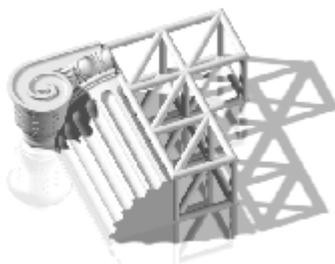


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Казанский Государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра железобетонных и каменных конструкций



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических занятий

на тему:

«Конструктивно-технологические мероприятия восстановления фундаментов железобетонными
обоймами»

Дисциплина: «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений»

(данная работа рассчитана на 2 академических часа (1 занятие))

Направление подготовки

08.03.01 Строительство

Для всех направленностей (профилей) подготовки

КАЗАНЬ, 2015

Составители: Павлов В.В., Антаков А.Б.

УДК 624.012

Конструктивно-технологические мероприятия восстановления фундаментов железобетонными обоями. Методические указания по выполнению практического занятия по дисциплине: «Основы технической эксплуатации зданий и сооружений» для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, всех направленностей (профилей) подготовки /Казанский государственный архитектурно-строительный университет; Составители: Павлов В.В., Антаков А.Б., Казань, 2015. – 24 с.

Методические указания содержат рекомендации по выполнению практического занятия

Рецензент:

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры железобетонных и каменных конструкций КГАСУ (протокол № ____ от “__” _____ 2015 г.)

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ, 2015 г.

I. Цель работы.

Разработка конструктивно-технологических мероприятий восстановления работоспособности и усиления каменных фундаментов (столбчатого типа).

II. Общие сведения.

Практика показывает, что наиболее простым и эффективным методом усиления поврежденных и ослабленных бутовых и кирпичных фундаментов, находящихся в неработоспособном состоянии и при невозможности провести цементизацию, является устройство железобетонных обойм. Оно может быть выполнено как без увеличения подошвы, так и с ее уширением. Устройство обойм возможно как на всю высоту фундамента, так и на меньшую высоту. Железобетонные обоймы могут быть одно и двухсторонними, см. рис. 1.

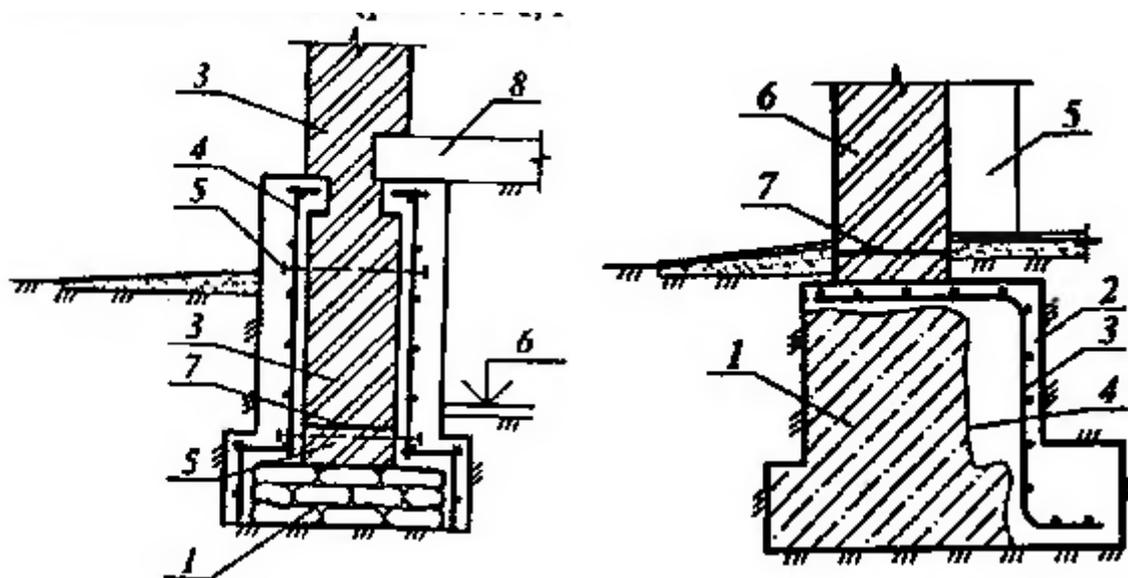


Рис. 1 Вариант устройства двух и односторонней железобетонной обоймы.

Минимальная толщина обоймы 8-10 см, соединение элементов осуществляется анкерами, диаметром 16-20 мм. Армирование чаще всего выполняется в виде сеток, с ячейкой 150x150 мм, из арматуры диаметром не менее 10 мм.

Перед устройством железобетонных обойм проводится подготовка поверхности старого фундамента. Для лучшего сцепления обоймы с фундаментом его поверхность обрабатывается с целью придания ей шероховатости. Для этого на поверхности фундамента с помощью перфоратора делают насечки или в просверленные шпуров вставляют анкерные стержни. В ленточных фундаментах

противоположные стенки обоймы крепят друг к другу анкерами или поперечными балками. Монтаж арматуры выполняют после обработки поверхностей сопряжения. Установку опалубки осуществляют после монтажа арматурных каркасов. Опалубку подвешивают или крепят к арматуре усиления. Фундамент с помощью подкосов и рамы разгружают.

В общем случае последовательность работ по усилению и реконструкции фундаментов путем устройства обойм, подведения конструкций или новых фундаментов следующая:

- устраивается временное крепление несущих конструкций;
- отрывается грунт вокруг усиливаемого фундамента;
- устанавливается крепление откосов котлованов;
- насаживается и очищается поверхность фундамента;
- выполняется подготовка основания путем втрамбовывания щебня в грунт или обжатия основания нагрузкой;
- монтируется арматура и закладные детали;
- устанавливается опалубка и приспособления для тепловой обработки бетона в зимних условиях;
- производится бетонирование конструкции и уход за бетоном;
- разбираются опалубка и крепления откосов котлованов;
- выполняется обратная засыпка пазух фундаментов.

Элементы обоймы рассчитываются либо на избыточную часть нагрузки (по несущей способности основания), либо на восприятие полной нагрузки, что подразумевает соответствующий контакт между фундаментной кладкой и бетонной конструкцией. Способ соединения старой и новой частей фундамента зависит от величины передаваемой нагрузки, площади контакта, характера старой кладки и др. Если, к примеру, функции обойм планируются умеренными (до 30% общего давления), а фундамент сложен из валунов и бута, то для надежной передачи нагрузки может быть достаточно простого сцепления бетона с неровностями кладки. При плотных белокаменных или кирпичных фундаментах используются шпоночные соединения с обоймой в виде бетонного «зуба», поперечных металлических балок или арматурных стержней. Размер «зуба»

рассчитывается на отпор грунта по скалыванию менее прочного из соединяемых материалов, а длина и число металлических шпонок — по смятию материала фундамента. Помимо сдвигающего усилия шпоночные соединения испытывают и растягивающие усилия, которые тем выше, чем больше площадь опирания обойм и чем меньше их высота. (Несложный расчет показывает, что только для удержания от поворота обоймы, показанной на рис. 2, при планируемом отпоре грунта 0,1 МПа требуется погасить от 50 до 100 кН растягивающих усилий на каждом метре.) Сложность сквозного поперечного армирования фундаментов, анкеровки арматуры и защиты ее от коррозии не позволяет считать широкие обоймы рациональными и длительно надежными конструкциями. Наилучшие результаты дают узкие двухветвевые обоймы или одинарные обоймы, замкнутые по ограниченному контуру и не испытывающие крутящего момента. Замкнутые железобетонные обоймы могут быть использованы и как сугубо стяжные конструкции в качестве: профилактических бандажей, препятствующих независимому перемещению деформационных блоков разорванных трещинами зданий; подземных антисейсмических поясов; защитных «рубашек», «ящичков» и т.д. для слабых, деструктированных фундаментов и археологической кладки

При всем различии конструкций и назначении обойм они обладают одним общим свойством — не нарушают сложившегося контакта между подошвой фундамента и основанием.

В зависимости от категории технического состояния усиливаемой конструкции [1], условий ее эксплуатации, а именно: степени агрессивности окружающей среды, определяемой по [2], устанавливаются требования к материалу обоймы -показатели бетона и толщина защитного слоя.

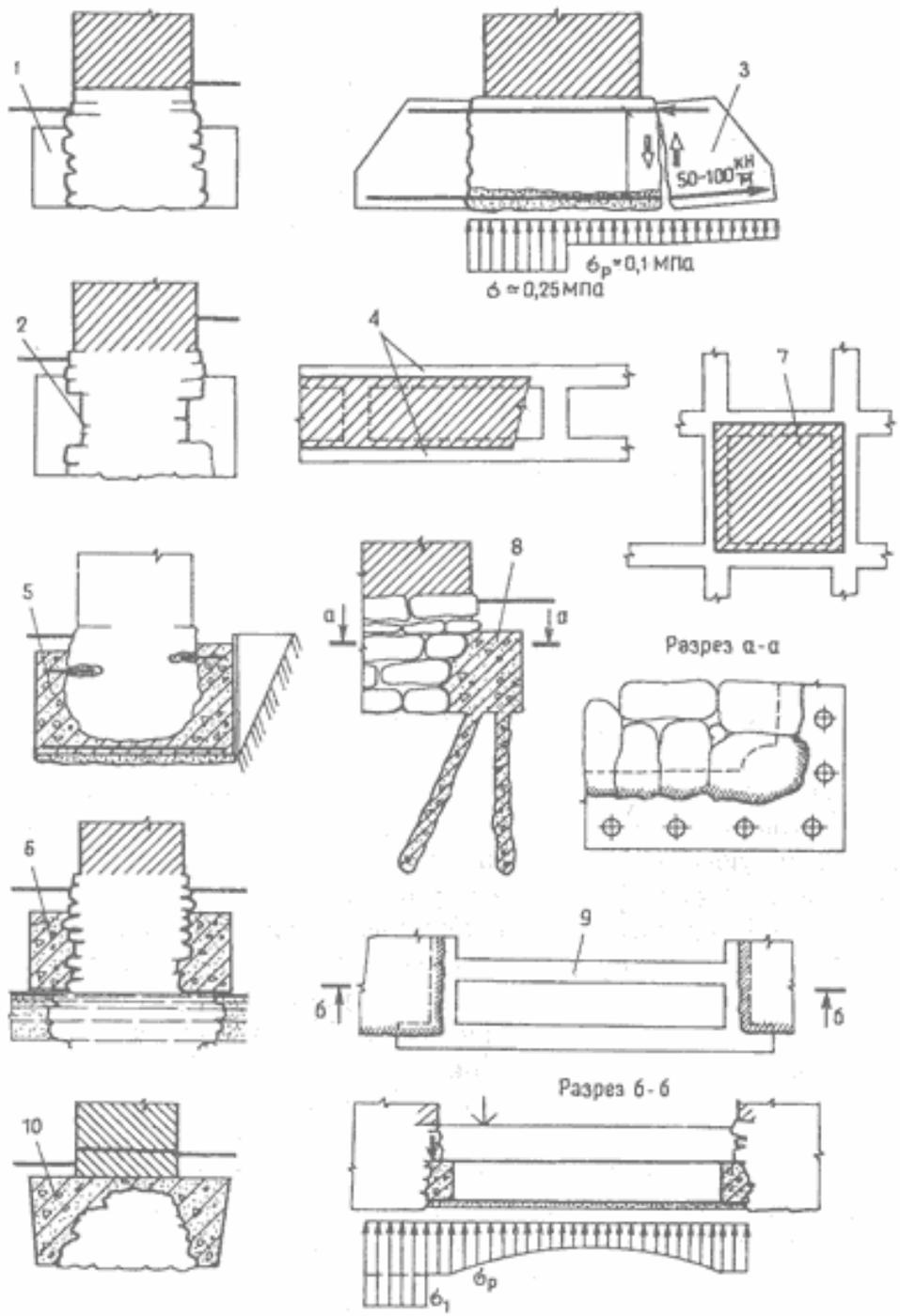


Рис. 2 Усиление фундаментов с помощью обойм 1—4 — двухветвевые железобетонные обоймы: 1 — сцепление обоймы за счет неровностей кладки; 2 — сцепление с помощью "зуба"; 3 — нерациональная широкая обойма со сквозным стержневым креплением; 4 — план обоймы с поперечными диафрагмами; 5 — корытная обойма, бетонируемая в две очереди; 6 — "висячая" обойма выше уровня грунтовых вод; 7 — фрагмент перекрестной ленточной обоймы под столбом; 8 — обойма-ростверк (разрез и план); 9 — обойма с рандбалками-распорками (план и разрез с эпюрой отпора грунта); 10 — обойма-ящик

III. Выбор материалов обоймы.

Определим требования к материалу конструкции железобетонной обоймы, в соответствии с требованиями, указанными в приложениях 2-7:

В соответствии с требованиями приложения 2 определяем, что конструкции фундаментов работают в условиях влажной и кратковременно сухой среды и имеют индекс эксплуатационной среды «ХС2».

Учитывая индекс эксплуатационной среды «ХС2» определенный выше, в соответствии с приложением 3 определим минимально допустимую марку бетона – В30. Однако при использовании защитных мероприятий (оклеечная гидроизоляция), класс бетона можно снизить

В соответствии с индивидуальным заданием коэффициент фильтрации составляет $4,8 \times 10^{-9}$, то в соответствии с приложением 4 требуемая марка бетона по водонепроницаемости должна быть не менее W6.

Поскольку проектируемая конструкция железобетонной обоймы устанавливается фундамент наружной стены, необходимо учитывать то обстоятельство, что она будет работать в условиях знакопеременных температур, в связи с чем необходимо определить марку бетона по морозостойкости. Для этого используем приложение 6. С учетом эпизодического (сезонного) водонасыщения грунтов и расчетной зимней температуры наружного воздуха составляет -32°C , требуемая марка бетона по морозостойкости должна быть не ниже F150.;

Требуемая конструктивная толщина защитного слоя усиливающей конструкции обоймы с учетом работы в грунте и при устройстве защитной оклеечной гидроизоляции согласно конструктивных требований, указанных в приложении 6, составляет 40 мм.

В дальнейшем полученные данные необходимо использовать при расчете железобетонной обоймы усиления.

Железобетонная обойма представляет из себя следующее: по углам усиливаемого элемента устанавливаются продольные стержни стальной продольной арматуры, которые соединяются между собой поперечными стержнями. Максимальное расстояние между продольными стержнями не более

400 мм (минимальное 50 мм). Расстояние между осями поперечных стержней (хомутов) принимается в диапазоне 150-300мм. Стальной арматурный каркас должен быть защищен от коррозии защитным слоем бетона.

IV. Выбор размеров обоймы.

Размеры бутового фундамента под кирпичной стеной таковы, что в верхней части он превышает сечение кирпичного столба на 150 мм, а нижнее уширение подошвы составляет еще 150 мм. Высоты ступеней принимаем по заданию.

Тогда при размерах столба 820x770, ширина подошвы фундамента составит 1420*1370 мм.

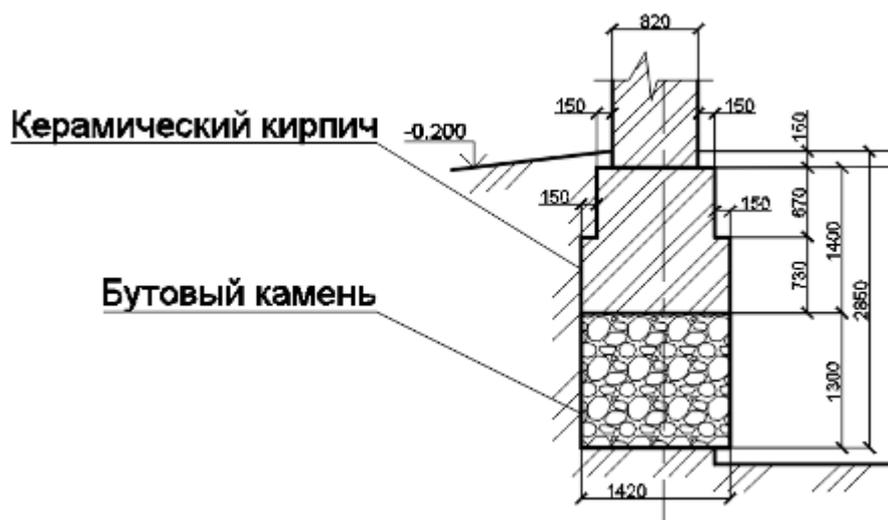


Рис. 3 Определение размеров фундамента

Определим давление под подошвой фундамента для необходимости устройства уширения подошвы:

$$p = \frac{1.1N}{b \cdot h} = \frac{1.1 \cdot 400 \cdot 10^3}{1420 \cdot 1370} = 0,23 \text{ МПа}$$

Так как расчетное сопротивление грунта 0,24 МПа более давления под подошвой фундамента, уширение подошвы не требуется.

Проверим несущую способность тела фундамента.

а) Прочность бутобетонной части с учетом повреждений (ограниченно работоспособное состояние) и марки бута (М50) и раствора (М25) составит:

$$N_1 = \psi_j m_k R_1 A_{кл,1} = 1 * 1 * 0,5 * 0,35 * 1420 * 1370 = 1750860 \text{ Н} = 340,27 \text{ кН}$$

где где $\psi = 1$, при центральном сжатии,

j - коэффициент продольного изгиба (т.к. сечение малой гибкости принимаем =1)

$A_{кл1}$ – площадь сечения бутовой части фундамента;

R_1 – расчетное сопротивление бутовой кладки сжатию (Приложение 9);

m_k – коэффициент условий работы кладки, принимаемый по приложению 10;

Предельная несущая способность бутовой части фундамента менее 400Кн, следовательно необходимо усиление этой части фундамента.

б) Прочность кирпичной части с учетом повреждений (ограниченно работоспособное состояние) и марки кирпича (М75) и раствора (М25) составит:

нижнее сечение

$$N_2 = \psi j m_k R_2 A_{кл,1} = 1 * 1 * 0,5 * 0,9 * 1420 * 1370 = 1750860H = 874,98кН$$

верхнее сечение

$$N_3 = \psi j m_k R_2 A_{кл,2} = 1 * 1 * 0,5 * 0,9 * 1120 * 1070 = 1750860H = 539,28кН$$

где где $\psi = 1$, при центральном сжатии,

j - коэффициент продольного изгиба (т.к. сечение малой гибкости принимаем =1)

$A_{кл2}$ – площадь сечения верхней кирпичной части фундамента;

R_2 – расчетное сопротивление кирпичной кладки сжатию (Приложение 9);

Предельная несущая способность кирпичной части фундамента более 400Кн, следовательно усиление этой части фундамента по расчету не требуется и может при необходимости выполняться конструктивно (восстановление и защита тела фундамента).

Примем следующие размеры для обоймы нижней части фундамента, см.
рис 4:

Толщина бетона 80 мм, тогда габариты обоймы составят $h_b = 1420 + 2 * 80 = 1580$ мм и $b_b = 1370 + 2 * 80 = 1530$ мм соответственно. Площадь бетонной части сечения составит:

$A_b = b_b \cdot h_b - A_{кл} = 1580 \cdot 1530 - 1420 \cdot 1370 = 472000 \text{ мм}^2$, расчетное сопротивление бетона сжатию (Приложение 11) составит, с учетом минимального класса бетона (В7.5) и коэффициента условий работы $R_b = 4,5 \cdot 0,9 = 4,05 \text{ МПа}$.

Продольная арматура 10A240 устанавливается с шагом 400 мм, что при принятых размерах обоймы составит 24 стержня, с $A_s^l = 16 \cdot 78,5 = 1256 \text{ мм}^2$ R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры сжатию (Приложение 12) примем 210 МПа;

Поперечная арматура 6A240 устанавливается с шагом 300 мм, тогда процент армирования поперечными стержнями (хомутами) оставит:

$$m = \frac{2A_{sw}(h+b)}{hbS} 100 = \frac{2 \cdot 28,3(1520+1470)}{1520 \cdot 1470 \cdot 300} 100 = 0,025\%$$

Расчетное сопротивление арматуры срезу (Приложение 12), примем $R_{sw} = 170 \text{ МПа}$

V. Расчет обоймы.

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

$$N = \gamma_j \left[\left(m_g m_k m_b R + h \frac{3m}{1+m} \frac{R_{sw}}{100} \right) A_{кл} + R_b A_b + R_{sc} A_s^l \right]$$

m_b - коэффициент условий работы бетона так как непосредственно на обойму продольное усилие не передается, то принимаем значение 0,35 ($m_b = 1$ – при передаче нагрузки на обойму и наличии опоры снизу, обоймы; $m_b = 0,7$ – при передаче нагрузки на обойму и отсутствии опоры снизу обоймы).

Остальные коэффициенты принимаются как в предыдущих расчетах.

$$N = 1 \cdot 1 \left[\left(1 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot 0,35 + 1 \frac{3 \cdot 0,025 \cdot 170}{1 + 0,025} \frac{170}{100} \right) 1945400 + 4,05 \cdot 472000 + 210 \cdot 1256 \right] = 361144 + 1911600 + 263760 = 2536504 \text{ Н} = 2536,5 \text{ кН}$$

Так как несущая способность обоймы более 400 кН, ее параметры достаточны.

В результате расчетов получено, что предельная несущая способность усиленного элемента значительно больше внешнего усилия.

В целях оптимизации конструкции (экономии материалов), предлагается выполнить бетонную обойму минимальной толщиной 60 мм, тогда габариты

обоймы составят $h_b=1420+2*60=1540$ мм и $b_b=1370+2*60=1490$ мм соответственно.

Площадь бетонной части сечения составит:

$$A_b = b_b \cdot h_b - A_{кл} = 1540 \cdot 1390 - 1420 \cdot 1370 = 349200 \text{ мм}^2 \text{ ,}$$

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

$$N = \gamma_j [m_g m_k m_b R A_{кл} + R_b A_b] = 1 \cdot 1 \cdot (1 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot 0,35 \cdot 1945400 + 4,05 \cdot 349200) = 119155,75 + 1414260,0 = 1533415,75 \text{ Н} = 1533,4 \text{ кН}$$

Предельная несущая способность усиленного бетонной обоймой элемента больше внешнего усилия, прочность обеспечена.

При этом, для оптимизации технико-экономических параметров конструкции усиления, необходимо, чтобы разница между сравниваемыми параметрами была не более 10 %.

Если в результате расчетов получено, что предельная несущая способность значительно больше расчетного усилия, то в целях оптимизации конструкции обоймы необходимо изменить характеристики материала обоймы (расчетное сопротивление, площади сечений, шаг стержней и т.д. до минимально допустимых значений).

Если в результате расчетов получено, что внешнее усилие больше предельной несущей способности, то в целях увеличения несущей способности необходимо изменить характеристики материала обоймы (подобрать материалы с большим расчетным сопротивлением, увеличить площади сечений элементов, уменьшить шаг поперечных стержней и т.д.).

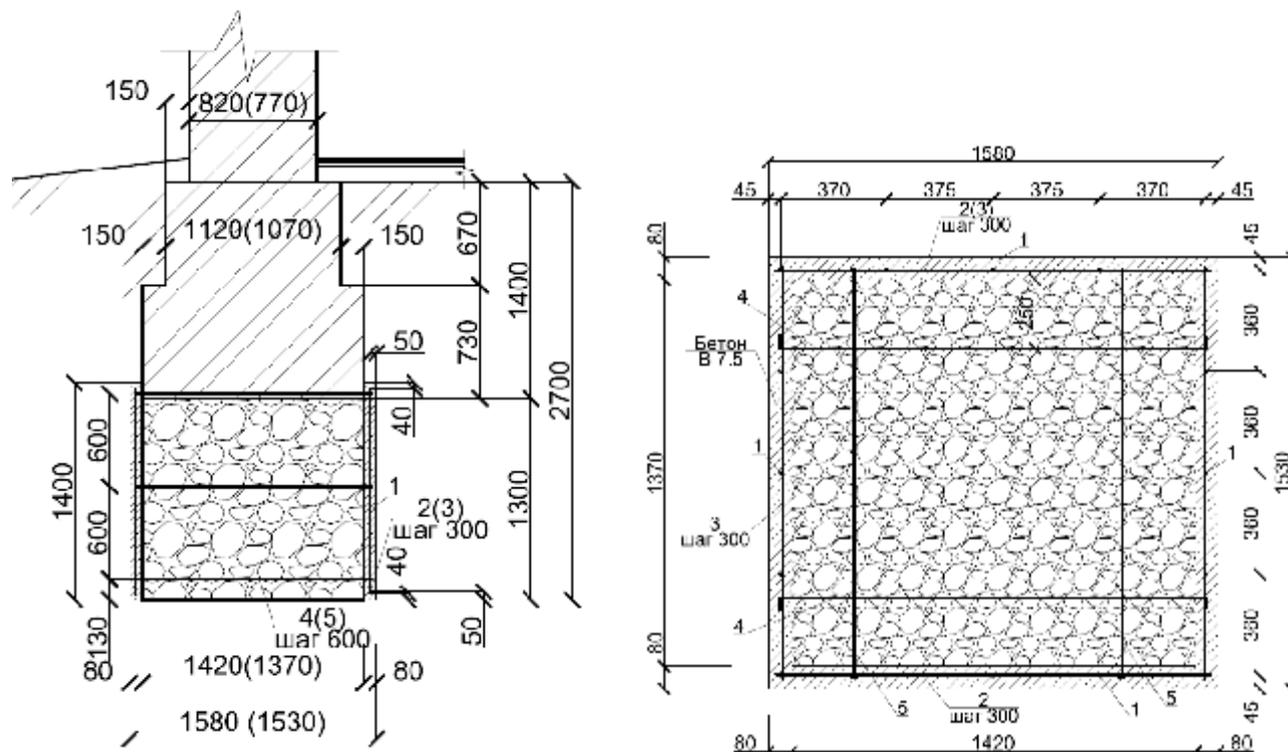
VI. Конструирование обоймы.

В графической части, при конструировании обоймы необходимо показать:

- вид обоймы сбоку (или сечение);
- сечение по усиленному элементу в плане;
- спецификацию элементов усиления.

На схемах необходимо обозначить: все элементы конструкции усиления; размеры, привязки, исходя из конструктивных требований.

Пример конструкции стальной обоймы приводится на рис. 4.



Спецификация материалов на обойму

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг.	Примечание
1	ГОСТ 5781-82*	d10 A240 L=1320	16	0,814	13,03кг
2	ГОСТ 5781-82*	d6 A240 L=1510	20	0,335	6,7 кг
3	ГОСТ 5781-82*	d6 A240 L=1460	20	0,324	6,48 кг
4	ГОСТ 5781-82*	d16 A240 L=1510	6	2,38	14,28кг
5	ГОСТ 5781-82*	d16 A240 L=1460	6	2,3	13,8кг
	ГОСТ 7473-2010	Бетон В7.5, W6, F150			0,66м3

Рис. 4. Пример оформления схемы усиления фундамента железобетонной обоймой (сечение в разрезе и в плане).

VII. Разработка организационно - технологических решений при устройстве обоймы.

При разработке организационно-технологических решений необходимо руководствоваться требованиями [6-8].

Разработка данного раздела производится самостоятельно (с использованием личного опыта, ресурсов сети интернет), согласно нижеприведенной последовательности организационно-технологических решений. В данном разделе необходимо дать подробное описание каждого из технологических процессов, входящих в состав работ по усилению простенка.

При этом необходимо подобрать необходимое оборудование, инструменты и приспособления (вид и марку). Также обязательным является разработка раздела «Контроль качества выполняемых работ», с указанием численных значений контролируемых параметров и обязательной ссылкой на нормативные источники.

В состав разрабатываемых организационно-технологических решений входит:

- разработка технологии последовательности выполнения работ подготовительного и основного этапов усиления поврежденной конструкции;
- организация контроля качества выполняемых работ, обеспечения их безопасного производства и охраны труда работающих.

1. Подготовительный этап работ.

На подготовительном этапе работ необходимо выполнить подробное описание подготовительных мероприятий, обеспечивающих:

безопасность проведения работ;

доступ к усиливаемой конструкции;

полное «включение» усиливающего элемента (обоймы) в работу, а именно:

- с использованием каких технологий и с помощью каких инструментов производится снятие отделочных слоев (окрасочные, оклеечные покрытия; штукатурные слои и др.) с усиливаемой конструкции. Каким образом и с использованием каких нормативно-технических документов производится контроль качества каждого из этапов подготовительных работ;

- какие технологии позволяют обеспечить максимальное сцепление бетона конструкции усиления (железобетонной обоймы) к усиливаемой конструкции простенка по всей площади их контакта. Необходимо привести подробное описание технологического процесса (какие материалы и инструменты при этом используются), а также каким образом обеспечивается контроль качества выполняемых работ.

2. Основной этап работ

На основном этапе работ необходимо описать последовательность устройства железобетонной обоймы:

- каким образом устанавливается, и какая используется опалубочная система;
- каким образом выполняется арматурный каркас и обеспечивается его фиксация относительно усиливаемого элемента;
- каким образом выполняется укладка бетонной смеси и ее последующее уплотнение, каким образом выполняется контроль качества уплотнения бетонной смеси и ее равномерного распределения по сечению обоймы
- какие мероприятия предусмотрены по уходу за уложенной смесью, когда возможна распалубка конструкции.

3. Работы по гидроизоляции, утеплению и обратной засыпке ,устройство отмосток .

Список источников

1. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М. 2014.
2. СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии». Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. М., 2012.
3. ГОСТ 9.402-2004 «Единая система защиты от коррозии и старения». М. 2006.
4. Пособие по расчету усиления поврежденных конструкций. Соколов Б.С., Антаков А.Б..
5. СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. М., 2012
6. СП 48.13330.2011 «Организация строительства». Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. М.,
7. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции». Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.
8. МДС 12-29.2006 «Методические рекомендации по разработке и оформлению технологической карты». М. ЦНИИОМТП, 2006.
9. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003”. М., 2013.
10. СП 28.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) «Защита строительных конструкций от коррозии»

Категории технического состояния конструктивных элементов [1]

1. **Нормативное техническое состояние:** Категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.
2. **Работоспособное техническое состояние:** Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.
3. **Ограниченно-работоспособное техническое состояние:** Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).
4. **Аварийное состояние:** Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

Приложение 2
Классификация сред эксплуатации [10]

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
1 Среда без признаков агрессии		
ХО	Для бетона без арматуры и закладных деталей: все среды, кроме воздействия замораживания-оттаивания, истирания или химической агрессии. Для железобетона: сухая	Конструкции внутри помещений с сухим режимом эксплуатации
2 Коррозия арматуры вследствие карбонизации		
XC1	Сухая и постоянно влажная среда	Конструкции помещений в жилых домах, за исключением кухонь, ванных, прачечных. Бетон постоянно под водой
XC2	Влажная и кратковременно сухая среда	Поверхности бетона, длительно смачиваемые водой. Фундаменты
XC3	Умеренно влажная среда (влажные помещения, влажный климат)	Конструкции, на которые часто или постоянно воздействует наружный воздух без увлажнения атмосферными осадками. Конструкции под навесом. Конструкции внутри помещений с высокой влажностью (общественные кухни, ванные, прачечные, крытые бассейны, помещения для скота)
XC4	Переменное увлажнение и высушивание	Наружные конструкции, подвергающиеся действию дождя
3 Коррозия вследствие действия хлоридов (кроме морской воды)		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру или закладные детали, подвергается действию хлоридов, включая соли, применяемые как антиобледенители, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		
XD1	Среда с умеренной влажностью	Конструкции, подвергающиеся воздействию аэрозоля солей хлоридов
XD2	Влажный и редко сухой режим эксплуатации	Плавательные бассейны. Конструкции, подвергающиеся воздействию промышленных сточных вод, содержащих хлориды
XD3	Переменное увлажнение и высушивание	Конструкции мостов, подвергающиеся обрызгиванию растворами противогололедных реагентов. Покрытие дорог. Перекрытия парковок
4 Коррозия, вызванная действием морской воды		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру или закладные детали, подвергается действию хлоридов из морской воды или аэрозолей морской воды, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		
XS1	Воздействие аэрозолей, но без прямого контакта с морской водой	Береговые сооружения
XS2	Под водой	Подводные части морских сооружений
XS3	Зона прилива и отлива, обрызгивания	Части морских сооружений в зоне переменного уровня воды
Примечание – Для морской воды с различным содержанием хлоридов требования к бетону указаны в таблице Г.1		

Приложение 3
Требования к бетонам в зависимости от классов сред эксплуатации [10]

Требования к бетонам	Классы сред эксплуатации																	
	Неагрессивная среда	Карбонизация				Хлоридная коррозия							Замораживание – оттаивание ¹⁾	Химическая коррозия				
						Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
Индексы сред эксплуатации																		
	ХО	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Минимальный класс по прочности В	15	25	30	37	37	37	45	45	37	45	45	37	37	37	37	37	37	45
Минимальный расход цемента, кг/м ³	–	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Минимальное воздухо-содержание, %	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0	4,0	4,0	–	–	–
Прочие требования	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	Заполнитель с необходимой морозостойкостью				Сульфатостойкий цемент ²⁾		
Приведенные в колонках требования назначаются совместно с требованиями, указанными в следующих таблицах	–	Д.2, Ж.5				Г.1, Д.2			Г.1, Д.2				Ж.1			В.1 – В.5, Д.2		

¹⁾ Для эксплуатации в условиях попеременного замораживания – оттаивания бетон должен быть испытан на морозостойкость.

²⁾ Когда содержание SO₄²⁻ соответствует XA2 и XA3, целесообразно применение сульфатостойкого цемента.

³⁾ Значения величин в данной таблице относятся к бетону на цементе класса СЕМ I по ГОСТ 30515 и заполнителе с максимальной крупностью 20–30 мм.

Ориентировочное соответствие показателей проницаемости бетона [10]

Марка бетона по водонепроницаемости	Коэффициент фильтрации, см/с	Коэффициент диффузии для углекислого газа, см ² /с	Коэффициент диффузии для хлоридов, см ² /с	Водоцементное отношение В/Ц, не более
W4	Свыше $2 \cdot 10^{-9}$ до $7 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-4}$	–	0,6
W6	Свыше $6 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-9}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	–	0,55
W8	Свыше $1 \cdot 10^{-10}$ до $6 \cdot 10^{-10}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	Свыше $1 \cdot 10^{-8}$ до $5 \cdot 10^{-8}$	0,45
W10–W14	Свыше $5 \cdot 10^{-11}$ до $1 \cdot 10^{-10}$	$0,15 \cdot 10^{-4}$	Свыше $5 \cdot 10^{-9}$ до $1 \cdot 10^{-8}$	0,35
W16–W20	Менее $5 \cdot 10^{-11}$	$0,02 \cdot 10^{-4}$	Менее $5 \cdot 10^{-9}$	0,3

Требования к бетону конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур [10]

Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости, не ниже
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	
I Попеременное замораживание и оттаивание: а) в водонасыщенном состоянии при действии морской воды (приливная зона, действие соленых брызг, волн и т.п.), минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов (дорожные, аэродромные покрытия, тротуарные плиты, лестничные марши и др.) б) в водонасыщенном состоянии при действии пресных вод (опоры мостов на реках, речные гидротехнические сооружения и т.п.) в) в условиях эпизодического водонасыщения (например, надземные конструкции, постоянно подвергающиеся атмосферным воздействиям) г) в условиях воздушно-влажного состояния, в отсутствие эпизодического водонасыщения (например, конструкции, постоянно подвергающиеся воздействию окружающего воздуха, но защищенные от воздействия атмосферных осадков)	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F1000 (F450)* F800 (F300) F600 (F200) F400 (F100)
	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F300 F200 F150 F100
	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F200 F150 F100 F75
	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F150 F100 F75 F75
	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F200 F150 F100 F50
2 Возможное эпизодическое воздействие температуры ниже 0 °С а) в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой) б) в условиях воздушно-влажного состояния (например, внутри отапливаемых зданий) в период строительства	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	F100 F75 F50 F50

Толщина защитного слоя железобетонных конструкций [9]

N п.п.	Условия эксплуатации конструкций зданий	Толщина защитного слоя бетона, мм, не менее
1	В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	20
2	В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25
3	На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	30
4	В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	40

Коэффициенты j и $m\varphi$ по высоте сжатых стен и столбов [5]

Гибкость		Коэффициент продольного изгиба φ при упругих характеристиках кладки α						
λ_b	λ_j	1500	1000	750	500	350	200	100
4	14	1	1	1	0,98	0,94	0,9	0,82
6	21	0,98	0,96	0,95	0,91	0,88	0,81	0,68
8	28	0,95	0,92	0,9	0,85	0,8	0,7	0,54
10	35	0,92	0,88	0,84	0,79	0,72	0,6	0,43
12	42	0,88	0,84	0,79	0,72	0,64	0,51	0,34
14	49	0,85	0,79	0,73	0,66	0,57	0,43	0,28
16	56	0,81	0,74	0,68	0,59	0,5	0,37	0,23
18	63	0,77	0,7	0,63	0,53	0,45	0,32	-
22	76	0,69	0,61	0,53	0,43	0,35	0,24	-
26	90	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29	0,2	-
30	104	0,53	0,45	0,39	0,32	0,25	0,17	-
34	118	0,44	0,38	0,32	0,26	0,21	0,14	-
38	132	0,36	0,31	0,26	0,21	0,17	0,12	-
42	146	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,09	-
46	160	0,21	0,18	0,16	0,13	0,1	0,07	-
50	173	0,17	0,15	0,13	0,1	0,08	0,05	-
54	187	0,13	0,12	0,1	0,08	0,06	0,04	-

Примечания
1 Коэффициент φ при промежуточных величинах гибкостей определяется по интерполяции.
2 Коэффициент φ для отношений λ_b , превышающих предельные (9.16 – 9.20), следует принимать при определении φ (7.7) в случае расчета на внецентренное сжатие с большими эксцентриситетами.
3 Для кладки с сетчатым армированием величины упругих характеристик, определяемые по формуле (4), могут быть менее 200.

*упругую характеристику принимаем $\alpha = 1000$

Расчетные сопротивления каменной кладки сжатию [5]

Марка кирпича или камня	Расчетные сопротивления R , МПа, сжатию кладки из кирпича всех видов и керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм при высоте ряда кладки 50 – 150 мм на тяжелых растворах									
	при марке раствора								при марке раствора	
	200	150	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
300	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,8	1,7	1,5
250	3,6	3,3	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,5	1,3
200	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,0
150	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8
125	-	2,2	2,0	1,9	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,7
100	-	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6
75	-	-	1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5
50	-	-	-	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,35
35	-	-	-	0,9	0,8	0,7	0,6	0,45	0,4	0,25

Примечание – Расчетные сопротивления кладки на растворах марок от 4 до 50 следует уменьшать, применяя понижающие коэффициенты: 0,85 – для кладки на жестких цементных растворах (без добавок извести или глины), легких и известковых растворах в возрасте до 3 мес.; 0,9 – для кладки на цементных растворах (без извести или глины) с органическими пластификаторами.
Уменьшать расчетное сопротивление сжатию не требуется для кладки высшего качества – растворный шов выполняется под рамку с выравниванием и уплотнением раствора рейкой. В проекте указывается марка раствора для обычной кладки и для кладки повышенного качества.

Расчетные сопротивления сжатию бутовой кладки из рваного бута[5]

Марка рваного бутового камня	Марка раствора						Прочность раствора, МПа	
	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевая
1000	2,5	2,2	1,8	1,2	0,8	0,5	0,4	0,33
800	2,2	2,0	1,6	1,0	0,7	0,45	0,33	0,28
600	2,0	1,7	1,4	0,9	0,65	0,4	0,3	0,22
500	1,8	1,5	1,3	0,85	0,6	0,38	0,27	0,18
400	1,5	1,3	1,1	0,8	0,55	0,33	0,23	0,15
300	1,3	1,15	0,95	0,7	0,5	0,3	0,2	0,12
200	1,1	1,0	0,8	0,6	0,45	0,28	0,18	0,08
150	0,9	0,8	0,7	0,55	0,4	0,25	0,17	0,07
100	0,75	0,7	0,6	0,5	0,35	0,23	0,15	0,05
50	-	-	0,45	0,35	0,25	0,2	0,13	0,03
35	-	-	0,36	0,29	0,22	0,18	0,12	0,02
25	-	-	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,02

Примечания:

1. Для промежуточных марок камня расчетные сопротивления принимаются по интерполяции;
2. Расчетные сопротивления для бутовой кладки даны в возрасте 3 мес. для марок раствора 4 и более. При этом марка раствора определяется в возрасте 28 дн. Для кладки в возрасте 28 дн. расчетные сопротивления, приведенные в табл. 2.8, для растворов марки 4 и более следует принимать с коэффициентом 0,8;
3. Для кладки из постелистого бутового камня расчетное сопротивление умножается на коэффициент 1,5;
4. Расчетное сопротивление бутовой кладки фундаментов, засыпанных со всех сторон грунтом, повышается: на 0,1 МПа – при кладке с последующей засыпкой пазух котлована грунтом; на 0,2 МПа – при кладке в траншеях «в распор» с непролутым грунтом, а также после длительного уплотнения засыпанного в пазухи грунта (при надстройках). Повышение расчетного сопротивления бутовой кладки не распространяется на зимнюю бутовую кладку, выполняемую методом замораживания на растворах со специальными химическими добавками.

Коэффициенты снижения несущей способности кладки стен, столбов и простенков, поврежденных вертикальными трещинами, при стабилизации развития трещин и деформаций конструкций

по А.Н. Мальганову, В.С. Плевкову

«Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений»

№ п/п	Характер повреждения кладки стен, столбов и простенков	K _{тр} для кладки	
		неармированной	армированной
1	Трещины в отдельных камнях	1	1
2	Волосные трещины, пересекающие не более двух рядов кладки, длиной 15–18 см	0,9	1
3	То же, при пересечении не более четырёх рядов кладки длиной до 30–35 см при количестве трещин не более трех на 1 м ширины (толщины) стены, столба или простенка	0,75	0,9
4	То же, при пересечении не более восьми рядов кладки длиной до 60–65 см при количестве трещин не более четырех на 1 м ширины (толщины) стены, столба или простенка	0,5	0,7
5	То же, при пересечении не более восьми рядов кладки длиной более 60–65 см (расслоение кладки) при количестве трещин более четырёх на 1 м ширины простенков, стен и столбов	0	0,5
Примечание. Несущие столбы сечением 0,64 x 0,64 м и менее при наличии повреждения, указанных в п. 3, 4 и 5 табл. 1, должны усиливаться независимо от результатов расчёта.			

Приложение 11

Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы. [10]

Вид сопротивления	Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R _b и R _{bt} , МПа при классе бетона по прочности на сжатие								
	B7,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50
Сжатие осевое, R _b	4,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5
Растяжение осевое, R _{bt}	0,35	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60

Приложение 12

Расчетные значения сопротивления ненапрягаемой арматуры
для предельных состояний первой группы [10]

Арматура классов	Расчетные значения сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа		
	растяжению		сжатию, R_{sc}
	продольной, R_s	поперечной (хомутов и отогнутых стержней), R_{sw}	
A240	210	170	210
A400	350	280	350
A500	435	300	435
B500	435	300	415

Приложение 13

Сортамент арматуры

Номин. диаметр стержня, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, мм ² , при числе стержней									Теор. масса 1 м длины армат., кг	Диаметр арматуры классов	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		A240, A400, A500	B500
3	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	0,052	-	+
4	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113	0,092	-	+
5	19,6	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7	0,144	-	+
6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222	+	+
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395	+	+
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617	+	+
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888	+	+
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208	+	-
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578	+	-
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998	+	-
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466	+	-
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984	+	-
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84	+	-
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3685	4310	4926	5542	4,83	+	-
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6,31	+	-
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,99	+	-
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865	+	-

Примечания:

1. Знак "+" означает наличие диаметра в сортаменте для арматуры данного класса.

Исходные данные для самостоятельной работы

№ ва р п/п	Техничес. состояние бутовой кладки	Техничес. состояние кладки	Коэфф-нт филтра- ции	t н.в. °С	Марка бута	Марка кирпич а	Марка Раствор а	Сечение столба (b x h) мм
1	Работ.	Огр. работ	0,25x10 ⁻⁹	-5	M50	M50	M25	380x380
2	Огр. работ.	Аварийно е	2,00x10 ⁻⁹	-10	M25	M100	M50	380x510
3	Аварийно е	Работ.	0,45x10 ⁻⁹	-15	M35	M35	M10	510x510
4	Аварийно е	Аварийно е	1,85x10 ⁻⁹	-20	M100	M75	M25	510x640
5	Работ.	Аварийно е	0,65x10 ⁻¹⁰	-25	M25	M35	M25	640x640
6	Огр. работ	Работ.	1,65x10 ⁻¹⁰	-30	M35	M50	M50	640x710
7	Работ.	Огр. работ	0,85x10 ⁻¹⁰	-35	M50	M35	M50	710x710
8	Аварийно е	Работ.	1,45x10 ⁻⁹	-40	M100	M50	M25	380x380
9	Огр. работ	Аварийно е	1,05x10 ⁻⁹	-5	M25	M100	M25	380x510
10	Огр. работ	Огр. работ	1,25x10 ⁻⁹	-10	M35	M35	M10	510x510
11	Огр. работ	Аварийно е	0,25x10 ⁻¹⁰	-15	M50	M75	M25	510x640
12	Работ.	Огр. работ	2,00x10 ⁻⁹	-20	M100	M35	M10	640x640
13	Аварийно е	Огр. работ	0,45x10 ⁻⁹	-25	M25	M50	M10	640x710
14	Работ.	Огр. работ	1,85x10 ⁻⁹	-30	M35	M100	M10	710x710
15	Огр. работ	Огр. работ	0,65x10 ⁻⁹	-35	M50	M35	M25	380x380
16	Огр. работ	Работ.	1,65x10 ⁻⁹	-40	M100	M75	M50	380x510
17	Работ.	Огр. работ	0,85x10 ⁻¹⁰	-5	M25	M35	M50	510x510
18	Аварийно е	Работ.	1,45x10 ⁻⁹	-10	M35	M50	M25	510x640
19	Работ.	Аварийно е	1,05x10 ⁻¹⁰	-15	M50	M100	M25	640x640
20	Огр. работ	Работ.	1,25x10 ⁻¹⁰	-20	M100	M35	M50	640x710
21	Аварийно е	Огр. работ	0,25x10 ⁻¹⁰	-25	M25	M75	M25	710x710
22	Работ.	Огр. работ	2,00x10 ⁻¹⁰	-30	M35	M35	M4	380x380
23	Работ.	Огр. работ	0,45x10 ⁻¹⁰	-35	M50	M50	M10	380x510
24	Аварийно е	Работ.	1,85x10 ⁻⁹	-40	M100	M100	M50	510x510
25	Работ.	Огр. работ	0,65x10 ⁻⁹	-5	M25	M35	M10	510x640
26	Аварийно е	Огр. работ	1,65x10 ⁻⁹	-10	M35	M75	M50	640x640
27	Огр. работ	Аварийно е	0,85x10 ⁻⁹	-15	M50	M35	M50	640x710
28	Работ.	Аварийно е	1,45x10 ⁻⁹	-20	M100	M50	M25	710x710
29	Аварийно е	Огр. работ	1,05x10 ⁻¹⁰	-25	M25	M100	M25	380x380
30	Огр. работ	Работ.	1,25x10 ⁻⁴		M35	M35	M10	380x510