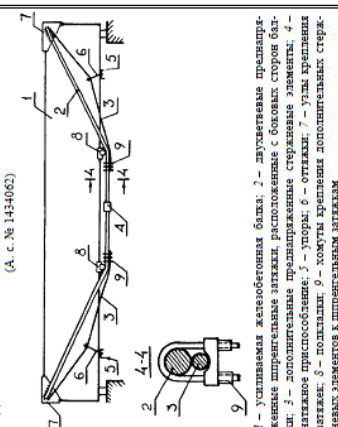
- 1 - усиленная железобетонная балка;
- 2 - верхняя ветвь хомута усиления;
- 3 - нижняя ветвь хомута усиления;
- 4 - зубья, установленные на верхнюю и нижнюю ветви в местах приложения к усиленной балке;
- 5 - распор хомута (сплошное кольцо или перемещаемый элемент, создающий усилие в виде формы с шарнирно-неподвижными шарнирами);
- 6 - шарнирно-неподвижные шарниры;
- 7 - натяжной элемент (шпандер);
- 8 - опорные базы для усиления распоров хомутами с натяжными элементами

УСТАНОВКА ШПАНДЕРНЫХ ЗАТЯЖЕК С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ПРОЛЕТЕ (А. с. № 1434062)



- 1 - усиленные железобетонные балки;
- 2 - двухстворчатые предвращаемые шпандерные затяжки, расположенные с боковых сторон балки;
- 3 - дополнительные предвращаемые стержневые элементы;
- 4 - натяжное приспособление;
- 5 - упоры;
- 6 - оттяжки;
- 7 - углы крепления затяжек;
- 8 - подкладки;
- 9 - хомуты крепления дополнительных стержневых элементов к шпандерным затяжкам

УСТАНОВКА ШПАНДЕРНЫХ ЗАТЯЖЕК С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В ПРИОПОРНЫХ ЗОНАХ (А. с. № 1434062)



- 1 - усиленные железобетонные балки;
- 2 - двухстворчатые предвращаемые шпандерные затяжки, расположенные с боковых сторон балки;
- 3 - дополнительные предвращаемые стержневые элементы;
- 4 - натяжное приспособление;
- 5 - упоры;
- 6 - оттяжки;
- 7 - углы крепления затяжек;
- 8 - подкладки;
- 9 - хомуты крепления дополнительных стержневых элементов к шпандерным затяжкам

ЗАНЯТИЕ 6

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной установкой дополнительной арматуры в растянутой зоне

Цель занятия.

Определение несущей способности железобетонной балки, усиленной установкой дополнительной арматуры в растянутой зоне.

На рис. 12 приведена расчетная схема нормального сечения изгибаемой железобетонной балки.

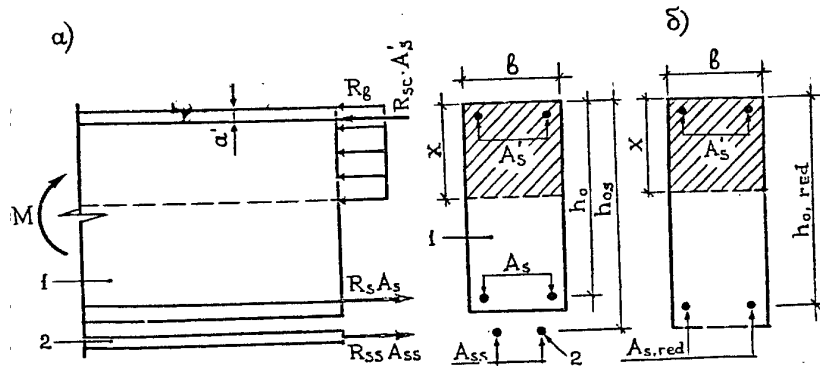


Рис. 12. Расчетная схема нормального сечения, усиленного установкой дополнительной арматуры
а. Установка дополнительной арматуры; б – приведенное сечение
1 – усиливаемый элемент; 2 – дополнительная арматура

Расчет прочности и жесткости железобетонной балки удобнее проводить по приведенной площади сечения арматуры в растянутой зоне

$$A_{s,red} = A_s + A_{ss} (R_{ss}/R_s).$$

Рабочую высоту элементов принимают равной приведенной высоте

$$h_{0,red} = h_0 + (A_{ss} R_{ss} / A_{s,red} R_s) (h_{0,s} - h_0),$$

где $A_{s,red}$ – приведенная площадь сечения продольной арматуры усиливаемого элемента; A_{ss} – площадь сечения дополнительной арматуры; R_s, R_{ss} – расчетные сопротивления арматуры усиливаемого элемента и дополнительной арматуры соответственно; $h_0, h_{0,s}$ – расстояния до сжатой грани элемента соответственно от центра тяжести арматуры усиливаемого элемента и дополнительной арматуры.

Для прямоугольного сечения уравнение равновесия имеет вид

$$M = R_b b x (h_{0,red} - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_{0,red} - a')$$

Подставляя в уравнение равновесия значение высоты сжатой зоны бетона

$$x = (A_{s,red} R_s - R_{sc} A_s') / R_b b,$$

приведенную высоту усиливаемого элемента (при $R_s = R_{ss}$) и решив уравнение относительно $A_{s,red}$, получим

$$A_{s,red} = (B \pm (B^2 - 4AC)^{0,5}) / 2A,$$

где

$$A = R_s^2 / 2 R_b b;$$

$$B = R_{sc} A_s' A_s / R_b b + R_s h_{0,red};$$

$$C = M + R_{sc} A_s' (h_{0,red} - a') - (R_{sc} A_s')^2 / 2 R_b b.$$

Без учета сжатой арматуры

$$A = R_s^2 / 2 R_b b; B = R_s h_{0,red}; C = M_{п},$$

где $M_{п}$ – расчетный изгибающий момент в рассматриваемом сечении элемента после загрузки его полной нагрузкой после усиления.

Площадь сечения дополнительной арматуры определяется

$$A_{ss} = (A_{s,red} - A_s) R_s / R_{ss}.$$

Проверяется условие

$$A_{s,red} \leq \xi_R b h_{0,red} R_b / R_s.$$

При $A_{s,red} > \xi_R b h_{0,red} R_b / R_s$ необходимо усилить сжатую зону элемента.

При проверке прочности усиленного сечения или при определении площади дополнительной арматуры можно обойтись без приведенного сечения. Расчет можно вести исходя из уравнений равновесия усиленного элемента

$$M = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a') - A_{ss} R_{ss} (h_{0,s} - h_0);$$

$$R_b b x + R_{sc} A_s' - A_{ss} R_{ss} - A_s R_s = 0$$

Если площадь дополнительной арматуры задана, то можно определить высоту сжатой зоны бетона

$$x = (A_s R_s + A_{ss} R_{ss} - R_{sc} A_s') / R_b b$$

и из условия равновесия можно определить несущую способность усиленного сечения. При этом должно соблюдаться условие $\xi \leq \xi_R$.

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 6 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Однопролетная железобетонная балка.

Класс бетона балки - В25. Армирование нормальных сечений - 2Ø25 А400.

Сечение балки $b \times h = 200 \times 500$ мм.

Пролет балки $l = 5,700$ мм.

Внешняя погонная нагрузка $q_{вн} = 4$ т/м.

Следует выполнить поверочный расчет балки и произвести ее усиление установкой дополнительной арматуры в растянутой зоне.

3. Оценка прочности нормальных сечений балки

Нагрузка от собственного веса балки

$$q_{с.в.} = h \times b \times \rho \times \gamma_f = 0,5 \times 0,2 \times 2,5 \times 1,1 = 0,275 \text{ т/м}$$

Полная погонная нагрузка

$$q = q_{вн} + q_{с.в.} = 4 + 0,275 = 4,275 \text{ т/м}$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M_{\text{вн}} = ql^2/8 = 4,275 \times 5,7^2/8 = 17,36 \text{ т*м}$$

Воспринимаемый сечением изгибающий момент

$$M_{\text{сеч}} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) = 3620 \times 4,91 \times 2 (45 - 0,5 \times 12,1) = 1395921 \text{ кг*см} = 13,96 \text{ т*м}$$

где $x = R_s A_s / R_b b = 3620 \times 4,91 \times 2 / (148 \times 20) = 12,1 \text{ см}$.

Поскольку $M_{\text{вн}} > M_{\text{сеч}}$ прочность балки не обеспечена – необходимо усиление.

4. Предварительно принятые параметры дополнительной арматуры: сечение $2\text{Ø}20$ А400 ($E_s = 2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$), $h_{0,s} = 500 \text{ мм}$.

5. Высота сжатой зоны бетона

$$x = (A_s R_s + A_{ss} R_{ss}) / R_b b = (3620 \times 4,91 \times 2 + 3620 \times 3,14 \times 2) / (148 \times 20) = 19,68 \text{ см}$$

6. Изгибающий момент воспринимаемый сечением после усиления

$$M_{\text{сеч}}^{\text{ус}} = R_s A_s (h_0 - 0,5x) + R_{ss} A_{ss} (h_{0,s} - 0,5x) = 3620 \times 4,91 \times 2 (45 - 0,5 \times 19,68) + 3620 \times 3,14 \times 2 (50 - 0,5 \times 19,68) = 2162862 \text{ кг*см} = 21,6 \text{ т*м}$$

7. Проверка условия $\xi \leq \xi_R$

$\xi = x / h_0 = 19,68 / 45 = 0,43 < \xi_R = 0,531$ (табл. 3.2 п. 3.17 Пособия к СП 52-101-2003) – усиление сжатой зоны не требуется.

8. Конструирование узлов установки дополнительной арматуры – в Приложении приведены варианты решений.

9. *Конец.*

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 13, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
$M_{\text{вн}}$	$M_{\text{сеч}}$	$M_{\text{сеч}}^{\text{ус}}$	ξ
Контрольные результаты			

Рис. 13.

Таблица 6. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Класс бетона/Армирование	Сечение балки b×h, мм	Пролет, м	Внешняя нагрузка q _{вн} , т/м
1	2	3	4	5
1	B20/2Ø20 A300	250×450	5,6	3,5
2	B25/3Ø25 A300	250×550	6,2	4
3	B30/2Ø18 A400	200×500	4,8	5
4	B15/2Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
5	B20/3Ø20 A240	300×600	6,8	4
6	B20/2Ø22 A300	250×450	5,6	3,5
7	B25/3Ø25 A400	250×550	6,2	4
8	B30/3Ø18 A240	200×500	4,8	5
9	B15/3Ø25 A400	200×500	5,4	3,8
10	B20/3Ø20 A300	300×600	6,8	4
11	B30/2Ø18 A400	250×450	6,2	3,5
12	B15/2Ø25 A400	250×550	4,8	4
13	B20/3Ø20 A240	200×500	5,4	5
14	B20/2Ø22 A300	200×500	6,8	3,8
15	B25/3Ø25 A400	300×600	5,6	4
16	B30/3Ø18 A240	250×450	6,2	3,5
17	B15/3Ø25 A400	250×550	4,8	4,2
18	B20/3Ø20 A300	200×500	5,4	5
19	B30/3Ø18 A240	250×450	5,4	5
20	B15/3Ø25 A400	250×550	6,8	3,8
21	B20/3Ø20 A300	200×500	5,6	4
22	B30/2Ø18 A400	200×500	6,2	3,5
23	B15/2Ø25 A400	300×600	4,8	4
24	B20/3Ø20 A240	250×450	5,4	5,5
25	B20/2Ø22 A300	250×550	6,4	3,8

УСИЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОПИЛЬНЫХ БАЛОК ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НАРАЩИВАНИЕМ СЕЧЕНИЙ		ЛИСТ 154
<p>НАРАЩИВАНИЕ БАЛОК СНИЗУ ПРИ НЕЗНАЧИТЕЛЬНОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - железобетонные плиты; 3 - продольная арматура усиления; 4 - арматурные корытчики; 5 - оголенная арматура балки (участки с шагом через 1,0 м)</p>	<p>НАРАЩИВАНИЕ БАЛОК СНИЗУ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - железобетонное наращивание; 3 - продольная арматура усиления; 4 - арматурные корытчики; 5 - оголенная арматура балки (участки с шагом через 1,0 м)</p>	<p>УСТРОЙСТВО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБОЙМЫ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - железобетонные плиты; 3 - железобетонная обойма; 4 - арматура обоймы; 5 - поверхность балки, подготовленная к бетонированию (ластик, насадка, прокладка воды); 6 - отверстия, пробитые в полках плит для укладки бетона (восстановить при бетонировании обоймы)</p>
<p>НАРАЩИВАНИЕ БАЛОК СНИЗУ ПРИ НЕЗНАЧИТЕЛЬНОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - стальной лист (длина устанавливается в соответствии с длиной изгибающих моментов); 3 - алмазная обмотка из защитно-конструкционного полимерраствора по подготовленной поверхности; 4 - стальные амперные свини; 5 - гнелла, выскрепленные в балке</p>	<p>НАРАЩИВАНИЕ БАЛОК СНИЗУ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНОМ УВЕЛИЧЕНИИ ИХ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - существующая арматура балки; 3 - арматурные корытчики; 4 - металлические пластины; 5 - прокатный уголок; 6 - сварка</p>	<p>УСТАНОВКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ НА ПОЛИМЕРРАСТВОРЕ</p> <p>1 - усиленная балка; 2 - дополнительная арматура; 3 - пазы в бетоне, прогнанные фрезой; 4 - защитно-конструкционный полимерраствор</p>
<p>УСТАНОВКА ВНЕШНЕЙ ЛИСТОВОЙ АРМАТУРЫ НА ПОЛИМЕРРАСТВОРЕ</p>	<p>УСТАНОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ УГОЛКОВ НА СВАРКЕ</p>	<p>УСТАНОВКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ НА ПОЛИМЕРРАСТВОРЕ</p>

Определение несущей способности наклонных сечений изгибаемых элементов, усиленных стальной обоймой

Цель занятия.

Определение несущей способности наклонных сечений изгибаемых элементов, усиленных стальной обоймой. Расчетные схемы приведены на рис. 14.

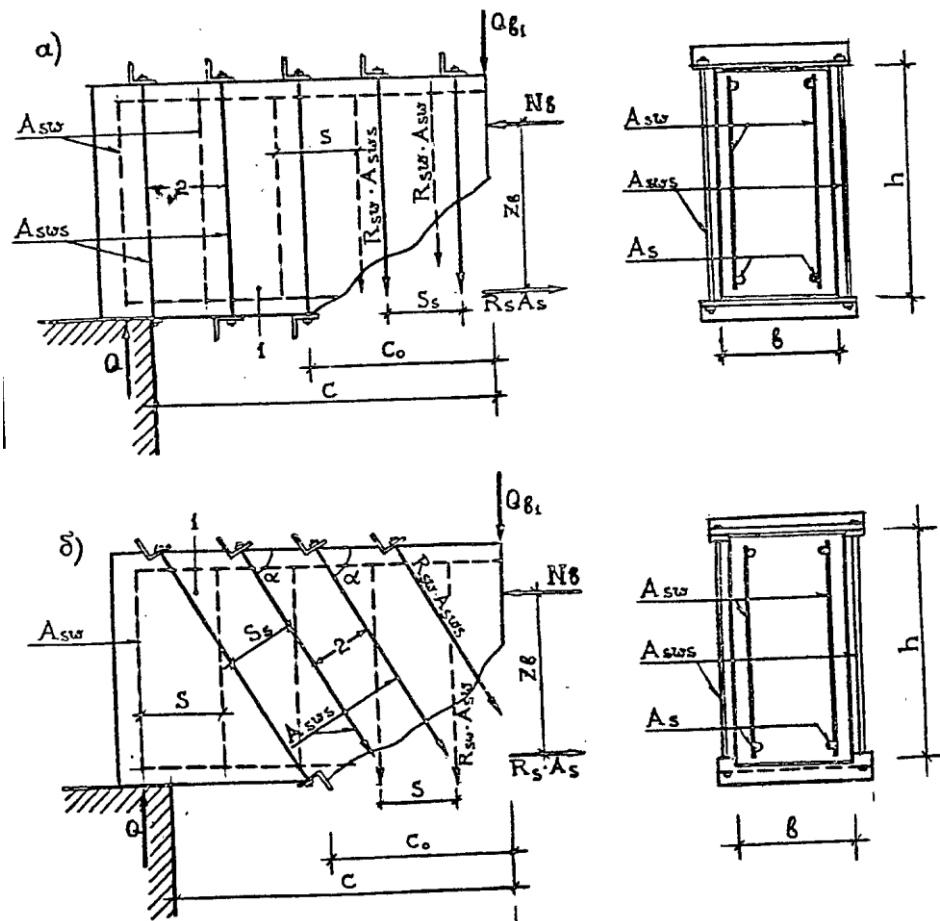


Рис. 14. Расчетные схемы сечений

а - усиление хомутами перпендикулярными продольной оси балки;

б - усиление хомутами наклонными к продольной оси балки.

1 - усиливаемая балка, 2 - дополнительные хомуты.

Несущая способность наклонного сечения железобетонного изгибаемого элемента, усиленного установкой дополнительных поперечных хомутов, определяется из выражения

$$Q_{\text{вн}} \leq Q_6 + Q_{\text{yc}},$$

где Q_6 – поперечная сила, воспринимаемая наклонными сечениями усиленного элемента;

Q_{yc} – поперечная сила, воспринимаемая хомутами усиления.

$$Q_6 = Q_b + Q_{\text{sw}}$$

$$Q_{\text{yc}} = Q_{\text{sw,yc}},$$

где $Q_b = (1 + \varphi_n + \varphi_f) R_{\text{bt}} b h_0^2 / c$ – предельное поперечное усилие, воспринимаемое бетоном сжатой зоны усиленного элемента;

$$Q_{\text{sw}} = q_{\text{sw}} c_0;$$

$$Q_{\text{sw,yc}} = q_{\text{sw,yc}} c_{0s};$$

$q_{\text{sw}} = R_{\text{sw}} A_{\text{sw}} / S$; $q_{\text{sw,yc}} = R_{\text{sw,s}} A_{\text{sw,s}} \gamma_{\text{ss}} / S_s$ – погонные усилия в хомутах усиленного элемента и хомутах усиления соответственно.

R_{sw} , $R_{\text{sw,s}}$ – расчетные сопротивления арматуры при расчете прочности наклонных сечений усиленного элемента и хомутов усиления;

A_{sw} , $A_{\text{sw,s}}$ – площади сечения поперечной арматуры усиленного элемента и хомутов усиления;

S , S_s – шаг поперечных стержней в усиленном элементе и шаг хомутов усиления;

$\gamma_{\text{ss}} = 0,85$ – коэффициент условий работы хомутов усиления.

При наклонных хомутах усилие, воспринимаемое дополнительными наклонными хомутами на единицу длины элемента будет определяться по формуле

$$q_{\text{sw,yc}} = R_{\text{sw,s}} A_{\text{sw,s}} \sin \alpha \gamma_{\text{ss}} / S_s,$$

где α – угол наклона дополнительных хомутов к оси элемента.

Для обеспечения прочности бетона по наклонной полосе между наклонными трещинами должно выполняться условие

$$Q \leq 0,3 \varphi_w R_b b h_0.$$

Варианты конструктивных решений приведены в Приложении.

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 7 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Однопролетная железобетонная балка.

Класс бетона балки - В25. Армирование опорных сечений - 2Ø8 А240 с шагом 150 мм.

Сечение балки $b \times h = 200 \times 500$ мм.

Пролет балки $l = 5,700$ мм.

Внешняя погонная нагрузка $q_{\text{вн}} = 6$ т/м.

Следует выполнить поверочный расчет наклонных сечений балки и, в случае необходимости, произвести их усиление стальной облоймой.

3. Оценка прочности наклонных сечений балки

Нагрузка от собственного веса балки

$$q_{\text{с.в.}} = h \times b \times \rho \times \gamma_f = 0,5 \times 0,2 \times 2,5 \times 1,1 = 0,275 \text{ т/м}$$

Полная погонная нагрузка

$$q = q_{\text{вн}} + q_{\text{с.в.}} = 6 + 0,275 = 6,275 \text{ т/м}$$

Перерезывающая сила от внешней нагрузки

$$Q_{\text{вн}} = ql/2 = 6,275 \times 5,7/2 = 17,88 \text{ т}$$

Воспринимаемое бетоном сжатой зоны поперечное усилие

$$Q_b = (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{\text{bt}} b h_0^2 / c = (1 + 0 + 0) 10,7 \times 20 \times 45^2 / 45 = 9630 \text{ кг}$$

где $c = h_0 = 45$ см.

Доля поперечной силы воспринимаемой хомутами опорных зон балки

$$Q_{\text{sw}} = q_{\text{sw}} c_0 = 116 \times 45 = 5221 \text{ кг},$$

где $q_{\text{sw}} = R_{\text{sw}} A_{\text{sw}} / S = 1730 \times 2 \times 0,503 / 15 = 116 \text{ кг/см}$.

Поперечная сила воспринимаемая наклонными сечениями балки

$$Q_6 = Q_b + Q_{\text{sw}} = 9630 + 5221 = 14851 \text{ кг}$$

Поскольку $Q_{\text{вн}} > Q_6$ прочность наклонных сечений балки не обеспечена – необходимо усиление.

4. Доля перерезывающего усилия воспринимаемого усилением

$$Q_{\text{sw,yc}} = Q_{\text{вн}} - Q_6 = 17880 - 14851 = 3029 \text{ кг}$$

5. Назначаются параметры хомутов усиления - 2Ø10 А400 ($A_{\text{sw,s}} = 1,57 \text{ см}^2$, $R_{\text{sw,s}} = 2900 \text{ кг/см}^2$). Необходимо определить шаг хомутов усиления.

6. Требуемая интенсивность дополнительного армирования

$$q_{\text{sw,yc}} = Q_{\text{sw,yc}} / c = 3029 / 45 = 67,31 \text{ кг/см}$$

7. Шаг дополнительных хомутов

$$S_s = R_{\text{sw,s}} A_{\text{sw,s}} \gamma_{\text{ss}} / q_{\text{sw,yc}} = 2900 \times 1,57 \times 0,85 / 67,31 = 57,5 \text{ см}$$

Принимается шаг $S_s \leq 0,5 h_0 = 22,5 \text{ см} \sim 20 \text{ см}$.

8. Проверка условия

$$Q_{\text{вн}} \leq 0,3 \varphi_w R_b b h_0$$

$$0,3 \varphi_w R_b b h_0 = 0,3 \times 1,3 \times 148 \times 20 \times 45 = 51948 \text{ кг}$$

Прочность бетона полосы между наклонными трещинами обеспечена.

9. Конструирование железобетонной облоймы.

10. Конец.

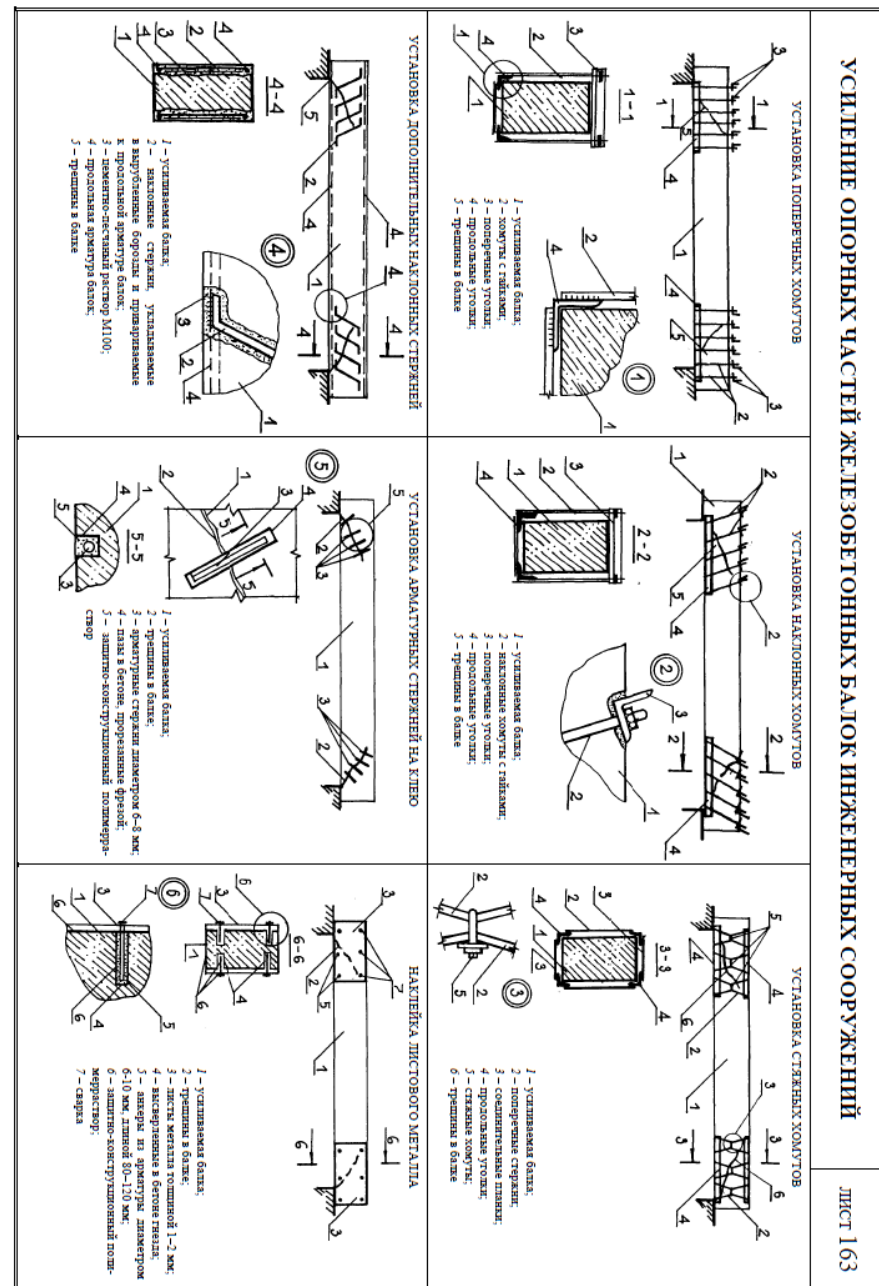
После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 15, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта		Результаты расчетов	
$Q_{вн}$	Q_b	Q_{sw}	S_s
Контрольные результаты			

Рис. 15.

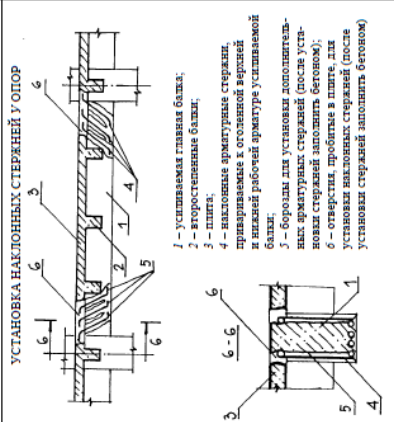
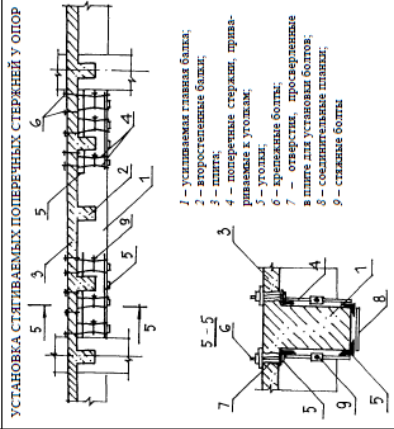
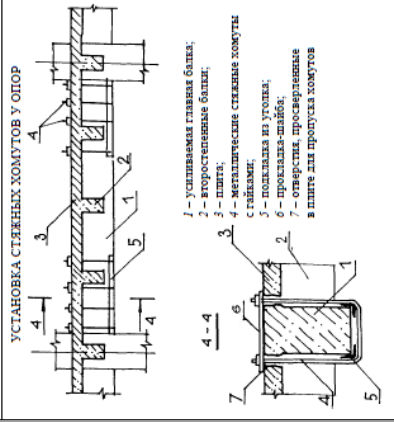
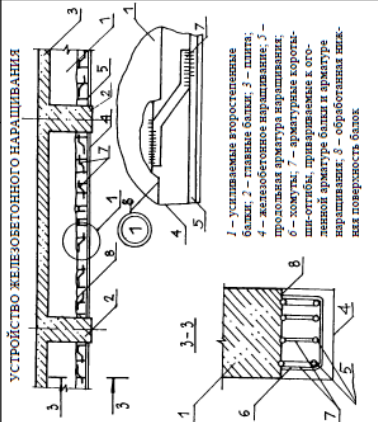
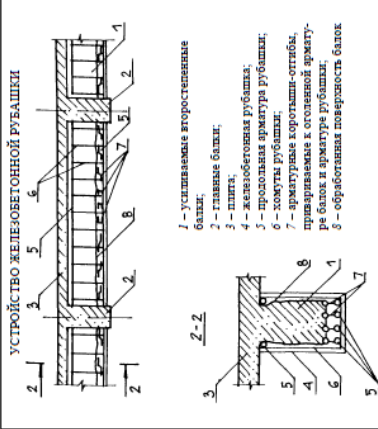
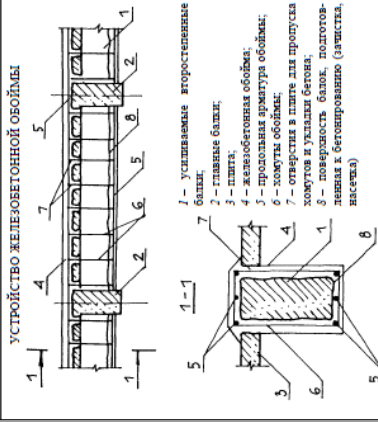
Таблица 7. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п.	Класс бетона/Армирование	Сечение балки $b \times h$, мм	Пролет, м	Внешняя нагрузка $Q_{вн}$, Т/М
1	2	3	4	5
1	B20/2Ø6 A240	250×450	5,6	6,5
2	B25/3Ø5 B500	250×550	6,2	6
3	B30/2Ø8 A300	200×500	4,8	7
4	B15/2Ø5 B500	200×500	5,4	5,8
5	B20/3Ø6 A240	300×600	6,8	6
6	B20/2Ø8 A300	250×450	5,6	7,5
7	B25/3Ø8 A400	250×550	6,2	7,2
8	B30/3Ø6 A240	200×500	4,8	6,5
9	B20/2Ø6 A240	200×500	5,4	6
10	B25/3Ø5 B500	300×600	6,8	7
11	B30/2Ø8 A300	250×450	6,2	5,8
12	B15/2Ø5 B500	250×550	4,8	6
13	B20/3Ø6 A240	200×500	5,4	7,5
14	B20/2Ø8 A300	200×500	6,8	7,2
15	B25/3Ø8 A400	300×600	5,6	6,5
16	B30/3Ø6 A240	250×450	6,2	6
17	B20/2Ø6 A240	250×550	4,8	7
18	B25/3Ø5 B500	200×500	5,4	5,8
19	B30/2Ø8 A300	250×450	5,4	6
20	B15/2Ø5 B500	250×550	6,8	7,5
21	B20/3Ø6 A240	200×500	5,6	7,2
22	B20/2Ø8 A300	200×500	6,2	6,5
23	B25/3Ø8 A400	300×600	4,8	8
24	B30/3Ø6 A240	250×450	5,4	7,5
25	B20/2Ø6 A300	250×550	6,4	5,8



**УСИЛЕНИЕ БАЛОК МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ЛИСТ 167



Расчет прочности центрально сжатых элементов, усиленных поверхностно-клеечным материалом, производится по формуле:

$$N = \gamma \varphi (R_b^* A_b + R_{sc} A_s')$$

где N – продольная сжимающая сила от внешних нагрузок;
 γ - коэффициент условий работы, принимаемый равным: $\gamma = 0,9$ при $h \leq 200$ мм; $\gamma = 1$ при $h > 200$ мм;
 A_b – площадь бетонного сечения усиливаемого элемента $A_b = b h$;
 φ - коэффициент продольного изгиба;
 A_s' – площадь сечения усиливаемого элемента;
 R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры усиливаемого элемента;
 R_b^* - приведенная призматическая прочность бетона усиленной конструкции, определяемая по формуле

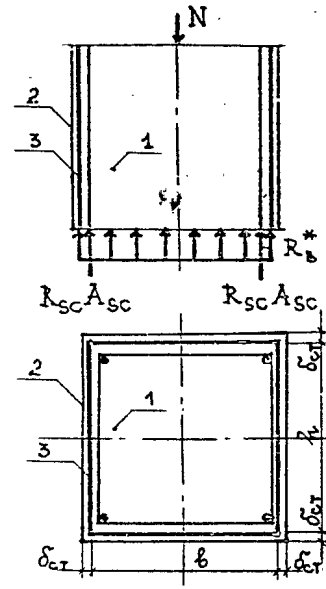
$$R_b^* = R_b (1 + 0,5 \sigma_3 / R_b),$$


Рис. 16. Расчетная схема.
 1. усиливаемый элемент;
 2. поверхностно-клеечный материал (стеклопластик, углепластик и т.п.);
 3. эпоксидный клей.

Цель занятия.
 Определение несущей способности сжатого железобетонного элемента, усиленного композитной обоймой. На рис. 16 приведена расчетная схема центрально сжатого элемента, усиленного оклеечным материалом.

**ЗАНЯТИЕ 8
 Определение несущей способности сжатого железобетонного элемента, усиленного композитной обоймой**

где R_b - призмная прочность бетона усиливаемой конструкции;
 R_{bt} - расчетное сопротивление бетона растяжению усиливаемой конструкции.
 σ_3 - обжимающее напряжение, создаваемое обоймой из оклеечного композита и определяемое по формуле

$$\sigma_3 = 2\delta_{ст} R_{ст}/b,$$

где $\delta_{ст}$ - толщина слоя композита;
 b - ширина/высота сечения усиливаемого элемента;
 $R_{ст}$ - расчетное сопротивление растяжению композита. В таблице 8.1 приведены значения для композита из стеклотетки и эпоксидного клея. Сопротивление растяжению композитов из углеволоконных материалов с толщиной 0,4 мм (1 слой) - 280 МПа.

Таблица 8.1

РАСЧЕТНАЯ ПРОЧНОСТЬ НА РАСТЯЖЕНИЕ ОБРАЗЦОВ
 СТЕКЛОПЛАСТИКА

Количество слоев стеклопластика или стеклотетки	Марка стеклопластика		
	PC ₂ - 3	СТ - 11	СТ - 13
1	$\frac{16,5}{170}$	$\frac{35,5}{240}$	$\frac{52,0}{500}$
2	$\frac{21,0}{270}$	$\frac{64,0}{580}$	$\frac{70,0}{800}$
3	$\frac{34,0}{500}$	$\frac{71,5}{1000}$	$\frac{82,5}{1550}$

Примечание: в числители приводятся значения прочности в МПа,
 в знаменателе - в Н/см.

При определении расчетной толщины δ_k должно соблюдаться условие

$$R_{ст} \delta_{ст} \geq R_{bt} b [(N/\gamma\varphi - R_{sc} A_s') / (R_b A_b) - 1]$$

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 8.2 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Высота колонны - 3,0 м.

Сечение колонны $b \times h = 300 \times 300$ мм.

Бетон класса В 15. Расчетное сопротивление $R_b = 8,5$ МПа;

Продольное армирование $4\varnothing 18A-400$ ($A_s = 10,18$ см²);

Продольная внешняя сила - 150 тн.

Необходимо выполнить поверочный расчет колонны и, в случае необходимости, рассчитать усиление композитной обоймой.

3. Гибкость элемента

$$\lambda_h = \frac{300}{30} = 10 \dots \varphi = 0,98$$

4. Поверочный расчет колонны

$$N_{сеч} = \gamma\varphi (R_b A_b + R_{sc} A_s') = 1 \times 0,98 (85 \times 30 \times 30 + 3620 \times 10,18) = 111085 \text{ кг}$$

5. Предварительно принимается 3 слоя стеклопластика СТ-13 с сопротивлением $R_{ст} = 82,5$ МПа.

6. Обжимающее напряжение, создаваемое обоймой из оклеечного композита

$$\sigma_3 = 2\delta_{ст} R_{ст}/b = 2 \times 0,4 \times 82,5/30 = 22 \text{ кг/см}^2$$

7. Приведенная призмная прочность бетона усиленной конструкции

$$R_b^* = R_b (1 + 0,5 \sigma_3/R_{bt}) = 85 (1 + 0,5 \times 22/7,6) = 208 \text{ кг/см}^2$$

8. Несущая способность усиленной колонны

$$N = \gamma\varphi (R_b^* A_b + R_{sc} A_s') = 1 \times 0,98 (208 \times 30 \times 30 + 3620 \times 10,18) = 224051 \text{ кг}$$

Прочность обеспечена.

9. Проверка условия

$$R_{ст} \delta_{ст} \geq R_{bt} b [1/R_b A_b (N/\gamma\varphi - R_{sc} A_s') - 1]$$

$$R_{ст} \delta_{ст} = 82,5 \times 0,4 = 330 \text{ кг/см}$$

$$R_{bt} b [(N/\gamma\varphi - R_{sc} A_s') / (R_b A_b) - 1] =$$

$$= 7,6 \times 30 [(150000/1 \times 0,98 - 3620 \times 10,18) / (85 \times 30 \times 30) - 1] = 118 \text{ кг/см}$$

Условие выполняется.

10. Разработка технологических решений по устройству композитной обоймы.

16. Конец.

Контрольный талок для занятия			
Номер варианта		Результаты расчетов	
$N_{сеч}$	$\delta_{ст}$	σ_3	R_b^*
Контрольные результаты			

Рис. 17.

Таблица 8.2. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Сечение колонны b×h, мм	Класс бетона/Армирование колонны	Продольная внешняя сила, тн	Марка стеклопластика
1	2	3	4	5
1	300×300	B20/4Ø20A-300	200	PC ₂ -3
2	400×400	B15/4Ø16A-400	250	CT-11
3	350×350	B25/4Ø18A-300	220	CT-13
4	300×300	B15/4Ø25A-240	180	PC ₂ -3
5	350×350	B30/4Ø16A-240	250	CT-11
6	400×400	B15/4Ø16A-400	200	CT-13
7	350×350	B25/4Ø18A-300	250	PC ₂ -3
8	300×300	B15/4Ø25A-240	220	CT-11
9	350×350	B30/4Ø16A-240	180	CT-13
10	300×300	B15/4Ø16A-400	250	PC ₂ -3
11	400×400	B25/4Ø18A-300	200	CT-11
12	350×350	B15/4Ø25A-240	250	CT-13
13	300×300	B30/4Ø16A-240	220	PC ₂ -3
14	350×350	B15/4Ø16A-400	180	CT-11
15	300×300	B25/4Ø18A-300	250	CT-13
16	350×350	B15/4Ø25A-240	200	PC ₂ -3
17	300×300	B30/4Ø16A-240	250	CT-11
18	400×400	B15/4Ø16A-400	220	CT-13
19	350×350	B25/4Ø18A-300	180	PC ₂ -3
20	300×300	B15/4Ø25A-240	250	CT-11
21	400×400	B30/4Ø16A-240	200	CT-13
22	350×350	B15/4Ø16A-400	250	PC ₂ -3
23	300×300	B25/4Ø18A-300	220	CT-11
24	350×350	B15/4Ø25A-240	180	CT-13
25	300×300	B30/4Ø16A-240	250	PC ₂ -3

ЗАНЯТИЕ 9

Расчет разгружающей балки

Цель занятия.

Освоение методики расчета усиления железобетонного изгибаемого элемента подведением балочной конструкции. На рис. 18 приведена расчетная схема.

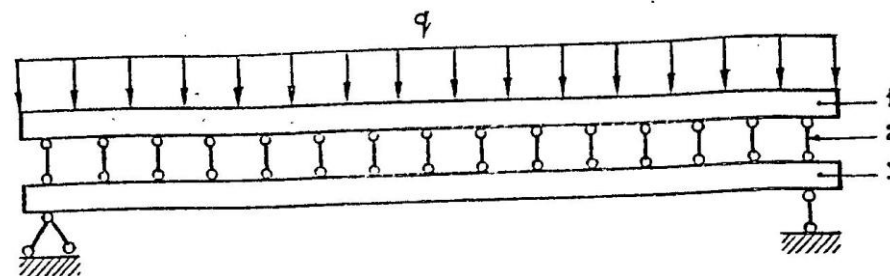


Рис. 18. Расчетная схема системы «Усиливаемая балка-элемент усиления».

1 – разгружаемая конструкция; 2 – шарнирно-подвижные связи между разгружаемой балкой и конструкцией усиления; 3 – разгружающая балка.

Конструкции частичного разгрузки работают совместно с разгружаемыми конструкциями. Нагрузки, действующие на разгружаемые конструкции, в данном случае воспринимаются системой «усиливаемая балка-элемент усиления». Задачей проектирования является подбор сечения разгружающей конструкции. Вводятся следующие обозначения: V_1 – жесткость разгружаемой конструкции, $1/\rho_1$ – кривизна оси, M_1 – воспринимаемый момент. Для разгружающей конструкции соответственно V_2 , $1/\rho_2$, M_2 . Используем известную зависимость кривизны оси от жесткости конструкции и действующего момента

$$1/\rho_1 = M_1/V_1; 1/\rho_2 = M_2/V_2.$$

Так как разгружаемая и разгружающая конструкции работают совместно, то и кривизна осей их будет одинаковой $1/\rho_1 = 1/\rho_2$ и соответственно

$$M_1/V_1 = M_2/V_2.$$

Из равенства видно, что моменты действующие на разгружаемую и разгружающую конструкции будут пропорциональны их жесткостям. Полный изгибающий момент, воспринимаемый системой, равен

$$M = M_1 + M_2.$$

Момент, воспринимаемый разгружающей конструкцией составит

$$M_2 = M V_2/V_1$$

или

$$M_2 = M V_2/(V_1+V_2).$$

Кроме того, можно определить жесткость разгружающей конструкции

$$V_2 = M_2 V_1/M_1.$$

Пользуясь приведенными формулами, можно определить необходимые характеристики сечения разгружающей конструкции. Кроме расчета нормальных сечений, следует проверить наклонные.

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 9 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Пролет балки – 5,7 м.

Характеристики балки – двутавр №30 по ГОСТ 8239-89 ($W = 472 \text{ см}^3$, $J = 7080 \text{ см}^4$). Сталь – С245.

Погонная нагрузка – 4 т/м.

Необходимо выполнить поверочный расчет балки и, в случае необходимости, определить параметры разгружающей балки.

3. Поверочный расчет балки

Погонная нагрузка с учетом собственного веса балки

$$q = 4000 + 36,5 = 4036,5 \text{ кг/м}$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M = ql^2/8 = 4036,5 \cdot 5,7^2/8 = 16393,2 \text{ кг*м}$$

Проверка прочности

$$\sigma = M/W = 1639320/472 = 3473 \text{ кг/см}^2 > R = 2450 \text{ кг/см}^2. \text{ Прочность балки не обеспечена.}$$

4. Жесткость балки

$$B_1 = EJ = 2 \times 10^6 \times 7080 = 14160 \times 10^6 \text{ кг*см}^2$$

5. Доля изгибающего момента передаваемого конструкции усиления

$$M_2 = M - M_1 = 1639320 - 1156400 = 482920 \text{ кг*см},$$

где $M_1 = R W = 2450 \times 472 = 1156400 \text{ кг*см}$.

6. Жесткость разгружающей конструкции

$$B_2 = M_2 B_1 / M_1 = 482920 \times 14160 \times 10^6 / 1156400 = 5913 \times 10^6 \text{ кг*см}^2$$

7. Статический момент инерции балки усиления

$$J_2 = B_2 / E = 5913 \times 10^6 / 2 \times 10^6 = 2956 \text{ см}^4$$

Принимаем двутавр №24 ($J = 3460 \text{ см}^4$)

8. Конструирование железобетонной обоймы.

9. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 19, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта		Результаты расчетов	
M	M ₂	B ₂	J ₂
Контрольные результаты			

Рис. 19.

Таблица 9. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Сечение балки	Пролет балки, м	Марка стали	Погонная нагрузка, т/м
1	2	3	4	5
1	Двутавр №36	5,6	С 245	6,5
2	Двутавр №33	6,2	С345	6
3	Двутавр №27	4,8	С380	7
4	Двутавр №30	5,4	С235	5,8
5	Двутавр №40	6,8	С 245	6
6	Двутавр №33	5,6	С345	7,5
7	Двутавр №36	6,2	С380	7,2
8	Двутавр №33	4,8	С235	6,5
9	Двутавр №27	5,4	С 245	6
10	Двутавр №30	6,8	С345	7
11	Двутавр №40	6,2	С380	5,8
12	Двутавр №33	4,8	С235	6
13	Двутавр №36	5,4	С 245	7,5
14	Двутавр №33	6,8	С345	7,2
15	Двутавр №27	5,6	С380	6,5
16	Двутавр №30	6,2	С235	6
17	Двутавр №40	4,8	С 245	7
18	Двутавр №33	5,4	С345	5,8
19	Двутавр №36	5,4	С380	6
20	Двутавр №33	6,8	С235	7,5
21	Двутавр №27	5,6	С 245	7,2
22	Двутавр №30	6,2	С345	6,5
23	Двутавр №40	4,8	С380	8
24	Двутавр №33	5,4	С235	7,5
25	Двутавр №27	6,4	С345	5,8

Характеристики двутавров по ГОСТ 8239—89

Номер двутавра	Размеры						Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Справочные значения для:		
	h	b	s	r	R	r			X—X		
					не более				I _{xx} , см ⁴	W _{xx} , см ³	
	мм										
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	12,0	9,46	198	39,7	
12	120	64	4,8	7,3	7,5	3,0	14,7	11,50	350	58,4	
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	17,4	13,70	572	81,7	
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	20,2	15,90	873	109,0	
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	23,4	18,40	1290	143,0	
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	26,8	21,00	1840	184,0	
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	30,6	24,00	2550	232,0	
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	34,8	27,30	3460	289,0	
27	270	125	6,0	9,8	11,0	4,5	40,2	31,50	5010	371,0	
30	300	135	6,5	10,2	12,0	5,0	46,5	36,50	7080	472,0	
33	330	140	7,0	11,2	13,0	5,0	53,8	42,20	9840	597,0	
36	360	145	7,5	12,3	14,0	6,0	61,9	48,60	13380	743,0	
40	400	155	8,3	13,0	15,0	6,0	72,6	57,00	19062	953,0	
45	450	160	9,0	14,2	16,0	7,0	84,7	66,50	27696	1231,0	
50	500	170	10,0	15,2	17,0	7,0	100,0	78,50	39727	1589,0	
55	550	180	11,0	16,5	18,0	7,0	118,0	92,60	55962	2035,0	
60	600	190	12,0	17,8	20,0	8,0	138,0	108,00	76806	2560,0	

ЗАНЯТИЕ 10
Расчет разгружающей стойки

Цель занятия.

Освоение методики расчета усиления железобетонного изгибаемого элемента подведением стойки. На рис. 20 приведена расчетная схема.

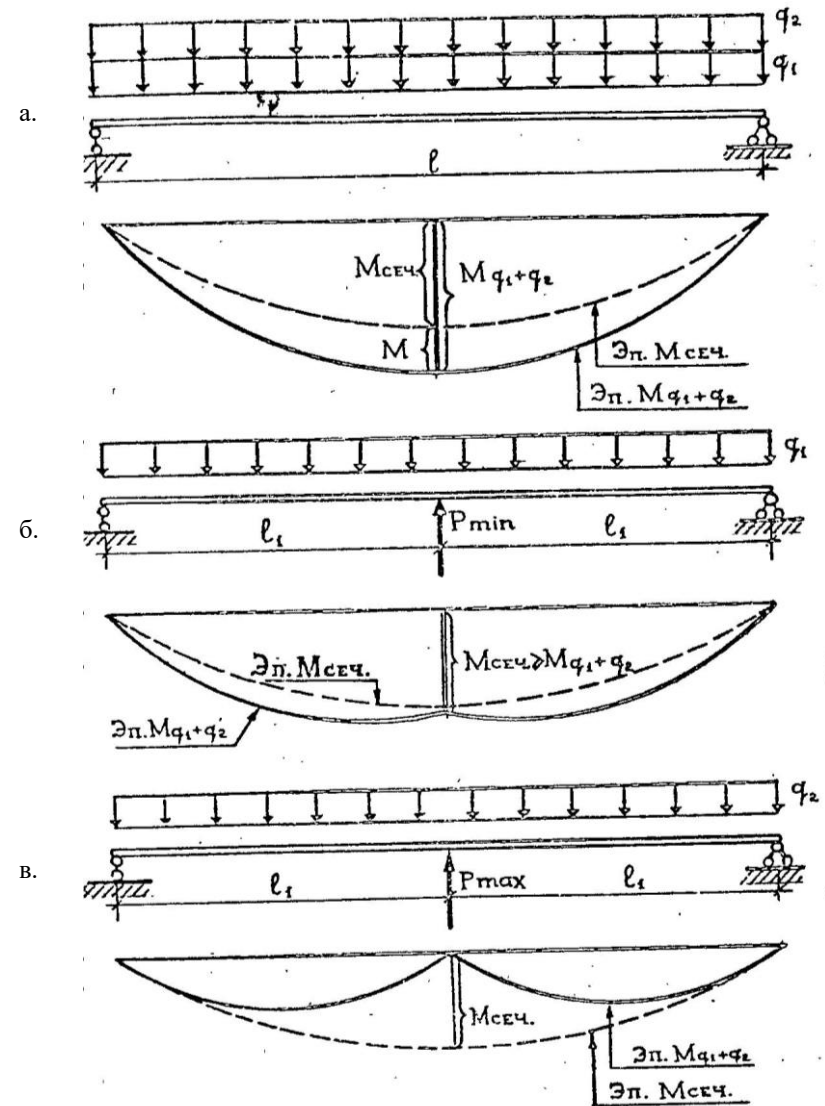


Рис. 20. Расчетная схема и возникающие усилия

а – до разгрузки; б – после подведения разгружающей опоры P_{\min} ; в - после подведения разгружающей опоры P_{\max} .

$M_{\text{сеч}}$ – изгибающий момент, воспринимаемый сечением элемента при фактических геометрических размерах сечения, армировании и прочностных характеристиках материалов;

$M_{q_1+q_2}$ – изгибающий момент от внешней нагрузки q_1, q_2 ;

M – изгибающий момент, не воспринимаемый сечением элемента;

P_{\min}, P_{\max} – минимальная и максимальная величины реакций разгружающей опоры.

Если на усиливаемый изгибаемый элемент действуют существенные постоянные нагрузки, то есть нет возможности разгрузить усиливаемый элемент, то дополнительную разгружающую опору в пролете необходимо включить в работу с помощью домкратов, клиньев или других устройств.

Например, изгибающий момент от полной нагрузки q_1+q_2 , равный $M_{q_1+q_2}$ превышает момент воспринимаемый сечением $M_{\text{сеч}}$, на величину $M = M_{q_1+q_2} - M_{\text{сеч}}$. Следовательно, в месте установки дополнительной опоры нужно создать давление P , при котором от части нагрузки q_1 возникнет отрицательный изгибающий момент $M_{\text{оп}} \geq M$. Так для двухпролетной неразрезной балки при равномерно распределенной нагрузке $M_{\text{оп}} = -0,125 q_1 l_1^2$, опорная реакция на дополнительной промежуточной опоре составит

$$P = 0,125 q_1 l_1.$$

Отсюда находим

$$q_1 = M_{\text{оп}}/0,125 l_1.$$

Далее определяем минимальную реакцию дополнительной опоры:

$$P_{\min} \geq 1,25 q_1 l_1 = 1,25 M_{\text{оп}} l_1/0,125 l_1^2 = 10M_{\text{оп}}/l_1 = 10M/l_1$$

При величине опорной реакции дополнительной опоры больше P_{\max} возникает опасность возникновения отрицательного изгибающего момента над дополнительной опорой. Поэтому необходимо знать величину максимальной опорной реакции P_{\max} . Отрицательный момент над дополнительной опорой от P_{\max} не должен превышать значение изгибающего момента $M_{q_1+q_2}$ в элементе до усиления от полной нагрузки q_1+q_2 , которая определяется

$$q_1+q_2 = M_{\text{оп}}/0,125 l_1^2.$$

$$\text{Величина } P_{\max} \leq 0,125 (M_{\text{оп}}/0,125 l_1^2) l_1 = 10 M_{q_1+q_2}/l_1.$$

Искомая величина реакции дополнительной опоры P должна находиться между значениями P_{\min} и P_{\max} .

Следует выбрать индивидуальные исходные данные из таблицы 10 и выполнить расчет.

Пример расчета.

1. Начало.

2. Исходные данные:

Пролет балки – 5,7 м.

Характеристики балки – двутавр №30 по ГОСТ 8239-89 ($W = 472 \text{ см}^3$, $J = 7080 \text{ см}^4$). Сталь – С245.

Погонные нагрузки – $q_1 = 3 \text{ т/м}$, $q_2 = 1 \text{ т/м}$.

Необходимо выполнить поверочный расчет балки и, в случае необходимости, определить параметры разгружающей стойки.

3. Поверочный расчет балки

Полная погонная нагрузка с учетом собственного веса балки

$$q_1+q_2 + q_{\text{с.в.}} = 3000+1000+36,5 = 4036,5 \text{ кг/м}$$

Изгибающий момент от внешней нагрузки

$$M = q l^2/8 = 4036,5 \times 5,7^2/8 = 16393,2 \text{ кг*м}$$

Проверка прочности

$$\sigma = M/W = 1639320/472 = 3473 \text{ кг/см}^2 > R = 2450 \text{ кг/см}^2. \text{ Прочность балки не обеспечена.}$$

4. Определение диапазона величин опорной реакции стойки усиления

$$P_{\min} = 1,25 q_1 l_1 = 1,25 \times 3000 \times 5,7/2 = 10687,5 \text{ кг}$$

$$P_{\max} = 10 M_{q_1+q_2}/l_1 = 10 \times 16393,2/(0,5 \times 5,7) = 57520 \text{ кг}$$

Для расчета сечения стойки принимается $P_{\min} = 10687,5 \text{ кг}$

5. Площадь сечения стойки (сталь С245)

$$A_{\text{ст}} = P_{\min}/\varphi R = 10687,5/(0,8 \times 2450) = 5,45 \text{ см}^2,$$

где φ приближенно принято равным 0,8, поскольку длина стойки и условия закрепления не заданы.

Принимается труба $\varnothing 108 \times 4$ с площадью сечения $A = 10,3 \text{ см}^2$.

6. Конструирование железобетонной обоймы.

7. Конец.

После окончания расчета необходимо заполнить контрольный талон, приведенный на рис. 21, и сдать его преподавателю.

Контрольный талон для занятия			
Номер варианта			
Результаты расчетов			
М	P_{\min}	P_{\max}	$A_{\text{ст}}$
Контрольные результаты			

Рис. 21.

Таблица 10. Исходные данные для самостоятельной работы

№ п.п	Сечение балки	Пролет балки, м	Марка стали	Погонные нагрузки q_1 / q_2 , т/м
1	2	3	4	5
1	Двутавр №36	5,6	С 245	3,5/2,0
2	Двутавр №33	6,2	С345	3,8/2,0
3	Двутавр №27	4,8	С380	3,5/1,5
4	Двутавр №30	5,4	С235	3,7/2,5
5	Двутавр №40	6,8	С 245	3,2/3,0
6	Двутавр №33	5,6	С345	4,0/1,8
7	Двутавр №36	6,2	С380	3,5/2,0
8	Двутавр №33	4,8	С235	3,8/2,0
9	Двутавр №27	5,4	С 245	3,5/1,5
10	Двутавр №30	6,8	С345	3,7/2,5
11	Двутавр №40	6,2	С380	3,2/3,0
12	Двутавр №33	4,8	С235	4,0/1,8
13	Двутавр №36	5,4	С 245	3,5/2,0
14	Двутавр №33	6,8	С345	3,8/2,0
15	Двутавр №27	5,6	С380	3,5/1,5
16	Двутавр №30	6,2	С235	3,7/2,5
17	Двутавр №40	4,8	С 245	3,2/3,0
18	Двутавр №33	5,4	С345	4,0/1,8
19	Двутавр №36	5,4	С380	3,5/2,0
20	Двутавр №33	6,8	С235	3,8/2,0
21	Двутавр №27	5,6	С 245	3,5/1,5
22	Двутавр №30	6,2	С345	3,7/2,5
23	Двутавр №40	4,8	С380	3,2/3,0
24	Двутавр №33	5,4	С235	4,0/1,8
25	Двутавр №27	6,4	С345	3,2/3,0

ЗАНЯТИЕ 11

Определение причин деформирования зданий

Цель занятия.

Рассмотрение и анализ причин деформирования зданий.

По каждому рассмотренному случаю (рис. 22) следует подробно ответить на следующие вопросы:

1. В чем причина появления дефектов?
2. Была ли возможность избежать повреждений? Какие мероприятия следовало выполнить?
3. Какие имеются варианты устранения дефектов? Укажите не менее 3-х.
4. Разработайте эскизные чертежи реализации предлагаемых решений с указанием примерных размеров, сечений конструкций усиления, узлы сопряжения с элементами зданий.

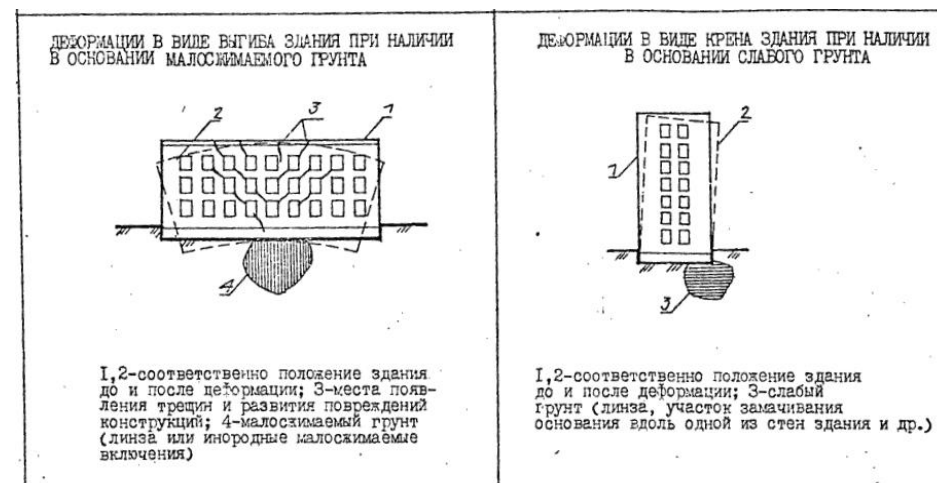


Рис. 22.

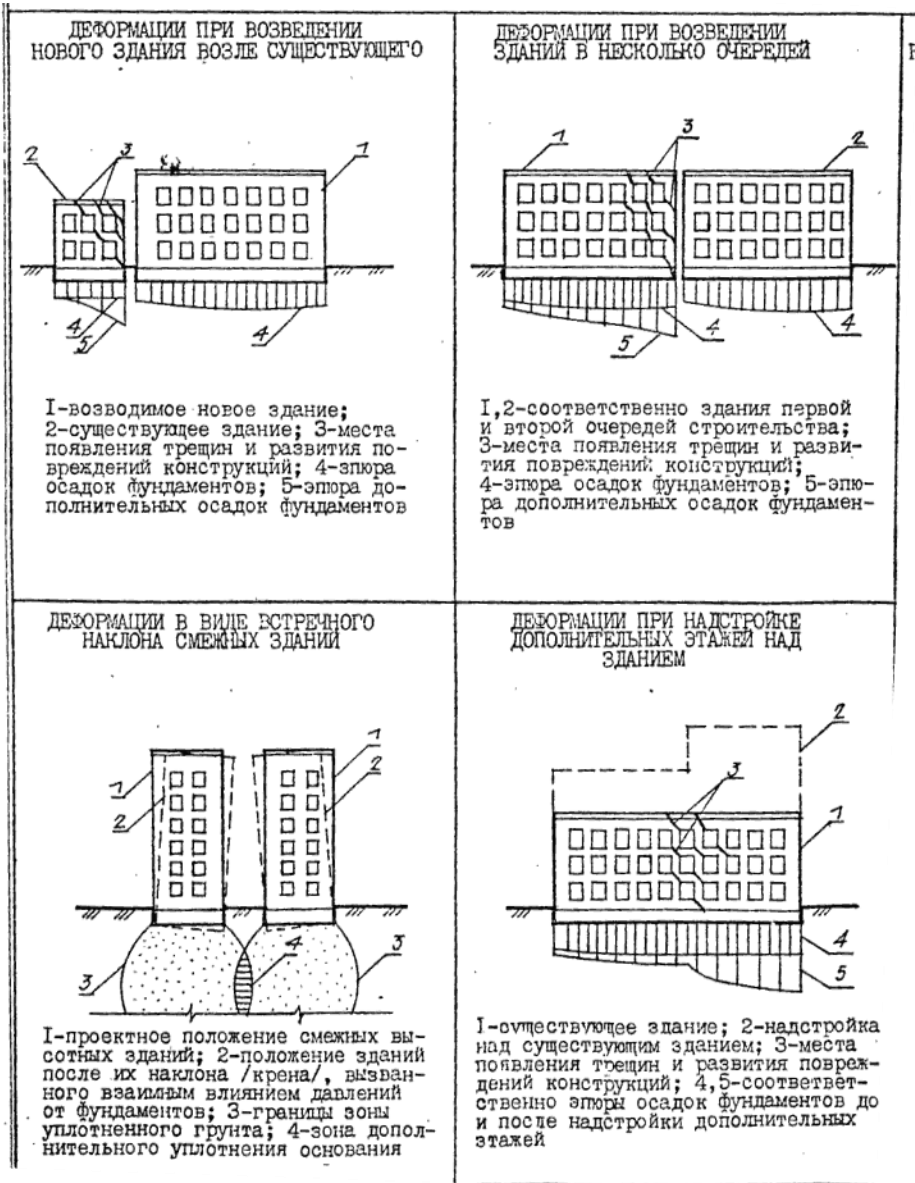


Рис. 23.

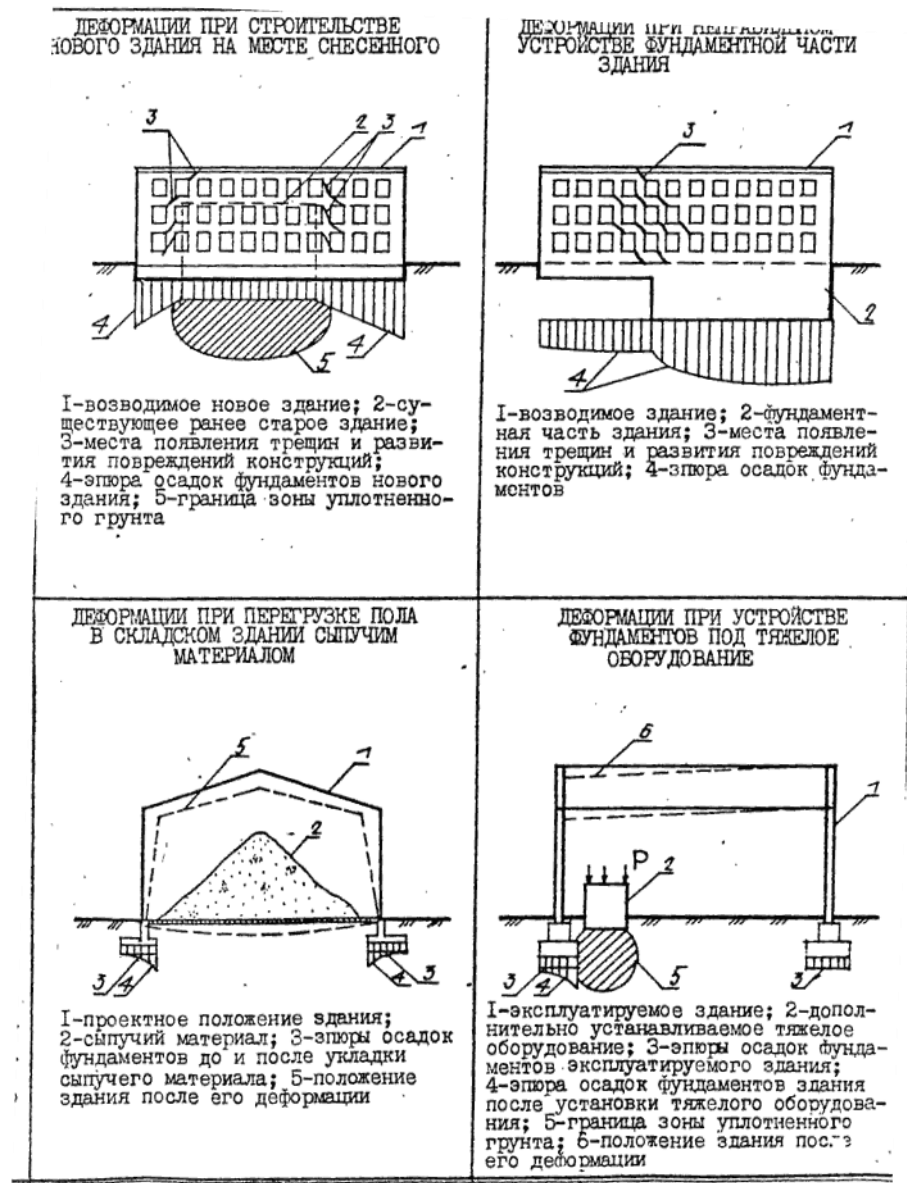


Рис. 24.

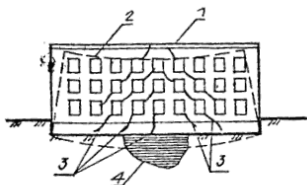
Оценка технического состояния изгибаемых элементов по прогибам

Цель занятия.

Получение навыков определения технического состояния железобетонных изгибаемых элементов и конструкций по величинам прогибов и ширине раскрытия трещин.

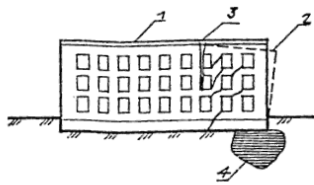
Следует ознакомиться с методами и приборами определения прогибов [2] (рис. 26, 27).

ДЕФОРМАЦИИ В ВИДЕ ПРОГИБА ЗДАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ В ОСНОВАНИИ СЛАБОГО ГРУНТА



1,2-соответственно положение здания до и после деформации; 3-места появления трещин и развития повреждений конструкций; 4-слабый грунт (линза, участок дополнительного замачивания и др.)

ДЕФОРМАЦИИ В ВИДЕ ПЕРЕКОСА ЗДАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ В ОСНОВАНИИ СЛАБОГО ГРУНТА



1,2-соответственно положение здания до и после деформации; 3-места появления трещин и развития повреждений конструкций; 4-слабый грунт (линза, участок дополнительного замачивания и др.)

Рис. 25.

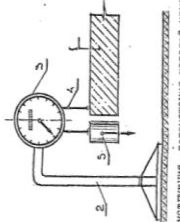
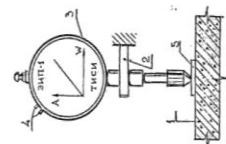
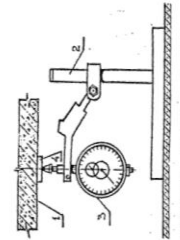
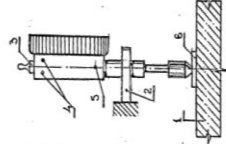
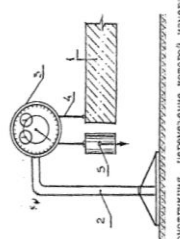
ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИСПЫТЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ	ЛИСТ 33		
<p>ПРОТЯЖИМЕР Н.Н.МИСЖИОВА</p>  <p>1 - конструкция, перемещение которой измеряется; 2 - опора (неподвижная опора); 3 - индикатор часового типа (шкала деления 0,01 мм); 4 - пружина диаметром 0,4 мм; 5 - груз массой 1 кг</p> <p>ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ПЕРЕМЕЩЕНИЙ (КОНСТРУКЦИИ В.С.ДИВЯКОВА И И.И.ПОДПАЛОВА)</p>  <p>1 - конструкция, перемещение которой измеряется; 2 - неподвижная опора; 3 - электрохимический индикатор часового типа (шкала деления 0,01 мм); 4 - пружина диаметром 0,4 мм; 5 - груз массой 1 кг</p>	<p>ИНДИКАТОР ЧАСОВОГО ТИПА</p>  <p>1 - конструкция, перемещение которой измеряется; 2 - опора (неподвижная опора); 3 - индикатор часового типа (шкала деления 0,01 мм); 4 - пружина</p> <p>ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИНДИКАТОР ПЕРЕМЕЩЕНИЙ (КОНСТРУКЦИИ В.С.ДИВЯКОВА И С.И.ДОМРАЧЕВА)</p>  <p>1 - конструкция, перемещение которой измеряется; 2 - неподвижная опора; 3 - электрохимический индикатор часового типа (шкала деления 0,01 мм); 4 - пружина диаметром 0,4 мм; 5 - груз массой 1 кг; 6 - подкладка</p>	<p>ИНДИКАТОР ЧАСОВОГО ТИПА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ (КОНСТРУКЦИИ В.С.ДИВЯКОВА И С.И.ДОМРАЧЕВА)</p>  <p>1 - конструкция, перемещение которой измеряется; 2 - неподвижная опора; 3 - индикатор часового типа; 4 - электрохимический индикатор часового типа (шкала деления 0,01 мм); 5 - пружина диаметром 0,4 мм; 6 - подкладка</p>	

Рис. 26.

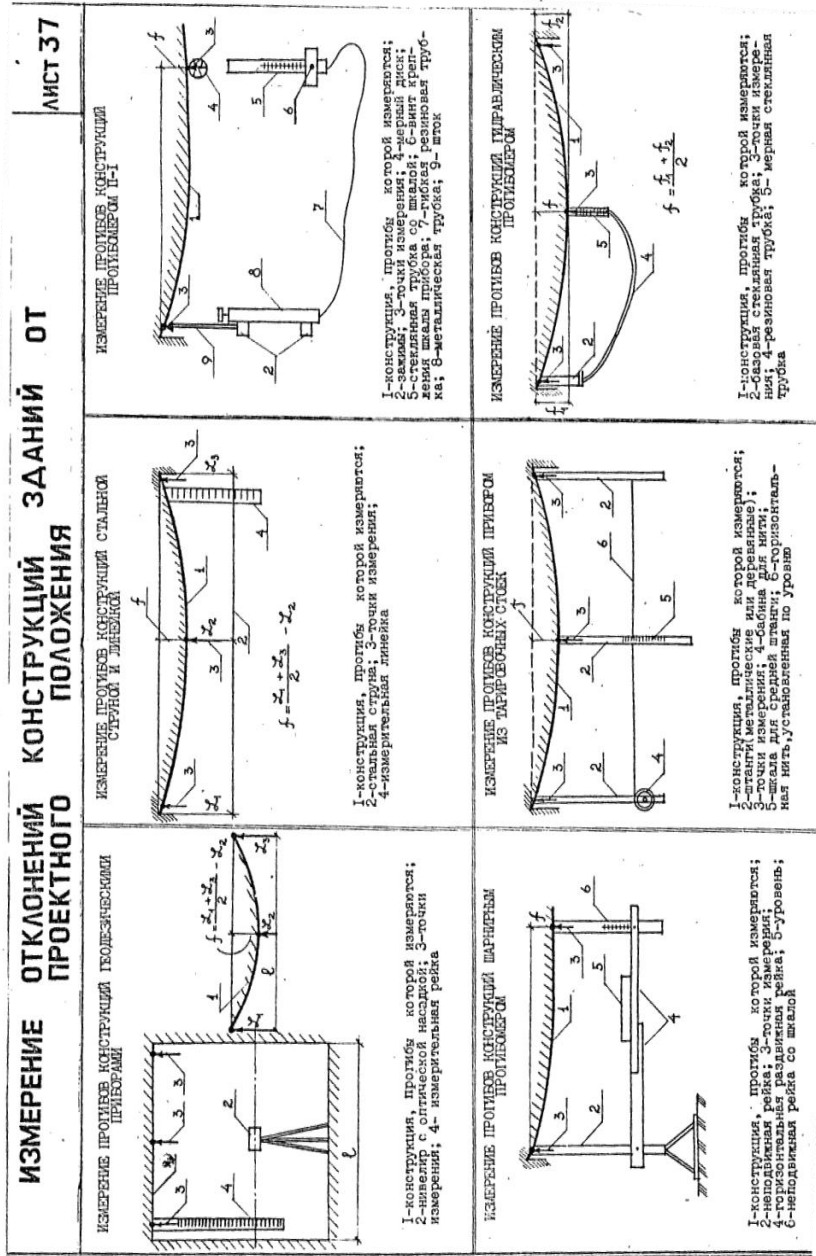


Рис. 27.

В таблице 1 [2] приведены значения предельно допустимых прогибов.



ТАБЛИЦА 1
ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ПРОГИБЫ ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Позиция	ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ	f_k
1	Перекрытия с плоским потолком и элементы покрытия (кроме указанных в позиции 3) при пролетах, м: $l < 6;$ $6 \leq l \leq 7,5;$ $l > 7,5;$	$l/200;$ 30 мм $l/250$
2	Перекрытия с ребристым потолком и элементы лестниц при пролетах, м: $l < 5$ $5 \leq l \leq 10;$ $l > 10$	$l/200$ 25 мм $l/400$
3	Элементы покрытий сельскохозяйственных зданий производственного назначения при пролетах, м: $l < 6$ $6 \leq l < 10$ $l > 10$	$l/150$ 40 мм $l/250$

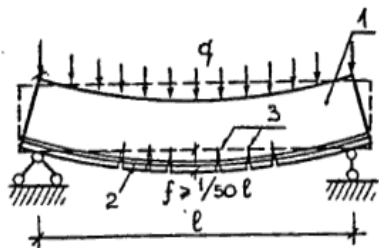
КОНСТРУКЦИЯ НАХОДИТСЯ В АВАРИЙНОМ СОСТОЯНИИ

Если прогиб конструкции f превышает величины прогибов, приведенных в таблице 2, то конструкция находится в аварийном состоянии и требует усиления или замены.

ТАБЛИЦА 2

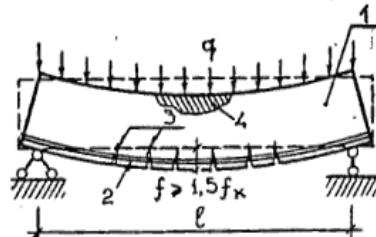
ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГИБОВ

Текущность арматуры, которая характеризуется прогибом конструкции на величину, превышающую $1/50$ пролета



- 1 - обследуемая железобетонная конструкция;
- 2 - рабочая арматура, напряжения в которой достигли предела текучести;
- 3 - трещины в растянутой зоне.

Раздробление бетона от сжатия одновременно с текущостью арматуры, что характеризуется прогибом конструкции в $1,5$ и более раз, превышающим прогиб от контрольной нагрузки



- 1 - обследуемая железобетонная конструкция;
- 2-- рабочая арматура, напряжения в которой достигли предела текучести;
- 3 - трещины в растянутой зоне;
- 4 - раздробление бетона сжатой зоны.

l - пролет балок или плит; для консолей значение l принимается равным удвоенному вылету консоли.

Предельно допустимые прогибы f_k обусловлены эстетическими требованиями.

Из условия зыбкости добавочный прогиб для не связанных с соседними элементами плит перекрытий, лестничных маршей, площадок и т.п. от кратковременно действующей сосредоточенной нагрузки 1 кН при наиболее невыгодной схеме её приложения должен быть не более $0,7$ мм.

Следует ответить на следующие контрольные вопросы:

1. Какими приборами производится измерение прогибов?
2. В чем смысл ограничения величин прогибов?
3. Какой относительный прогиб свидетельствует о наступлении аварийного состояния изгибаемого элемента?
4. Как вычисляются величины прогибов, в том числе в преднапряженных конструкциях? Ответ в п. 15 СП 20.13330.2011 [1].
4. Как недопустить превышения величин прогибов над предельно допустимыми значениями?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М, 2011.
2. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.

Способы усиления пустотных плит перекрытий

Цель занятия.

Рассмотрение способов усиления пустотных плит перекрытий.

Следует ознакомиться с представленными на рис. 28-30 вариантами усиления пустотных плит перекрытий [1] и по каждому из них подробно ответить на следующие вопросы:

1. Какие зоны плиты (-т) или что конкретно усиливается?
2. Какие материалы, изделия при этом используются?
3. Как обеспечивается совместность работы усиленной конструкции и элементов усиления?
4. Пооперационно распишите последовательность выполнения работ с указанием всех этапов, в том числе технологических перерывов.

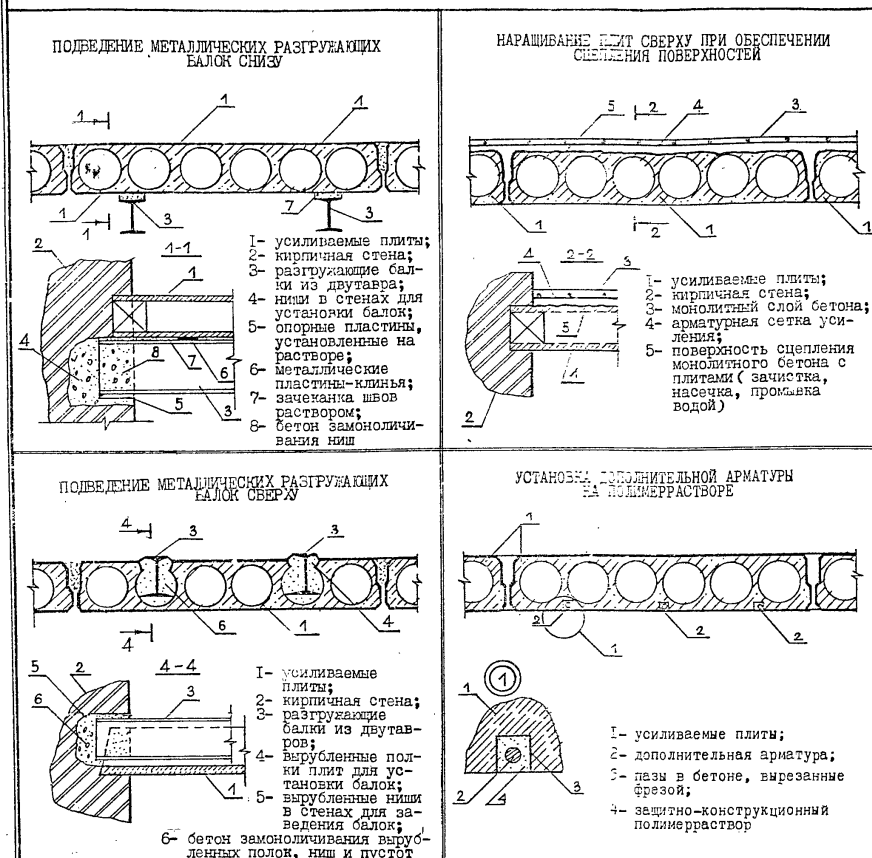


Рис. 28.

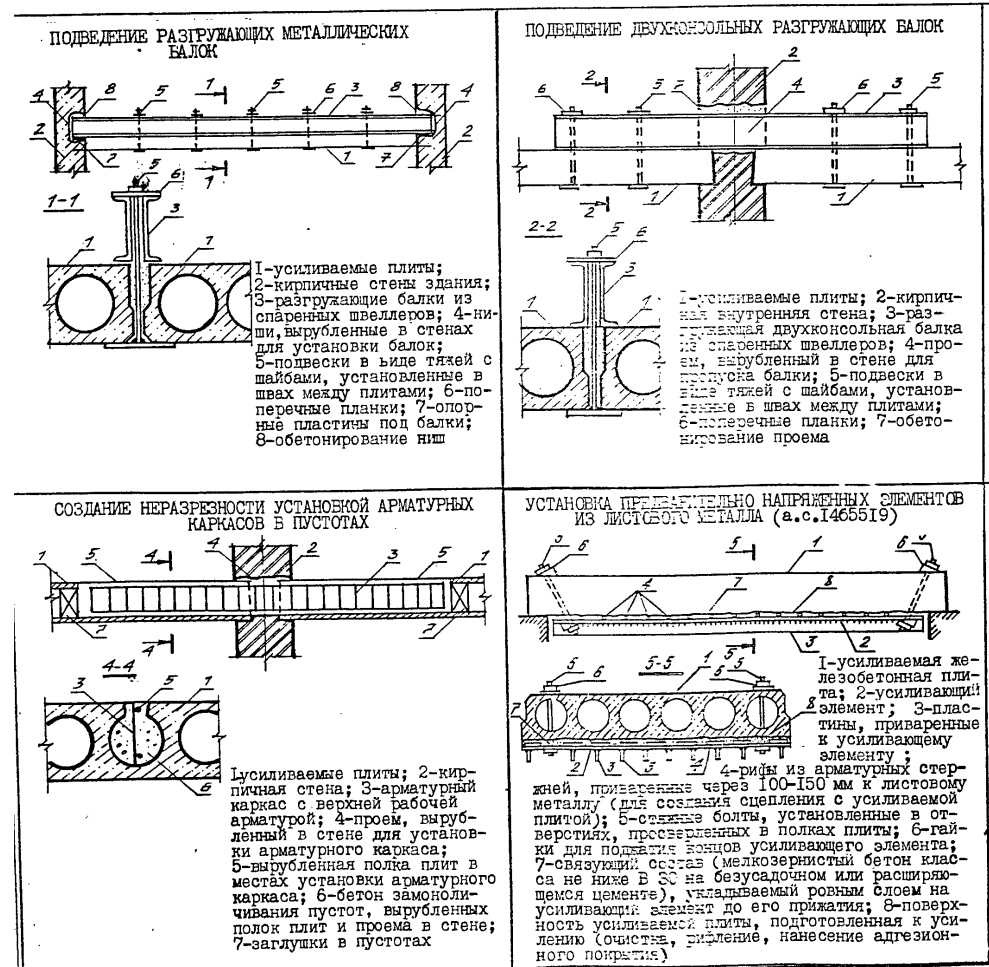


Рис. 29.

Способы усиления ребристых плит перекрытий

Цель занятия.

Рассмотрение способов усиления ребристых плит перекрытий.

Следует ознакомиться с представленными на рис. 31-33 вариантами усиления ребристых плит перекрытий [1] и по каждому из них подробно ответить на следующие вопросы:

1. Какие зоны плиты (-т) или что конкретно усиливается?
2. Какие материалы, изделия при этом используются?
3. Как обеспечивается совместность работы усиливаемой конструкции и элементов усиления?
4. Пооперационно распишите последовательность выполнения работ с указанием всех этапов, в том числе технологических перерывов.

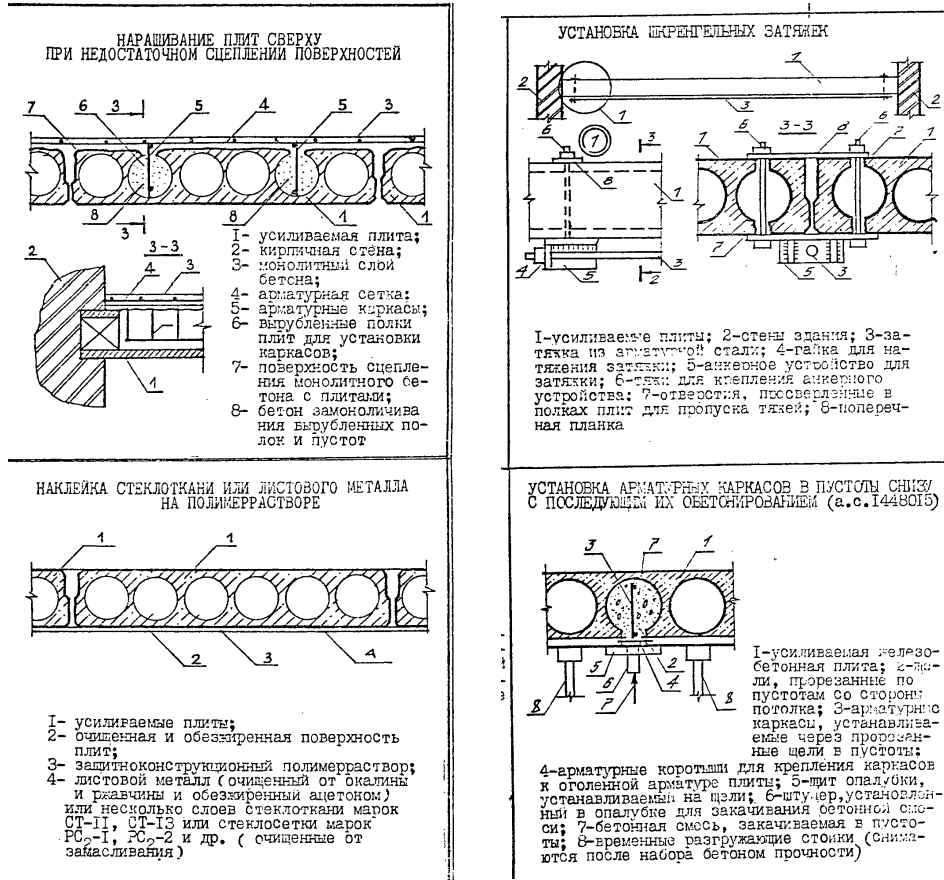


Рис. 30.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.

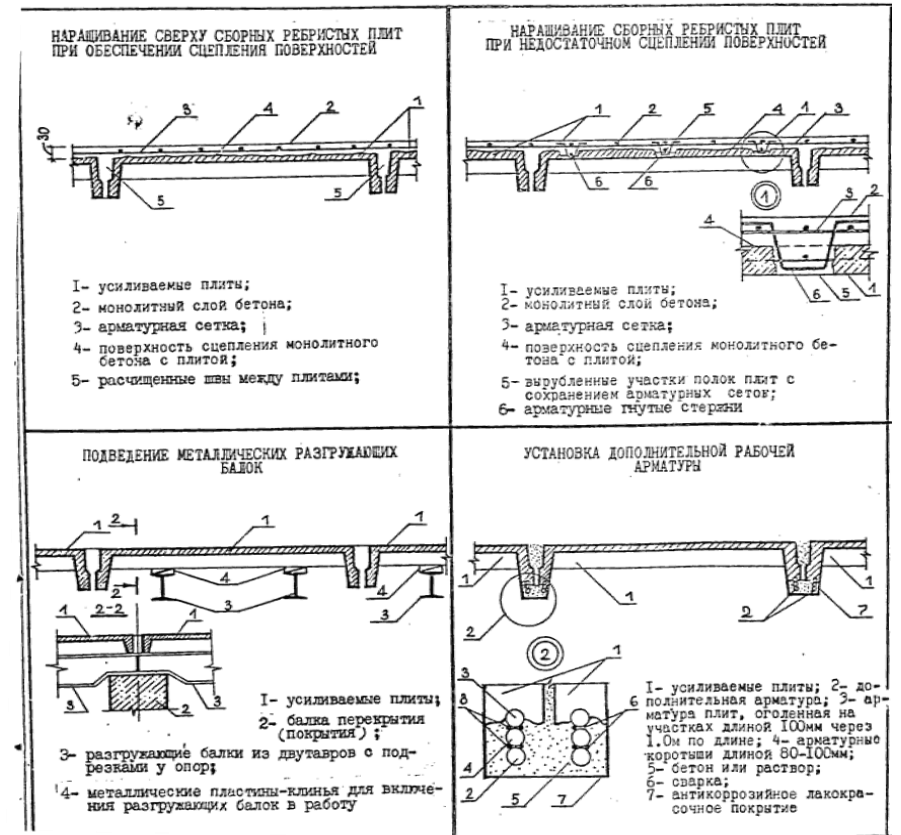


Рис. 31.

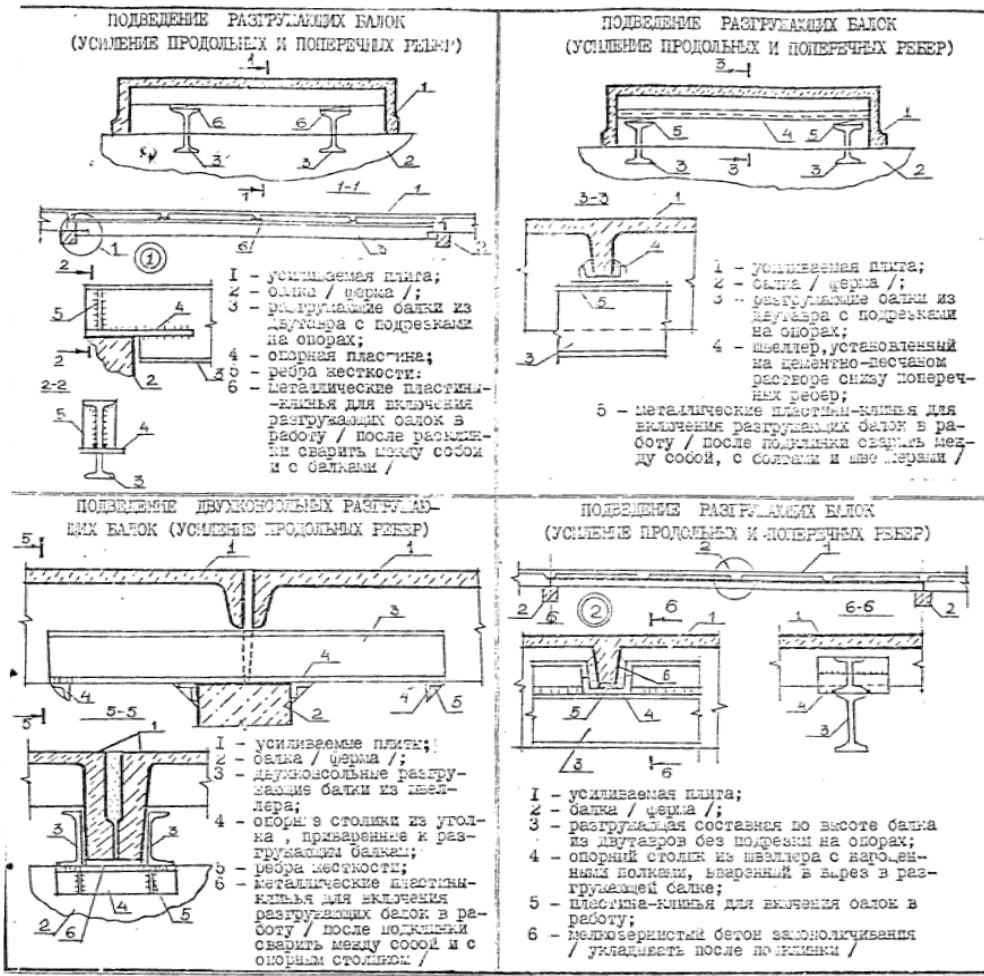


Рис. 32.

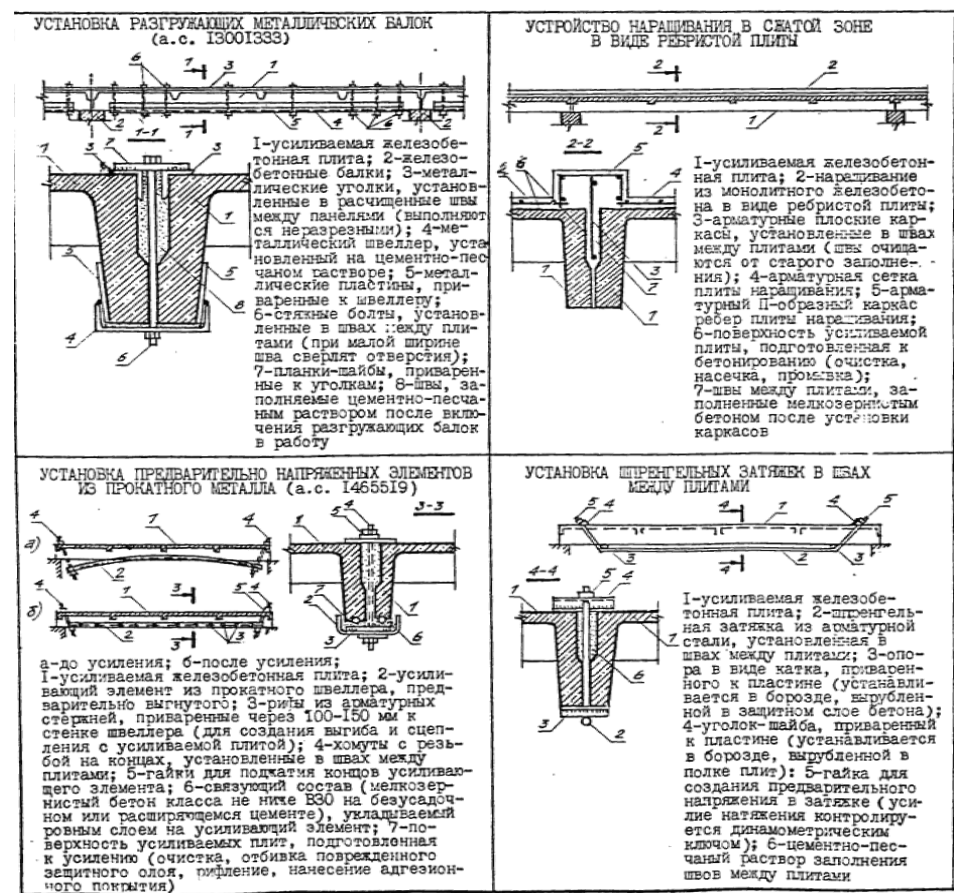


Рис. 33.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.

ЗАНЯТИЕ 15

Способы усиления узлов опирания плит перекрытий

Цель занятия.

Рассмотрение способов усиления узлов опирания плит перекрытий.

Следует ознакомиться с представленными на рис. 34-36 вариантами усиления [1] и по каждому из них подробно ответить на следующие вопросы:

1. Что конкретно усиляется?
2. Какие материалы, изделия при этом используются?
3. Как обеспечивается совместность работы усиленной конструкции и элементов усиления?
4. Пооперационно распишите последовательность выполнения работ с указанием всех этапов, в том числе технологических перерывов.

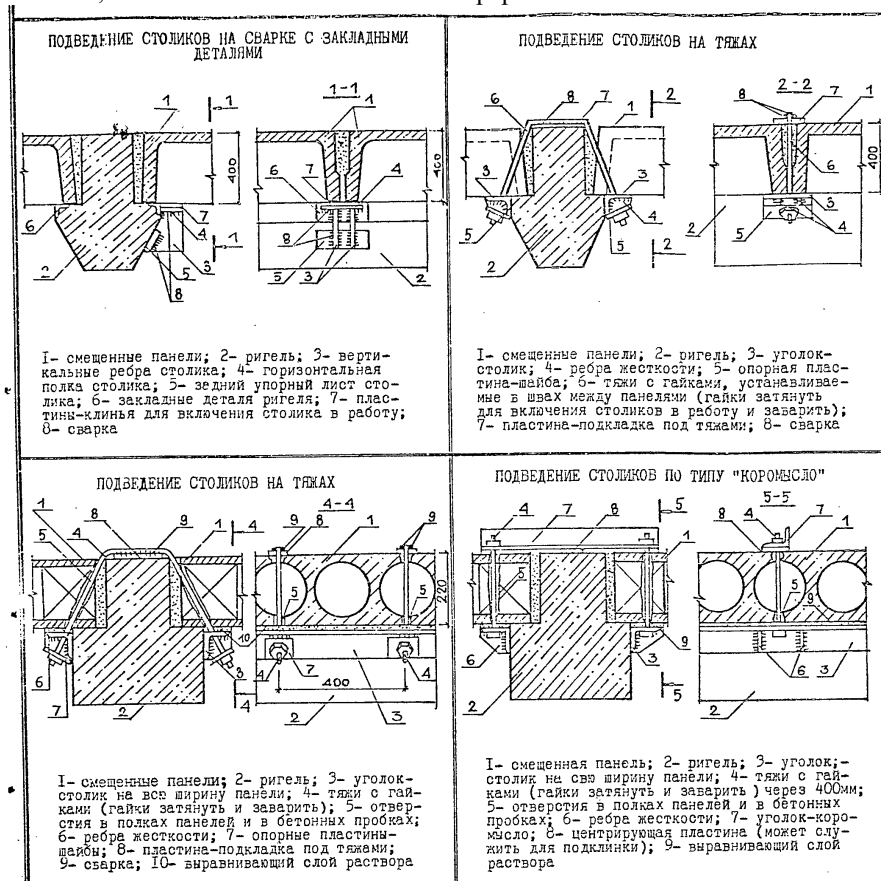


Рис. 34.

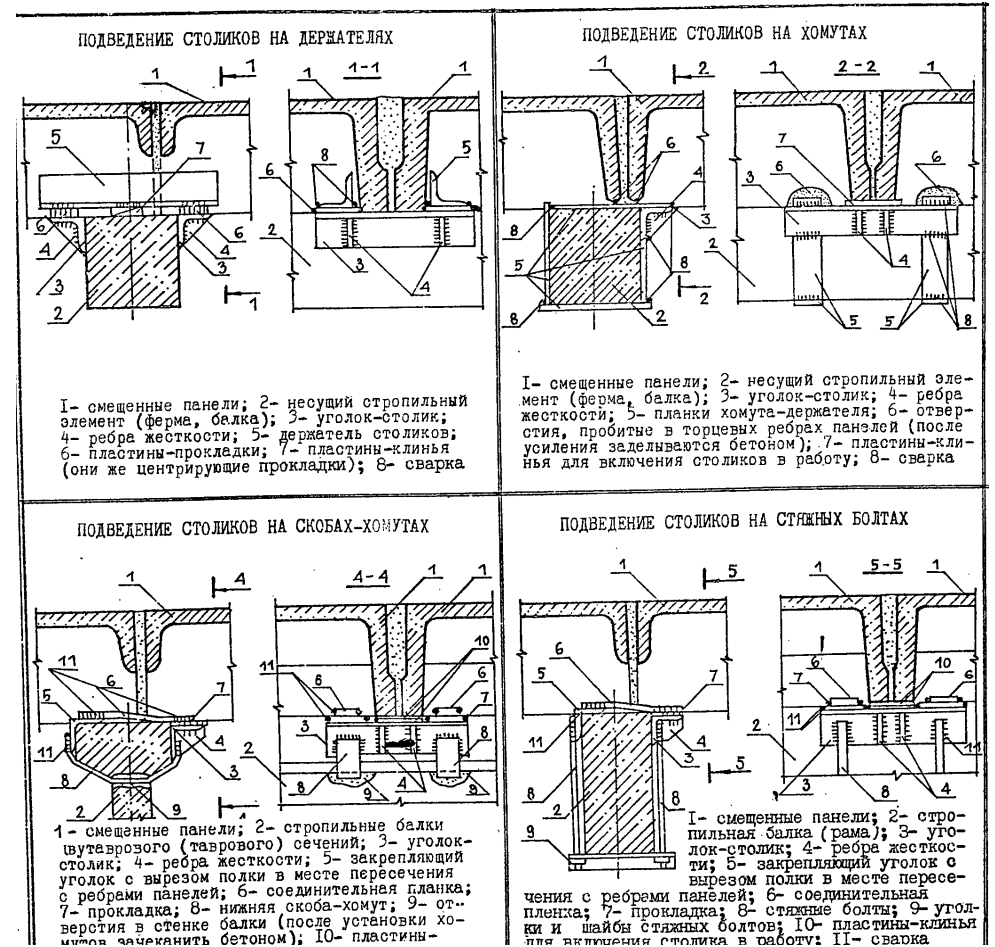


Рис. 35.

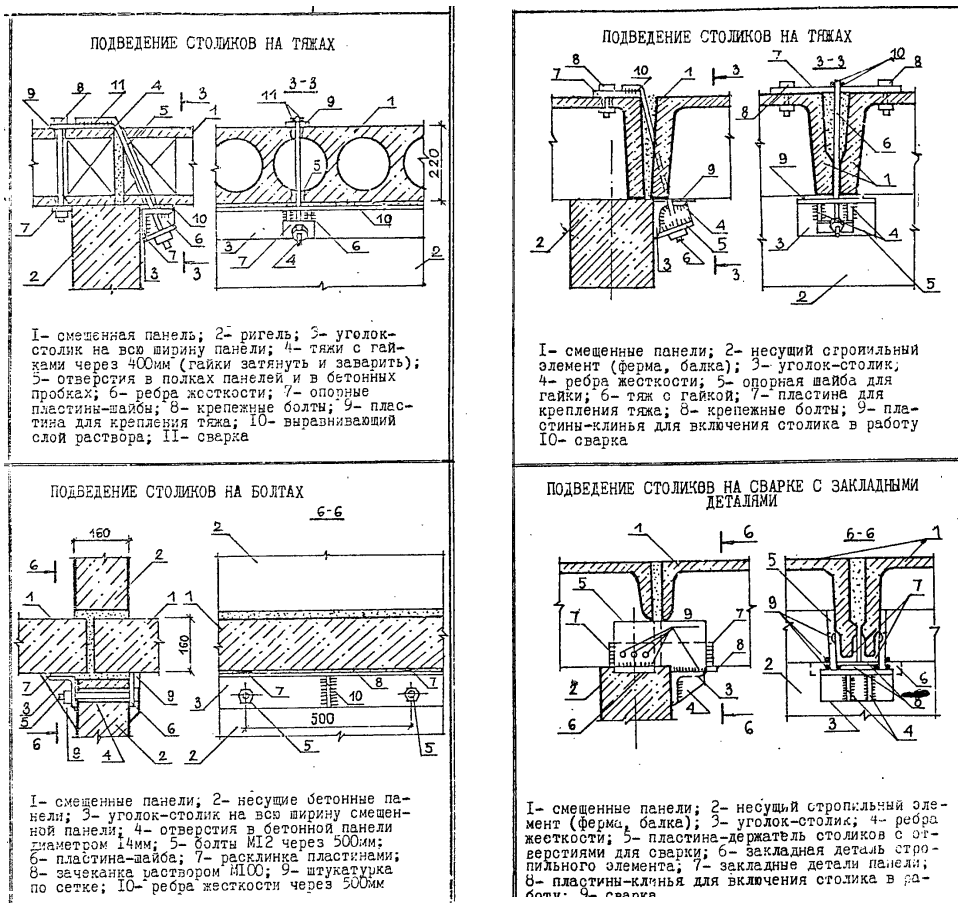


Рис. 36.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.

ЗАНЯТИЕ 16
Способы усиления стропильных балок

Цель занятия.

Рассмотрение способов усиления стропильных балок.

Следует ознакомиться с представленными на рис. 37-40 вариантами усиления

[1] и по каждому из них подробно ответить на следующие вопросы:

1. Какая зона или элемент, что конкретно усиливается?
2. Какие материалы, изделия при этом используются?
3. Как обеспечивается совместность работы усиляемой конструкции и элементов усиления?
4. Пооперационно распишите последовательность выполнения работ с указанием всех этапов, в том числе технологических перерывов.

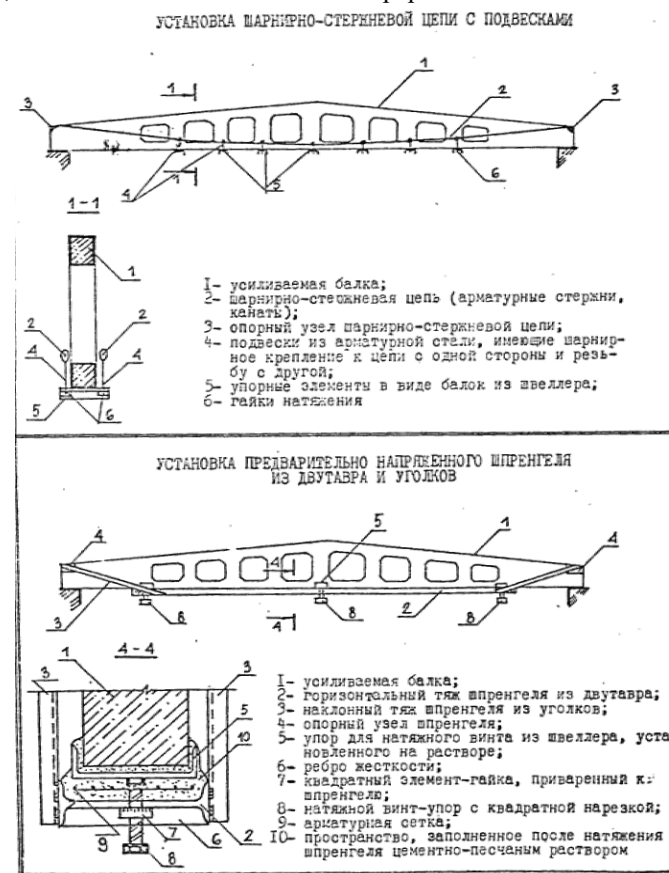


Рис. 37.

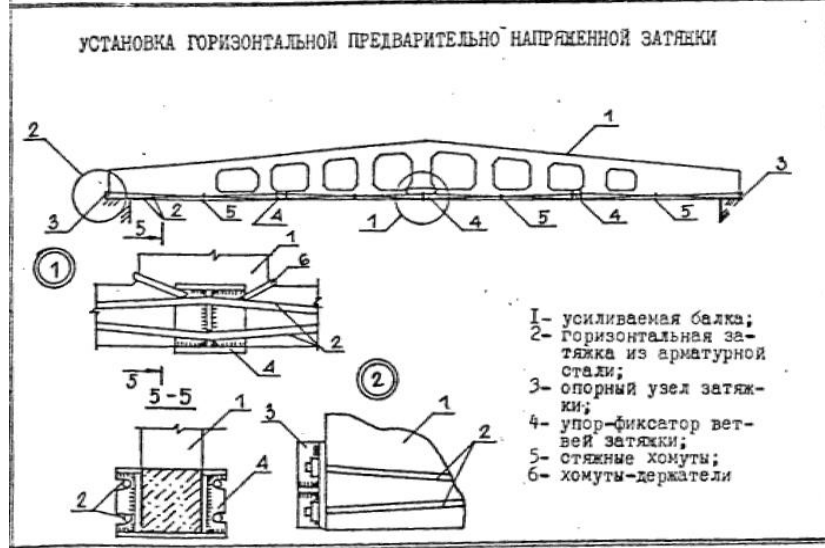
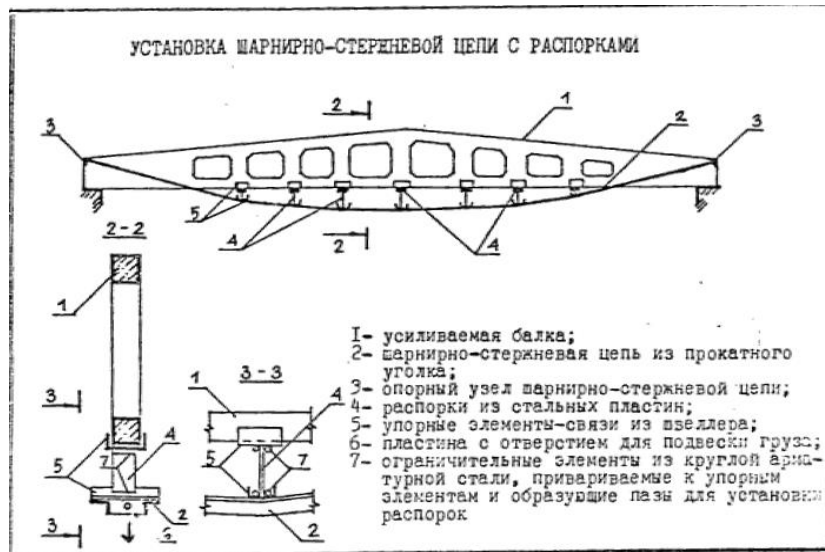


Рис. 38.

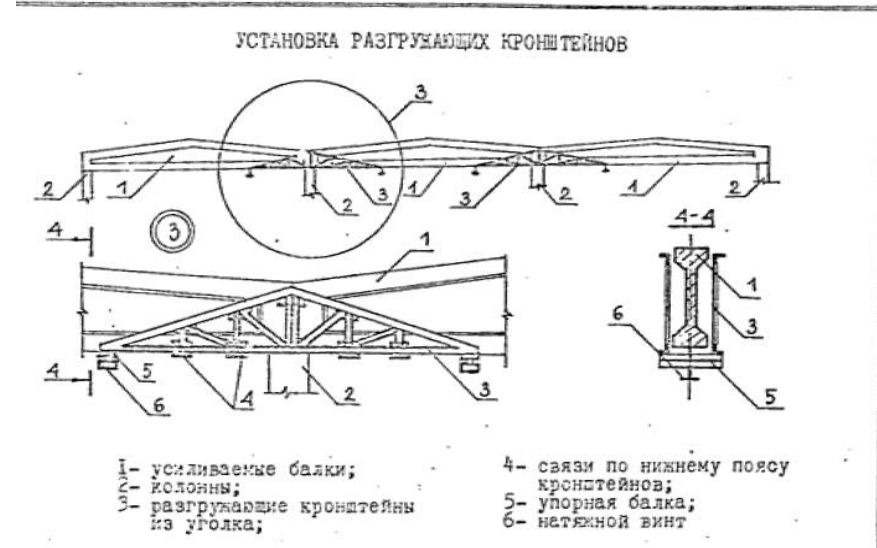
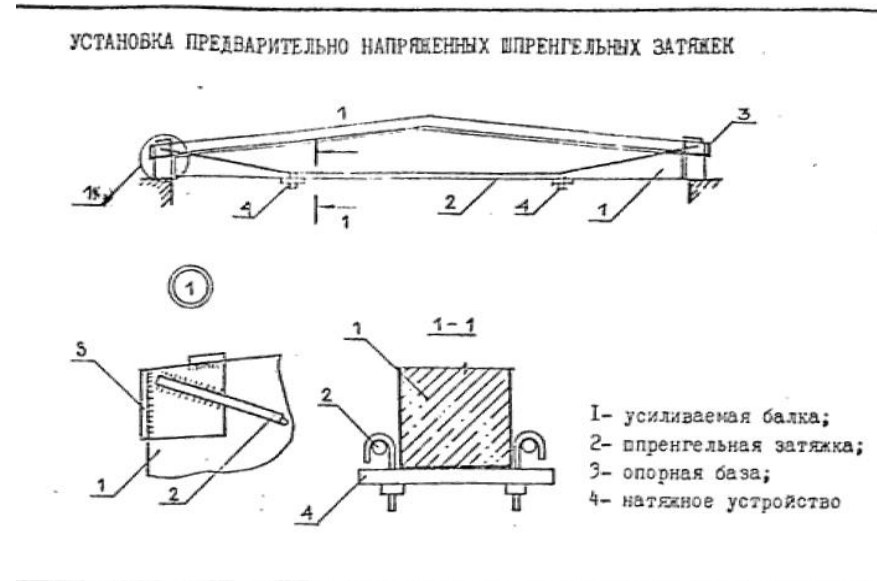


Рис. 39.

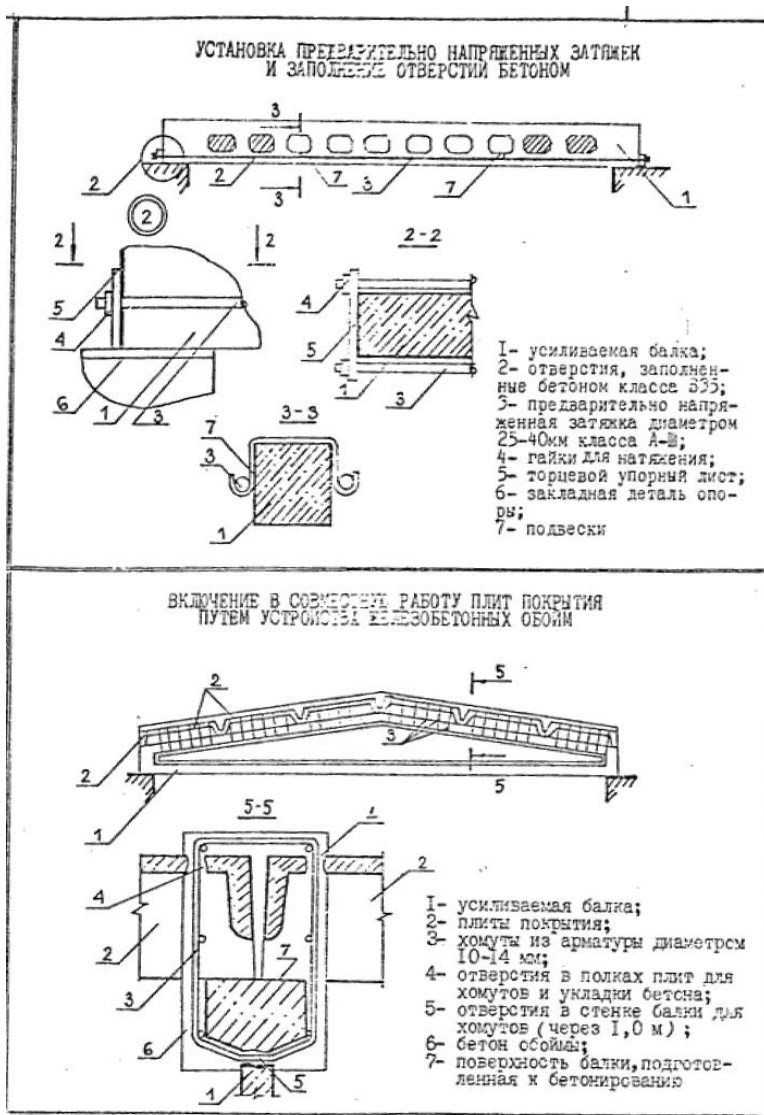


Рис. 40.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полищук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.

ЗАНЯТИЕ 17
Способы усиления колонн

Цель занятия.

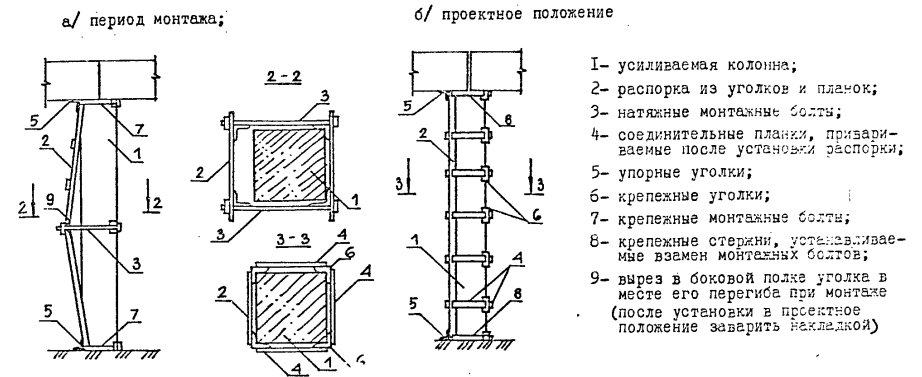
Рассмотрение способов усиления колонн.

Следует ознакомиться с представленными на рис. 41-44 вариантами усиления

[1] и по каждому из них подробно ответить на следующие вопросы:

1. Какая зона или элемент, что конкретно усиливается?
2. Какие материалы, изделия при этом используются?
3. Как обеспечивается совместность работы усиливаемой конструкции и элементов усиления?
4. Пооперационно распишите последовательность выполнения работ с указанием всех этапов, в том числе технологических перерывов.

УСТАНОВКА ОДНОСТОРОННИХ РАСПОРОК



УСТАНОВКА ДВУСТОРОННИХ РАСПОРОК

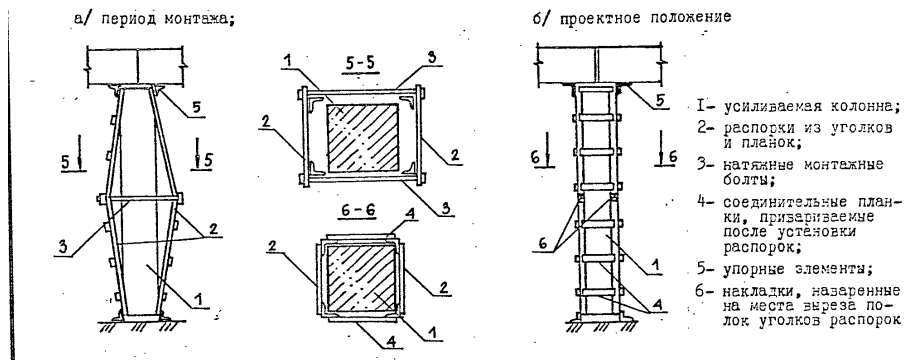


Рис. 41.

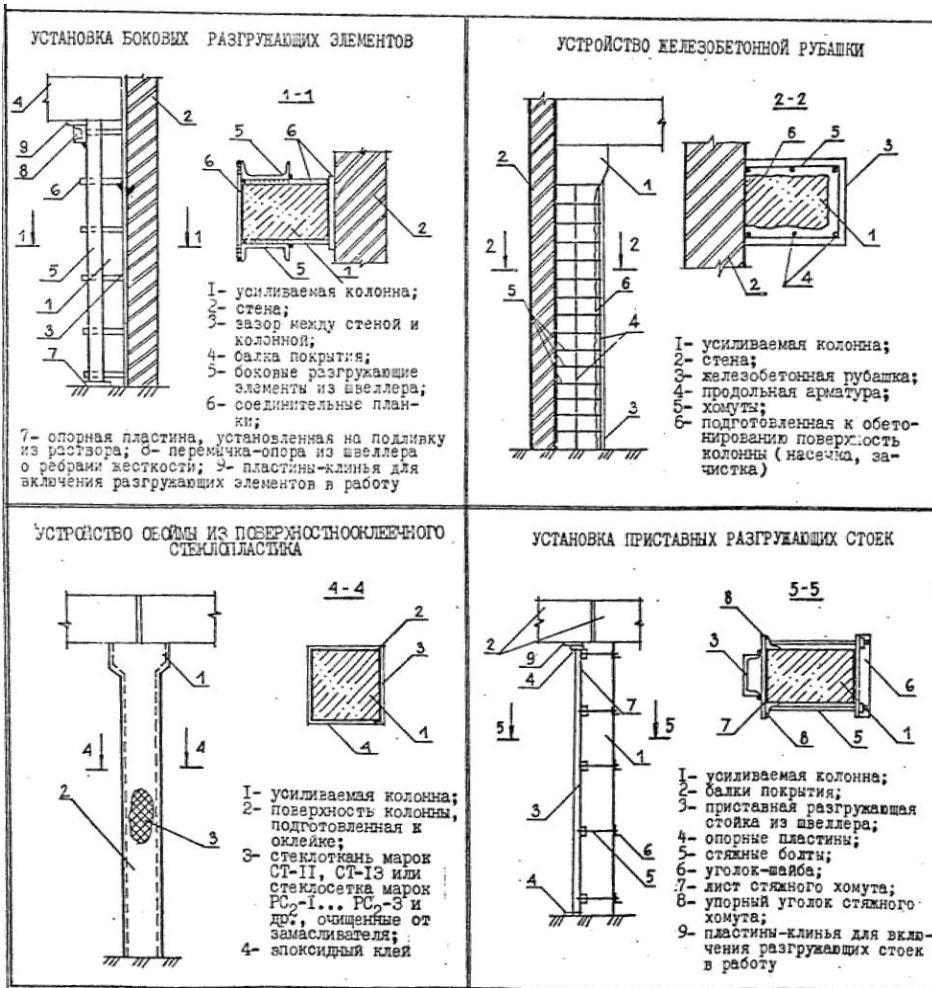


Рис. 42.

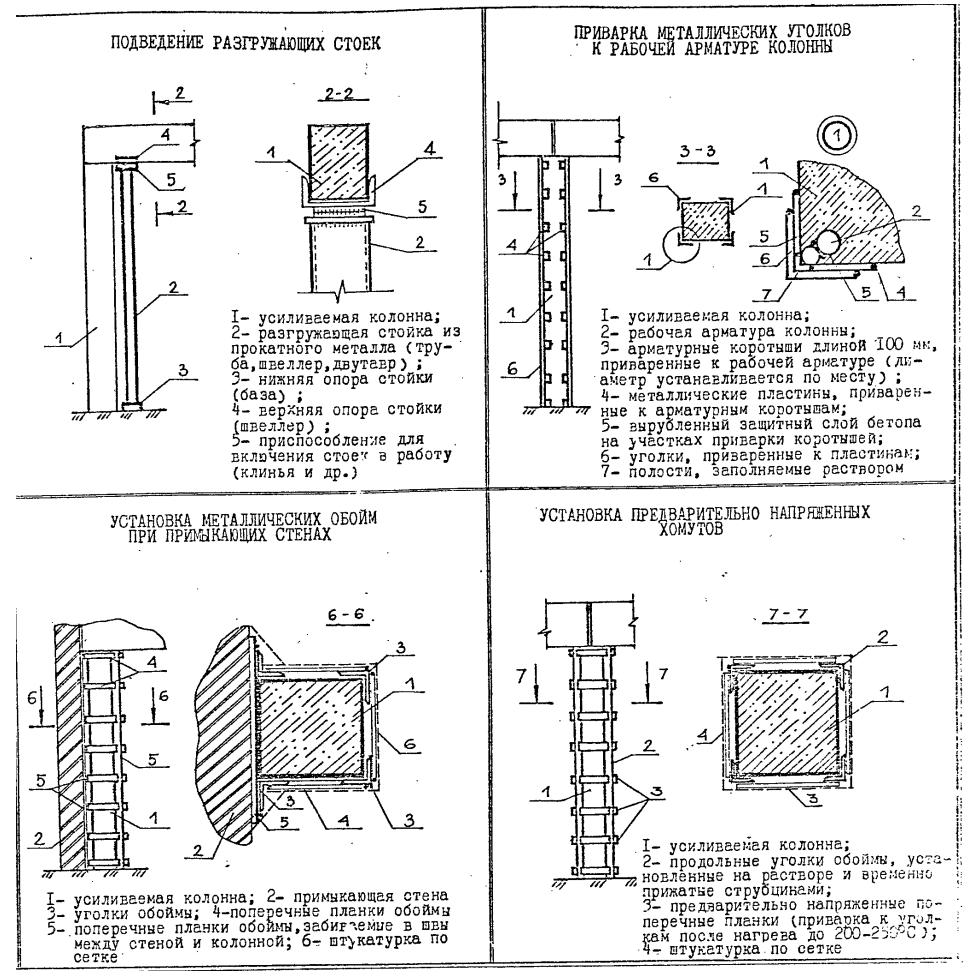


Рис. 43.

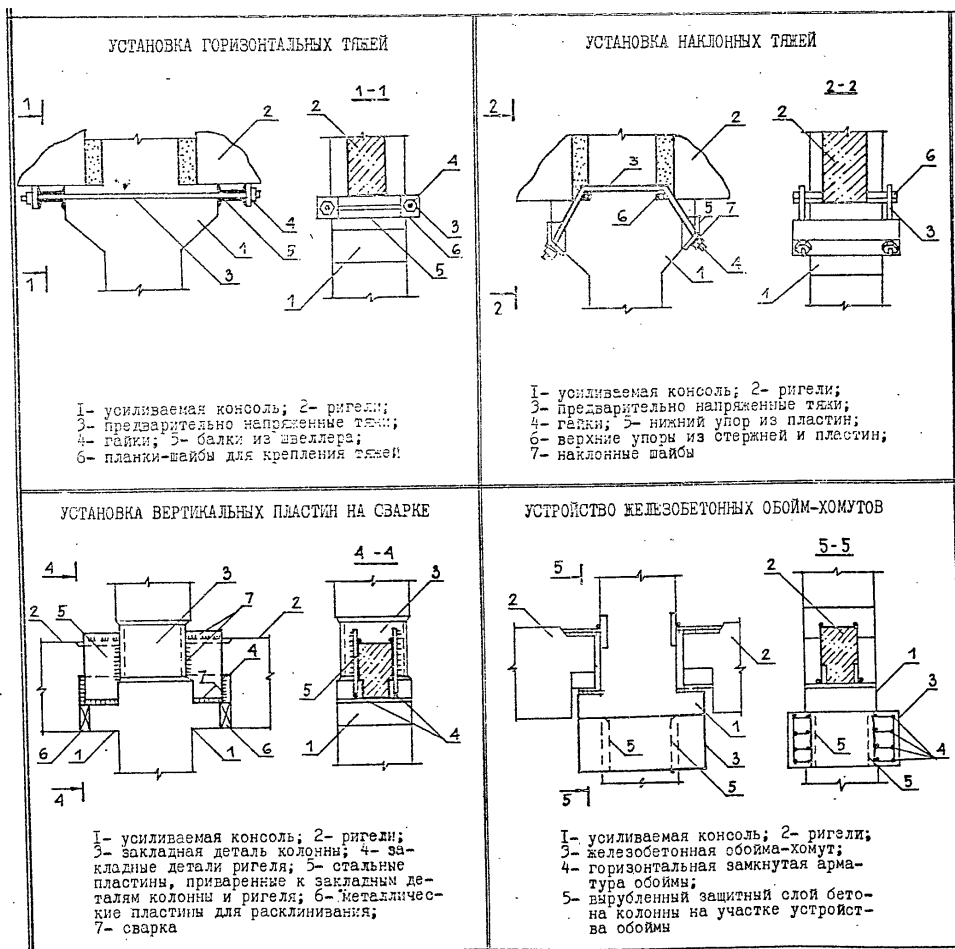


Рис. 44.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плевков В.С., Мальганов А.И., Полишук А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий. – Томск: ЦНТИ, 1990. – 317 с.