

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра оснований, фундаментов, динамики сооружений
и инженерной геологии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к самостоятельному изучению курса «Усиление оснований
и фундаментов» для студентов заочной формы обучения по направлению
подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль)
«Промышленное и гражданское строительство»

Казань

2017

УДК 624.15
ББК 38.58

Учебно-методическое пособие к самостоятельному изучению курса «Усиление оснований и фундаментов» для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль) «Промышленное и гражданское строительство» / И.Ф.Шакиров. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2017г. – 64 с.

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

В учебно-методическом пособии рассмотрены наиболее распространенные современные методы усиления оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений. Пособие содержит варианты заданий и пример расчета для выполнения контрольной работы, а также вопросы для самоконтроля. Предназначено для самостоятельного углубленного изучения теоретического курса «Усиление оснований и фундаментов» и выполнения контрольной работы для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент кафедры ОФДСиИГ

Д.Р. Сафин

Директор ООО НПСФ «Фундаментспецстрой»

Е.М. Хенвен

УДК 624.15
ББК 38.58

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2017
© Шакиров И.Ф., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ПРИЧИНЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ НЕОБХОДИМОСТЬ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ	5
2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ... ..	8
3. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ	15
3.1. Сбор нагрузок для расчета оснований и фундаментов	15
3.2. Расчет оснований и фундаментов по предельным состояниям.....	16
3.3. Определение расчетного сопротивления грунта, уплотненного давлением от существующего здания	16
3.4. Проверка прочности существующего фундамента	17
4. РЕМОНТ И УСИЛЕНИЕ ТЕЛА ФУНДАМЕНТОВ.....	18
4.1. Защита фундаментов от выветривания	18
4.2. Укрепление фундаментов цементацией	19
4.3. Усиление фундаментов бетонными и железобетонными обоймами... ..	20
4.4. Замена разрушившегося фундамента с увеличением глубины заложения	22
5. УВЕЛИЧЕНИЕ ОПОРНОЙ ПЛОЩАДИ ФУНДАМЕНТОВ.....	23
6. УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ СВАЯМИ.....	28
6.1. Набивные и буронабивные сваи	28
6.2. Вдавливаемые многосекционные сваи	31
6.4. Буроинъекционные сваи	33
7. УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ПУТЕМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ	35
8. УСИЛЕНИИ ОСНОВАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБИННЫМ УПЛОТНЕНИЕМ ГРУНТОВ.....	41
9. ПРИМЕР РАСЧЕТА И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	49
<i>Приложение 1</i>	50
<i>Приложение 2</i>	51
<i>Приложение 3</i>	52
<i>Приложение 4</i>	56
<i>Приложение 5</i>	58
<i>Приложение 6</i>	62

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной проблемой всех крупных городов России является реконструкция и восстановление зданий старого фонда. При реконструкции зданий и сооружений одним из важнейших задач является усиление существующих фундаментов и оснований, т.к. при увеличении этажности зданий, изменении конструктивных решений строительных конструкций значительно увеличиваются нагрузки, действующие на фундаменты и их основания. Для оценки несущей способности грунтового основания необходимо уметь определять напряженное состояние в массиве грунта от действия различных дополнительных внешних нагрузок, приложенных к основанию. Наиболее важным при проектировании оснований и фундаментов реконструируемых зданий является правильное определение расчетного (допускаемого) давления на грунты оснований, обжатого длительно действовавшей нагрузкой, а также выбор оптимального варианта усиления фундаментов.

В связи с этим в процессе изучения курса «Усиление оснований и фундаментов» является необходимым приобретение основных представлений о вопросах, возникающих при реконструкции зданий и сооружений, оценке состояния фундаментов зданий, о методах усиления фундаментов и укрепления их оснований. Учебно-методическое пособие составлено с целью оказания помощи студентам при изучении вышеперечисленных вопросов и способствовать умелому применению полученных знаний при инженерном решении задач проектирования усиления оснований и фундаментов.

Одновременно с изучением теоретического материала учебный план предусматривает выполнение студентами контрольной работы, пример выполнения и варианты заданий которой приведены в пособии.

При изучении вопросов усиления оснований и фундаментов рекомендуется пользоваться литературой, приведенной в конце данного учебно-методического пособия.

1. ПРИЧИНЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ НЕОБХОДИМОСТЬ УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

При реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений, надстройке дополнительных этажей, прокладке подземных коммуникаций, возведении новых фундаментов около существующих зданий, а также при развивающейся во времени недопустимой осадке, возникает необходимость в оценке обеспечения фундаментами дальнейшей нормальной эксплуатации сооружений, а в соответствующих случаях – в усилении фундаментов и их оснований.

Выбор способа усиления оснований и фундаментов, организация и технология производства работ по усилению во многом зависит от причин, вызывающих необходимость усиления.

Основными причинами усиления оснований и фундаментов являются:

1. Реконструкция зданий и сооружений в большинстве случаев связана с повышением нагрузок. Увеличение нагрузки на фундаменты и грунты оснований происходит в результате изменений технологических нагрузок, при надстройке зданий, изменениях конструктивного решения и ряде других случаев, возникающих при реконструкции. В результате возрастания нагрузок давление под подошвой фундаментов может превысить расчетное сопротивление грунта основания, а также несущую способность тела фундаментов. Усиление фундамента выполняется в том случае, если отсутствует резерв несущей способности грунтов основания или прочности материала фундамента.

2. Наличие большого физического износа и, как следствие этого, разрушения фундаментов. Основными причинами разрушений тела фундаментов являются: коррозия материала фундаментов под воздействием агрессивной среды, нарушение режима эксплуатации технологического оборудования, динамические воздействия оборудования, перегрузки фундаментов, некачественное выполнение фундаментов. При замачивании фундаментов грунтовыми водами, особенно агрессивными, происходят активные коррозионные процессы, в результате которых в материале фундамента появляются трещины, сколы, изломы, выщелачивание растворов из швов, оголение и активная коррозия арматуры и т.д. Разрушению фундаментов также способствует отсутствие отмостки, попеременное промерзание и оттаивание влаги в теле фундамента. Наиболее часто среди всех недостатков и повреждений встречаются низкая прочность известкового раствора в бутовых фундаментах и его значительное выщелачивание.

Как правило, в большинстве случаев фундаменты зданий имеют достаточно хорошее состояние, и несущая способность материала фундаментов редко требует усиления при реконструкции с увеличением нагрузок. Исследование причин строительных аварий показывает, что ими очень

редко является недостаточная несущая способность материалов фундаментов зданий или их износ.

3. Ухудшение характеристик грунтов основания, связанное с увлажнением грунта (аварийные утечки из коммуникаций, изменение гидрогеологических условий площадки), динамическими и сейсмическими воздействиями, карстово-суффозионными явлениями и др., приводящее к появлению недопустимых осадок и деформаций в конструкциях.

4. Строительство вновь возводимых зданий и сооружений рядом с существующими. При этом происходит:

- дополнительное уплотнение грунта в основании;
- развитие отрицательного трения, действующего на сваи;
- промораживание грунта под фундаментом;
- вымывание грунта из-под фундамента;
- смещение шпунта в сторону котлована;
- выпор грунта в сторону отрываемого котлована;
- уплотнение несвязного грунта динамическими воздействиями (при забивке свай, шпунта, раздроблении мерзлого грунта или старых фундаментов).

Чем тяжелее возводимое сооружение, чем ближе оно расположено к существующему зданию и чем больше сжимаемость грунтов, тем больше осадка и воронка оседания (рис. 1.1).

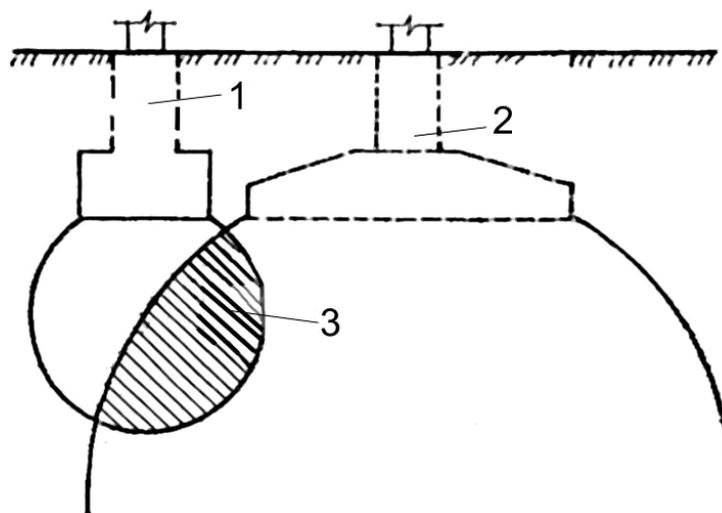


Рис. 1.1. Дополнительное уплотнение грунта в основании: 1 – существующий фундамент; 2 – новый фундамент; 3 – границы зон деформации уплотнения грунта в основании

5. Ошибки, допущенные при инженерно-геологических изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий.

При инженерно-геологических изысканиях могут быть допущены ошибки, связанные с неточностями определения физико-механических и

прочностных характеристик грунтов, с недостаточным числом геологических выработок, с использованием предпосылок о том, что грунты оснований под фундаментами при эксплуатации будут оставаться такими же, какими они были при выполнении изыскательских работ. Иногда инженерно-геологические изыскания проводятся намного раньше строительства и за время до начала производства работ по ряду причин условия могут значительно измениться.

При проектировании ошибки возникают из-за некорректно выполненных инженерно-геологических изысканий, несоблюдения правил проектирования в особых условиях строительства, неполного учета влияния эксплуатационных факторов. К широко распространенным конструктивным ошибкам относятся:

- сохранение в основании насыпных грунтов, способных с течением времени значительно уплотняться и приводить к развитию сверхнормативных деформаций;

- несоблюдение установленной глубины заложения фундаментов, исключающей возможность промерзания пучинистых грунтов под подошвой;

- расположение вновь проектируемых фундаментов под столбы и колонны в непосредственной близости от существующих фундаментов стен без устройства дополнительных конструктивных мероприятий, направленных на предохранения грунтов под подошвой существующих фундаментов от воздействия дополнительного давления;

- устройство вновь проектируемых фундаментов в случаях непосредственного примыкания их к существующим, с глубиной заложения ниже подошвы последних;

- увеличение высоты подвальных помещений за счет выемки грунта, что в ряде случаев приводит к значительному сокращению глубины заложения подошвы фундаментов со стороны подвала;

- перераспределение нагрузок на фундаменты без учета их действительной несущей способности;

- устройство пристроек или увеличения их этажности без достаточных данных о грунтах основания.

При строительстве к ошибкам относятся различные нарушения возведения фундаментов:

- длительный простой открытых котлованов, в результате которого грунты подвергаются воздействиям (промерзание, оттаивание, набухание, размягчение и т.д.), ухудшающим свойства грунтов;

- нарушение структуры грунтов под динамическим воздействием работающих механизмов, что особенно опасно для водонасыщенных пылеватых грунтов;

- засыпка пазух котлованов водопроницаемыми грунтами;

– неточности в разбивке фундаментов и их несоответствие проектным размерам;

– применение бетонов пониженной по сравнению с проектом марки;

– произвольная замена конструкций и материалов;

– некачественное выполнение стыков и сопряжений.

При эксплуатации возможно ухудшение условий работы и возникновение деформаций из-за вымывания, уноса и разжижения грунтов при протечках подземных коммуникаций; систематического замачивания грунтов и фундаментов из-за неудовлетворительного состояния отмостки, тротуаров по периметру здания, неисправного состояния водосточных труб и т.п.

Наличие указанных и подобных им ошибок приводит в дальнейшем к необходимости усиления оснований или фундаментов.

Одной из основных причин появления и развития сверхнормативных деформаций фундаментов являются изменение свойств основания и его недостаточная несущая способность. Наиболее часто изменение свойств грунтов бывает связано с изменением их влажностного режима. Изменение гидрогеологических условий происходит из-за интенсивной застройки территории, нарушающей условия поверхностного стока; увеличения площадей асфальтовых и других покрытий, при которых в связи с изменением теплового режима происходит конденсация и скопление влаги в грунтах; утечки воды из коммуникаций (водопровода, канализации и др.). Как показывает опыт эксплуатации в г. Казани, нередки случаи неравномерных деформаций жилых и общественных зданий, происшедших из-за замачиваний оснований поверхностными водами. Изменение гидрогеологического режима вызывает существенное изменение прочностных и деформационных свойств грунтов. При этом особенно опасно замачивание оснований, сложенных структурно-неустойчивыми, например просадочными, грунтами.

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Проектные решения по усилению оснований и фундаментов должны быть приняты после тщательного обследования реконструируемого здания.

Общие принципы обследования строительных конструкций в основном одинаковы для всех зданий. Обследование проводится поэтапно и включает в себя:

- подготовительные работы (общее знакомство с объектом, изучение технической документации, составление программы обследования);

- натурное освидетельствование конструкций (общий осмотр конструкций, обмеры элементов и узлов, установление геометрической схемы путем геодезической съемки положений конструкций, выявление дефектов и повреждений визуальным осмотром и с помощью инструментов и приборов);

- установление характера и величины действующих нагрузок и воздействий (уточнение, а в случае отсутствия и установление технологических нагрузок, определение атмосферных нагрузок, выявление характера и степени агрессивности воздействий на конструкции среды помещений, а также природно-климатических факторов);

- оценку физико-механических характеристик материалов конструкций (выявление на основе проектной и исполнительной документации характеристик материала, определение механических характеристик материалов неразрушающими методами, отбор, в случае необходимости, образцов из обследуемых конструкций и испытание их в лабораторных условиях);

- установление фактической расчетной схемы (выявление на основе проектной документации принятой при проектировании расчетной схемы, установление реальной работы конструкций, составление фактической расчетной схемы);

- выполнение поверочных расчетов (определение усилий в обследуемых элементах, сопоставление полученных расчетных усилий в конструкциях с их фактической несущей способностью);

- анализ результатов обследования и составление технического заключения (общий анализ результатов обследования, формулирование выводов и рекомендаций по усилению и дальнейшей эксплуатации конструкций).

Результаты обследования позволяют произвести анализ и выявить факторы, определяющие состояние конструкций, а также наиболее характерные повреждения, возникшие в процессе эксплуатации.

Своевременное установление причин и степени опасности дефектов и разрушений конструкций позволяют разработать эффективные способы по ремонту и усилению, обеспечивающие необходимые требования по долговечности и надежности дальнейшей работы элементов.

В результате обследования выявляется состояние грунтов основания и фундаментов, характер и величины их осадок за период эксплуатации.

Сбор исходных данных включает в себя изучение сведений по истории возведения здания или сооружения, проектной документации, материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет, имеющих дефектов и повреждений осадочного происхождения в близлежащих строительных объектах, материалов инженерных мероприятий, проводимых в пределах площадки или района.

Предварительная оценка состояния оснований и фундаментов производится по состоянию надземных конструкций, по характеру развития осадок во времени, наличию повреждений, возникших при неравномерной осадке здания (рис. 2.1).

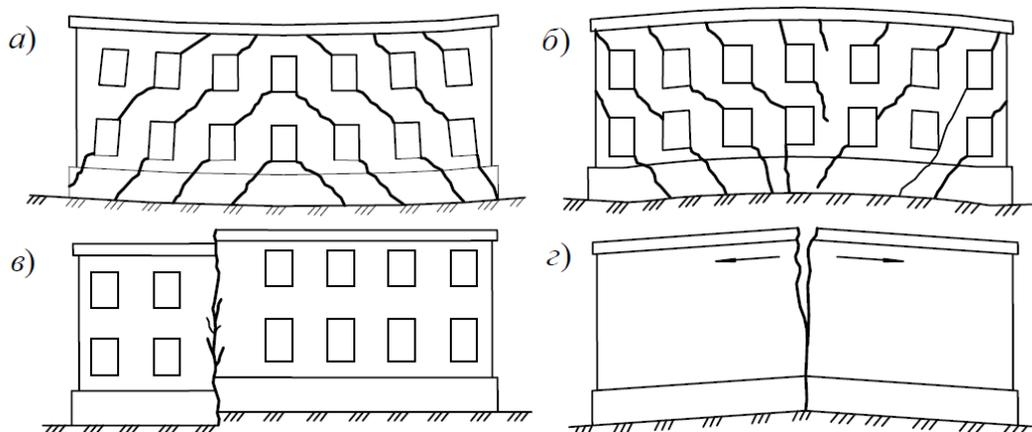


Рис. 2.1. Трещины в каменных стенах при: *а* – осадке средней части здания; *б* – осадке крайних частей здания; *в* – просадке части здания; *г* – разломе здания

В процессе предварительного обследования устанавливаются:

- состояние отмостки по периметру здания;
- функционирование дренажной системы, места утечки воды;
- изменения в планировке близлежащей территории, наличие в не посредственной близости от здания выработок, траншей, а также сооружений, вызывающих дополнительную пригрузку основания (пристройки, насыпи и т. д.).

Деформации грунтов основания и неисправность фундаментов устанавливаются в процессе визуального осмотра надземных строительных конструкций по косвенным признакам.

Признаками деформации грунтов основания являются:

- крен какой-либо стены или всего здания в целом;
- наклонные или вертикальные трещины в стенах;
- трещины в швах стеновых панелей и панелей перекрытий;
- отрыв наружных стен от внутренних;
- искривление рядов кладки, карниза, цоколя;
- перекосы и смещения опор лестничных площадок и маршей;
- заклинивание дверей и ворот вследствие перекоса проемов;
- наклоны и перекосы колонн, ферм и других конструкций каркаса;
- трещины, разрывы и другие повреждения в узлах соединения элементов несущих конструкций;
- раскрытие или сужение деформационных швов, меняющееся по высоте здания.

Обычно сооружения подвергаются одновременно различным деформациям.

До начала обследования фундаментов производится измерения деформаций строительных конструкций от вертикальных (осадки, просадки, перекосы) и горизонтальных (сдвиги) перемещений и кренов. Трещины, обнаруженные в стенах и фундаментах, наносятся на чертежи здания. Неравномерные осадки здания или прогибы фундаментов определяются нивелированием.

По результатам анализа деформаций строительных конструкций намечают места вскрытия фундаментов, а также места бурения геологических скважин.

Детальное обследование фундаментов производится из шурфов. Шурфы отрывают ниже подошвы фундамента на 0,5 м, с увеличением глубины заложения фундаментов площадь шурфов в плане увеличивается. Количество шурфов зависит от целей обследования и размеров обследуемого здания. Обязательна закладка шурфов в местах деформации стен и подвалов, одновременно шурфы закладывают в наиболее нагруженной части здания и в каждой секции, в местах установки дополнительных промежуточных опор. Шурфы отрывают рядом с обследуемыми фундаментами. Если здание с подвалом, то шурфы закладывают внутри здания с целью уменьшения земляных работ.

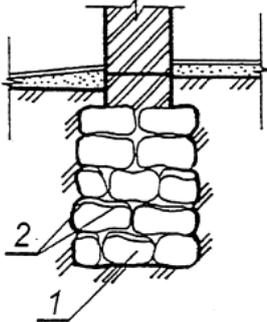
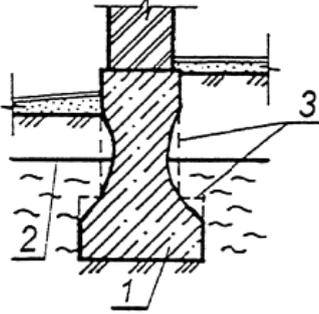
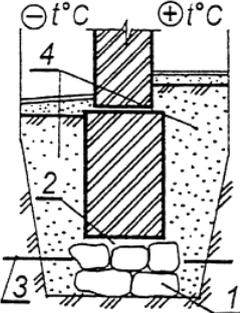
Если деформации здания обусловлены аварийным состоянием оснований и фундаментов, то шурфы обычно закладывают в аварийной зоне. Целесообразно производить обследование фундаментов и вне этой зоны с тем, чтобы можно было сравнить результаты.

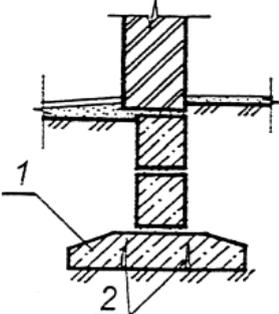
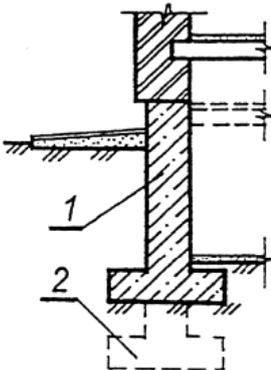
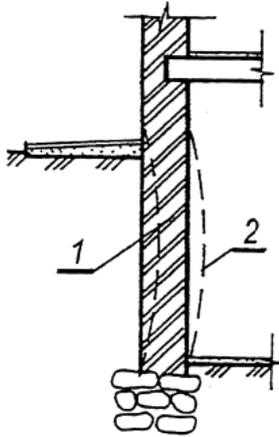
При реконструкции зданий и сооружений обследуются фундаменты всех характерных стен и колонн. При частичной надстройке работы по обследованию фундаментов производят на участке застройки. В качестве дополнительных точек обследования назначаются места резкого изменения высоты здания, изменения глубины заложения фундаментов и т.п.

В процессе детального обследования фундаментов в шурфах определяют геометрические параметры фундамента, прочностные характеристики материала фундамента, наличие дефектов и повреждений, а также отбирают пробы грунта из-под подошвы фундамента для определения физико-механических характеристик грунтов основания. Пробы материалов фундаментов для лабораторных испытаний отбирают в случаях, когда их прочность является решающей при определении возможности дополнительной нагрузки. Прочность материала фундаментов, как правило, определяется неразрушающими способами. Характерные дефекты и повреждения фундаментов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1.

Характерные дефекты и повреждения фундаментов

Наименование дефектов и повреждений	Причины появления дефектов и повреждений
1	2
<p>Расслоение бутовой кладки</p>  <p>1 – бутовая кладка; 2 – места расслоения бутовой кладки</p>	<p>Отсутствие перевязки каменной кладки. Потеря прочности раствора кладки (длительная эксплуатация, систематическое замачивание, воздействие агрессивной среды и др.). Перегрузка фундамента (надстройка здания, замена несущих конструкций и др.).</p>
<p>Разрушение боковых поверхностей фундамента</p>  <p>1 – существующий бетонный фундамент; 2 – положение уровня подземных вод (УПВ); 3 – места разрушения фундамента</p>	<p>Воздействие агрессивной среды на фундамент (утечка в основание производственных химических растворов, поднятие УПВ и др.). Отсутствие защитных гидроизоляционных покрытий у фундамента.</p>
<p>Разрыв фундамента по высоте</p>  <p>1 – опорная часть фундамента; 2 – место разрыва фундамента; 3 – отметка глубины сезонного промерзания; 4 – засыпка пазух фундамента</p>	<p>Морозное пучение при неправильном устройстве фундамента (использование для засыпки пазух смерзающего грунта, подтопление при поднятии УПВ, замачивание и др.)</p>

1	2
<p>Трещины в плитной части фундамента</p>  <p>1 – железобетонная опорная плита ленточного фундамента; 2 – трещины в плитной части фундамента</p>	<p>Перегрузка фундамента (надстройка здания, замена несущих строительных конструкций или технологического оборудования и др.). Недостаточная площадь сечения рабочей арматуры</p>
<p>Недопустимые деформации основания фундамента</p>  <p>1 – положение фундамента до деформации; 2 – то же после деформации</p>	<p>Недостаточная опорная площадь подошвы фундамента. Аварийное замачивание грунтов основания. Дополнительное нагружение надфундаментных конструкций. Наличие в основании сильносжимаемых грунтов</p>
<p>Деформация фундаментной стены здания</p>  <p>1 – положение фундамента до деформации; 2 – то же после деформации</p>	<p>Потеря прочности кирпичной кладки фундаментной стены. Дополнительная загрузка поверхности основания в непосредственной близости от здания. Морозное пучение грунта при неправильной эксплуатации подвального помещения здания</p>

Задачей инженерно-геологических изысканий является определение физико-механических характеристик грунтов полевыми или лабораторными методами, составление общего геологического разреза основания; выявление гидрогеологического режима и химического состава подземных вод; определение свойств грунтов под подошвой фундаментов; определение возможности использования грунтов в качестве основания под реконструируемое здание. Исследованию подлежат грунты сжимаемой толщи, находящиеся как в естественном состоянии за пределами контура существующего фундамента, так и под его подошвой. В шурфах и скважинах определяют наличие и уровень грунтовых вод, степень их агрессивности по отношению к материалам подземных конструкций.

Для структурно-неустойчивых грунтов (просадочных, вечномерзлых, илистых и др.) определяют дополнительные характеристики в соответствии со спецификой этих грунтов.

По результатам обследования составляют техническое заключение, включающее в себя:

- исходные данные для работ по обследованию и техническую характеристику предполагаемой реконструкции;
- описание общего состояния здания по внешнему осмотру, наличие трещин;
- планы несущих конструкций, планы и рабочие чертежи существующих фундаментов с деталями и всеми размерами, в т.ч. глубиной их заложения;
- данные о нагрузках, действовавших на фундаменты;
- сведения о деформациях и осадках фундаментов, результаты нивелировки цоколя и окон первого этажа;
- данные о дополнительных нагрузках на здание или сооружение и распределении их по отдельным фундаментам;
- описание состояния гидроизоляции фундаментов и наличия химической защиты (для предприятий химической промышленности);
- сведения о материале фундаментов и плотности бетона по водопрооницаемости;
- обобщение архивных материалов инженерно-геологических изысканий, а также имевшихся данных о свойствах грунтов оснований;
- описание шурфов и скважин;
- геологические разрезы по основным линиям расположения несущих конструкций;
- физико-механические характеристики грунтов оснований;
- данные об уровнях подземных вод, их колебании в осенне-весенний период;
- сведения о характере агрессивности подземных вод;

- проверочные расчеты существующих и ожидаемых давлений на грунты оснований;
- фотографии фасадов, дефектов и повреждений в конструкциях;
- выводы и рекомендации.

При разработке рекомендаций рассматриваются различные варианты усиления оснований и фундаментов в конкретных инженерно-геологических условиях с учетом конструктивных особенностей здания или сооружения. Предпочтение отдается тому варианту, который является наиболее экономичным и технически целесообразным.

3. ПОВЕРОЧНЫЕ РАСЧЕТЫ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

3.1. Сбор нагрузок для расчета оснований и фундаментов

Условия расчета нагрузок определяются конструктивной схемой здания. Характер конструктивной схемы жилого здания зависит от расстояния между поперечными стенами. В зданиях с жесткой конструктивной схемой стены и колонны рассчитываются на центральное сжатие, а в зданиях с гибкой конструктивной схемой – на внецентренное сжатие.

При гибкой конструктивной схеме изгибающие моменты M определяют как алгебраическую сумму моментов от всех сил, умноженных на фактический эксцентриситет относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента. Сила от плит перекрытия принимается приложенной от внутренней грани стены на расстоянии, равном $1/3$ величины заделки плиты перекрытия (рис.3.1). Сбор нагрузок на ленточный фундамент производится на 1 п.м. фундамента. Нагрузки рассчитываются до и после реконструкции здания.

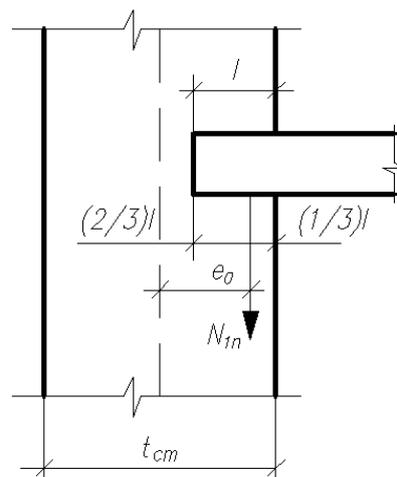


Рис. 3.1. Схема к определению эксцентриситета e_0

Определяется дополнительная нагрузка на основание, возникающая при реконструкции здания:

$$N_{II}^{\text{доп}} = N_{II} - N_{II}^{\text{сущ}} \quad (3.1)$$

Давления на грунты оснований для каждого участка рассчитывают по следующим формулам:

- для зданий с жесткой конструктивной схемой:

$$P = \frac{N_1 + N_{nn} + N_{cn} + N_{\phi}}{b \cdot l_{np}}; \quad (3.2)$$

– для зданий с гибкой конструктивной схемой

$$P_{\min}^{\max} = \frac{N_1 + N_{nn} + N_{cn} + N_{\phi}}{b \cdot l_{np}} \pm \frac{6M}{b^2 l_{np}}; \quad (3.3)$$

где N_1 – нормативная нагрузка от всех лежащих выше этажей; N_{nn} – вес первого снизу перекрытия; N_{cn} – вес стены подвала или первого этажа; N_{ϕ} – вес фундамента; b – ширина подошвы фундамента; l_{np} – расстояние между осями соседних окон (расчетная длина стены); M – момент сил N_1 , N_{nn} , N_{cn} и N_{ϕ} , с фактическим эксцентриситетом относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести сечения подошвы стены.

3.2. Расчет оснований и фундаментов по предельным состояниям

Решение о необходимости усиления оснований и фундаментов принимают на основании поверочных расчетов, выполненных по двум группам предельных состояний.

I группа – проверка прочности конструкций фундамента, несущей способности основания.

II группа – расчет дополнительной осадки здания, в т.ч. неравномерной в изменившихся условиях.

Проверка несущей способности грунтов основания производится в следующих случаях:

- на основание предполагается передать значительные горизонтальные нагрузки;
- фундаменты в результате изменения планировки прилегающей территории (откопка котлованов, траншей) будут находиться на бровке откоса;
- увеличение нагрузки на основание, сложенное слабыми водонасыщенными глинистыми или заторфованными грунтами, при $Sr \geq 0,8$;
- пригрузка основания с различных сторон фундамента неодинакова, причем интенсивность большей из них превышает расчетное сопротивление R ;
- основание сложено скальными грунтами.

Расчет по второй группе предельных состояний (по деформациям) для оснований реконструируемых зданий производится во всех случаях, когда в изменившихся условиях может произойти дополнительная осадка. Расчет по деформациям производится из условия:

$$S \leq S_u \quad (3.4)$$

Осадки основания рассчитывают с учетом ограничения давления p под подошвой фундамента, а также по кровле слабого подстилающего слоя расчетным сопротивлением грунта R из условия:

$$p \leq R \quad (3.5)$$

3.3. Определение расчетного сопротивления грунта, уплотненного давлением от существующего здания.

Расчетное сопротивление грунта с учетом уплотнения под длительной нагрузкой определяется по формуле:

$$R' = m_s k_s R, \quad (3.6)$$

где $m_s = f(P_0/R)$ – коэффициент, учитывающий изменение физико-механических свойств грунтов оснований за период эксплуатации, приведена в табл. П.2.1 приложения 2;

$k_s = f(S_R/S_u^{max})$ – коэффициент, определяемый отношением расчетной осадки к предельно допустимой осадке, приведена в табл. П.2.2 прил. 2,

где S_R – величина осадки при давлении по подошве, равном значению R ;

S_u^{max} – предельная осадка для данного вида здания, приведена в П.6.1 приложения 6 (табл. Д.1 СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»).

3.4. Проверка прочности существующего фундамента

Прочность существующих фундаментов при реконструкции проверяют на расчетные нагрузки по I группе предельных состояний.

Прочность фундамента обеспечивается при условиях:

$$\sigma_{\max}^f < R_f \text{ и } \sigma_{\min}^f < 0, \quad (3.7)$$

где R_f – расчетное сопротивление материала фундамента сжатию, для каменных фундаментов определяется по СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции», бетонных и железобетонных фундаментов – по СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Достаточность площади сечений рабочей арматуры подошвы фундамента определяется из расчета на изгиб консольного выступа фундамента по формуле:

$$A_s = \frac{M}{0,9h_0R_s} \quad (3.8)$$

Кроме этого производятся расчеты на смятие, продавливание, раскалывание, по поперечной силе и т.д. аналогично расчетам при проектировании новых фундаментов, но с учетом снижения прочностных характеристик материала фундамента за период эксплуатации здания.

4. РЕМОНТ И УСИЛЕНИЕ ТЕЛА ФУНДАМЕНТОВ

4.1. Защита фундаментов от выветривания

Защита фундаментов от выветривания выполняется при физико-механическом и химическом выветривании материала фундаментов, когда процессами выветривания кладка затронута неглубоко и нет сквозных трещин в фундаментах. Обычно это бывает, если фундаменты выполнены из бутовой или кирпичной кладки, обладающей невысокой прочностью и водостойкостью. Химическое выветривание может происходить при недостаточной стойкости цемента или заполнителя против агрессивных свойств среды.

При восстановлении поверхности фундаментов применяют оштукатуривание цементным раствором (торкретирование). Торкретирование выполняют путем нанесения под давлением цементного раствора на поверхность конструкции (рис. 4.1).

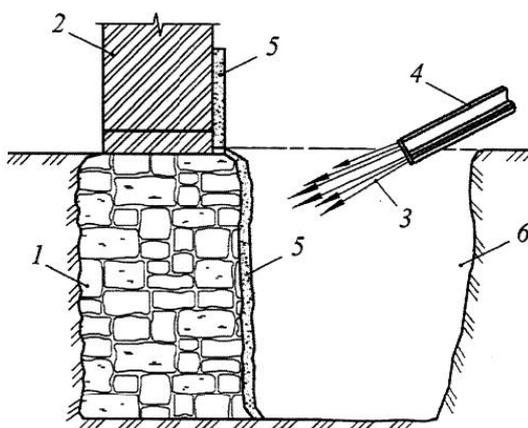


Рис. 4.1. Закрепление кладки ленточных фундаментов: 1 – существующий фундамент, имеющий расслоение бутовой кладки; 2 – набрызг бетонной смеси под высоким давлением; 3 – торкретированная поверхность фундамента; 4 – торкрет-машина для набрызга бетонной смеси; 5 – кирпичная стена; 6 – вскрытая пазуха фундамента

Перед торкретированием поверхность конструкции должна быть тщательно очищена стальными щетками или пескоструйным аппаратом, продута сжатым воздухом и промыта водой под давлением.

Торкретирование рекомендуется выполнять по металлической сетке, укрепленной на боковой поверхности фундаментов с ячейками размером 5–10 см при диаметре проволоки около 5 мм. Сетку привязывают вязальной проволокой к анкерам диаметром 8–10 мм, заделанным в конструкции на 15–25 см. Расстояние между анкерами принимают 50–80 см.

Торкрет наносят под давлением 0,4–0,6 МПа толщиной 20–40 мм в 2–3 слоя полосами шириной 1–1,65 м сверху вниз. Каждый последующий слой наносят после схватывания предыдущего.

4.2. Укрепление фундаментов цементацией

Если материал фундамента находится в неудовлетворительном состоянии (механические повреждения, наличие осадочных трещин, расслоение и растрескивание тела фундамента и т.д.), его целесообразно укрепить путем инъекции цементного раствора.

Цементация фундамента выполняется путем бурения с поверхности и из первого или подвального этажа в кладке фундамента скважин и нагнетания через них в пустоты фундамента цементного раствора. Скважины бурят перфораторами или малогабаритными буровыми станками диаметром от 20 до 100 мм на расстоянии 50–100 см одна от другой, на глубину примерно $\frac{2}{3}$ толщины фундамента. В скважины вставляют инъекционные трубы, через которые нагнетается цементный раствор. Инъекторы в устьях скважин заделывают густым раствором на глубину 10 см. Цементация производится цементными растворами консистенции от 1:1 до 1:2 и более под давлением 0,2...0,6 МПа (рис. 4.2.). Через один инъектор заполняется пространство диаметром 0,6...1,2 м.

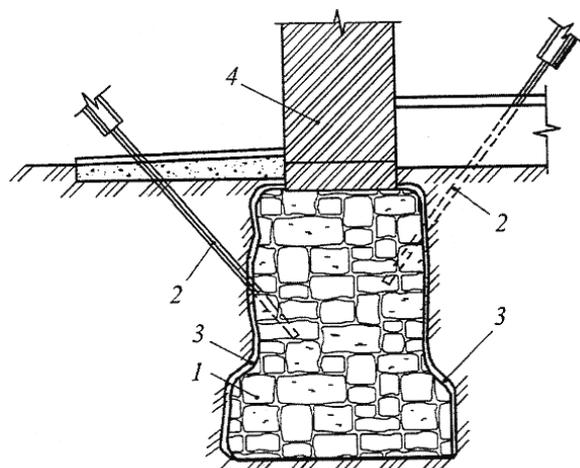


Рис. 4.2. Закрепление цементной кладки фундамента цементацией: 1 – усиливаемый фундамент; 2 – инъекторы для нагнетания жидкого цементного раствора; 3 – наплывы раствора; 4 – кирпичная стена

Обычно число мест инъекции зависит от степени разрушения кладки фундаментов. Работы по укреплению целесообразно вести захватками длиной 2,0...2,5 м. Для отдельно стоящих фундаментов пробивают не менее двух отверстий с каждой стороны. Иногда для уменьшения расхода

раствора боковые поверхности фундамента перед цементацией покрывают цементной штукатуркой.

После пробных испытаний следует откопать опытные участки, проверить результаты и уточнить технологию работ, состав работ и прочие мероприятия.

Ремонт тела фундаментов можно также выполнить материалами на основе полимеров. Способ основан на использовании полимербетонов, полимерных растворов и мастик для заделки трещин в теле фундаментов и инъектирования их внутрь. Для заделки трещин шириной 2 мм и более и раковин глубиной менее 50 мм используются полимеррастворы и полимермастики. Если разрушения более значительны и имеются обнажения арматуры, восстановление выполняют полимербетоном или полимерраствором, нанесением торкретбетона. При наличии пустот, трещин и других дефектов внутри тела для укрепления его используют инъекционное лечение полимерными смесями смол с отвердителями. В связи с высокой стоимостью смол их применение ограничивается небольшими объемами дефектов.

4.3. Усиление фундаментов бетонными и железобетонными обоймами.

Кладка фундамента обычно разрушается в агрессивной среде. В результате из-за снижения прочности раствора бутовой кладки фундамент перестает выполнять свое назначение и надземные конструкции получают значительные деформации. Если процессы выветривания захватили фундамент на всю толщину, необходимо либо зацементировать кладку, укрепив тем самым существующий фундамент, либо выполнить обойму, восстановив несущие функции фундамента.

Обоймы фундаментов могут выполняться как без увеличения площади подошвы, так и с ее уширением. По материалу они могут быть бетонными и железобетонными. Для обеспечения хорошего сцепления бетона обоймы с фундаментом поверхность его очищают и дополнительно обрабатывают, нанося насечки или устраивая штрабы. При необходимости дополнительного увеличения сцепления обоймы с фундаментом ее анкеруют путем установки в просверленные в теле фундамента отверстия анкерных стержней.

В ленточных фундаментах противоположные стенки обоймы крепят между собой анкерами или поперечными балками (рис. 4.3).

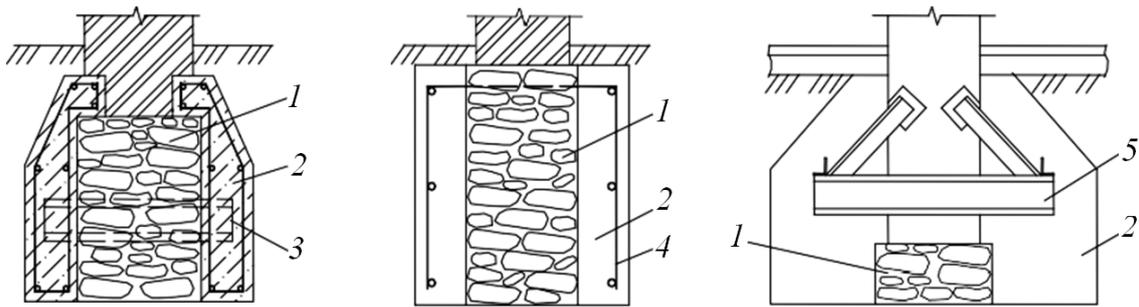


Рис. 4.3. Варианты усиления бутовых фундаментов обоймами: а – с креплением их балками и штрабами; б – арматурными элементами; в – жестким металлическим каркасом; 1 – существующий фундамент; 2 – обойма усиления; 3 – металлическая балка; 4 – арматурные стержни; 5 – металлический каркас

При таком устройстве снижается давление по подошве фундамента, повышается жесткость здания и возможность восприятия дополнительных усилий, возникающих, например, при неравномерных деформациях грунтов оснований. Аналогичное решение возможно и при устройстве ленточных сборных фундаментов (рис. 4.4). В этом случае совместная работа фундаментов и обойм обеспечивается горизонтальными штрабами в кладке стен и пропущенными через швы арматурными стержнями.

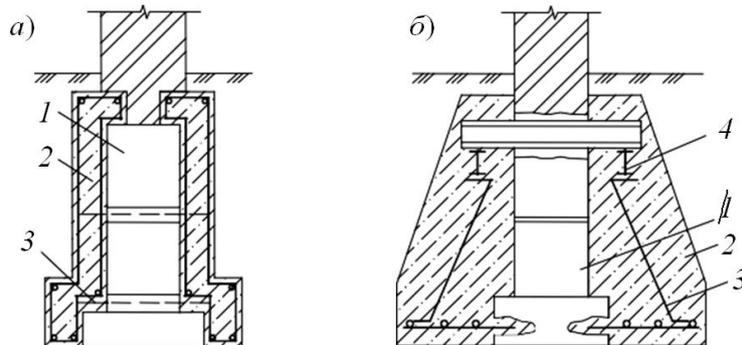


Рис. 4.4. Варианты усиления сборных ленточных фундаментов с помощью: а – горизонтальных штраб и монолитной обоймы; б – металлического каркаса и монолитной обоймы; 1 – фундамент; 2 – обойма; 3 – арматурные стержни

Одной из главных задач при устройстве обойм является обеспечение прочного сцепления бетона обоймы с существующим фундаментом. Оно достигается выбором наиболее эффективного метода очистки поверхности усиливаемого фундамента. При этом удаляется грязь, сажа, а также поврежденный и низкокачественный бетон и раствор кладки. Для очистки поверхности могут применяться: промывка водой под высоким давлением, пескоструйная очистка, механическая обработка отбойными молотками или перфораторами для обеспечения шероховатости.

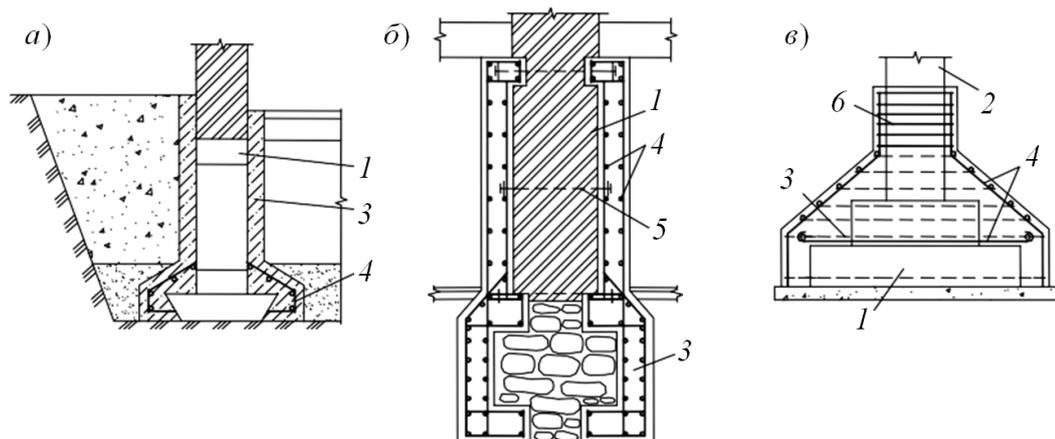


Рис. 4.5. Варианты усиления обоями стен (а), (б) и столбов (в) подвала:
 1 – стена подвала и фундамента; 2 – столб; 3 – обойма; 4 – арматурные стержни;
 5 – арматурные тяжи; 6 – хомуты

При усилении железобетонных фундаментов необходимо также проверить состояние защитного слоя арматуры. Если возникает необходимость в его восстановлении, арматуру обнажают так, чтобы промежуток между ней и старым бетоном был как минимум равен диаметру арматуры, но не менее 20 мм. Арматура перед бетонированием должна быть зачищена стальной щеткой или пескоструйной установкой.

Улучшению качества сцепления во многом способствует увлажнение поверхности фундамента перед бетонированием. Увлажнение проводится за 1-2 суток до укладки бетона, затем бетону дают подсохнуть в течение суток.

4.4. Замена разрушившегося фундамента с увеличением глубины заложения

При значительном ослаблении тела фундамента и необходимости его заглубления иногда более выгодно сделать разборку старого и построить новый с необходимой глубиной заложения. Для ленточных фундаментов последовательность операций устройства фундаментов приведена на рис.4.6. Сначала через стену пропускают разгружающие балки, надежно опирая их на опоры из шпальных клеток или домкраты. Последние более удобны, так как позволяют регулировать положение балок. После передачи нагрузки от стен на опоры старый фундамент разбирается отдельными захватками длиной 2,0...3,5 м и устраивается новый на более глубокой отметке. Между новым фундаментом и стеной для обеспечения их совместной работы производится инъецирование песчано-цементного раствора под давлением. Затем осуществляется засыпка котлована и демонтаж разгружающих конструкций.

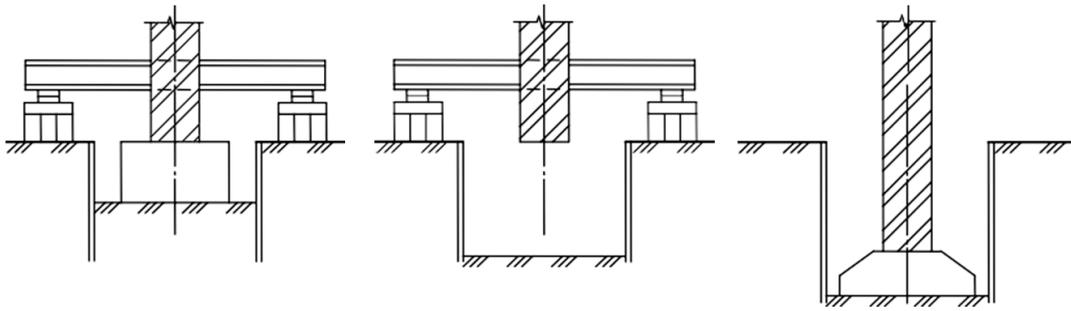


Рис. 4.6. Переустройство ленточного фундамента с разборкой старой кладки фундамента

5. УВЕЛИЧЕНИЕ ОПОРНОЙ ПЛОЩАДИ ФУНДАМЕНТОВ

Условия передачи нагрузки от фундамента на основание изменяются при увеличении площади подошвы фундаментов, при этом давление на грунт уменьшается. Усиление фундаментов путем уширения подошвы предполагает увеличение опорной площади существующего фундамента за счет присоединения к его боковым граням дополнительных железобетонных или бетонных элементов. При уширении подошвы происходит перераспределение нагрузки на большей поверхности основания, что дает возможность повысить нагрузку на фундамент, снизить осадку, уменьшить вероятность потери несущей способности основания. Уширение подошвы также применяется для выравнивания эпюры контактных давлений, стабилизации крена фундамента.

Дополнительные части фундамента (банкеты) могут устраиваться односторонними и двусторонними (рис. 5.1 – 5.2). Банкеты и фундаменты должны быть соединены с существующим фундаментом жестко. Для этого их примыкание производится с помощью штраб или специальных металлических разгружающих балок, устанавливаемых с шагом 1,5 – 2 м.

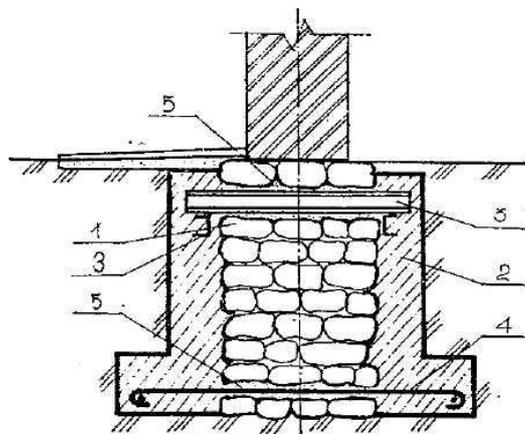


Рис. 5.1. Увеличение опорной площади устройством уширения из железобетона: 1 – существующий фундамент; 2 – бетон; 3 – металлическая балка; 4 – анкер; 5 – отверстия, заделываемые цементным раствором под давлением

С учетом условий производства работ ширина банкета в нижней части должна быть не менее 30 см, в верхней – 20 см. Толщина обоймы и требуемая величина уширения подошвы определяются расчетами с учетом повышения расчетной нагрузки в случае реконструкции или снижения несущей способности грунтов при эксплуатации.

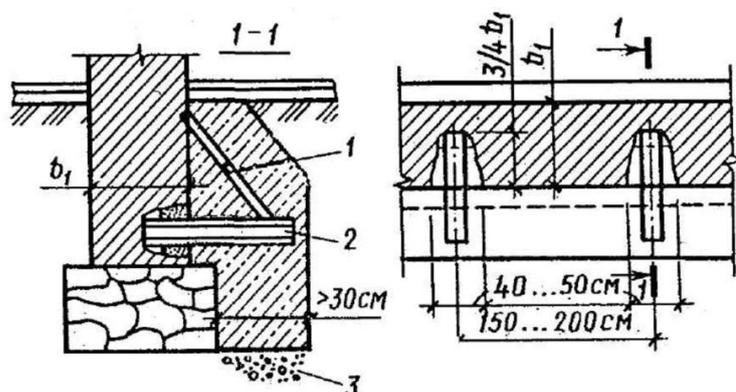


Рис. 5.2. Одностороннее расширение ленточного фундамента: 1 – подкос; 2 – разгружающие балки; 3 – щебеночная подготовка.

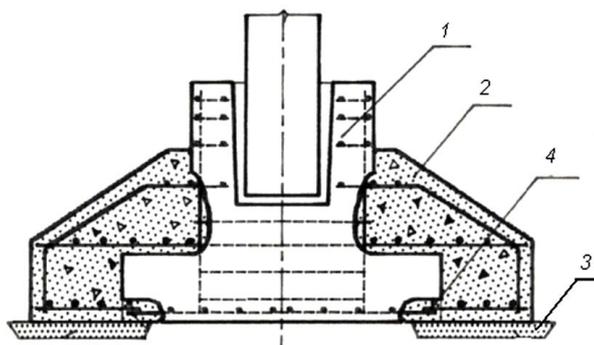


Рис. 5.3. Уширение подошвы фундамента под колонну: 1 – существующий фундамент; 2 – наращивание части фундамента; 3 – щебеночно-песчаная подготовка; 4 – сварное соединение

При усилении фундаментов уширением, основание дополнительных элементов должно быть подготовлено путем втрамбовывания щебня или гравия на глубину 50...60 мм. При наличии в основании слабофильтрующих водонасыщенных грунтов предусматривают песчано-гравийную подготовку толщиной не менее 100 мм.

Если уширения выполняют без обжатия грунта основания, то они вступают в работу лишь при увеличении нагрузки, когда появляются дополнительные осадки. Уширенные части фундамента воспринимают только часть увеличившейся нагрузки. Значительная часть этой нагрузки будет передаваться через подошву старого фундамента, так как под ней грунт более уплотнен. Для уменьшения развития дополнительных осадок уши-

ренного фундамента необходимо предварительное обжатие грунта, расположенного под новыми частями уширенного фундамента.

В настоящее время в практике имеется значительное количество способов обжатия. Для ленточных фундаментов, в частности, может быть применен способ, суть которой заключается в установке с двух сторон фундамента дополнительных железобетонных сборных блоков уширения, нижнюю часть которых стягивают анкерами из арматурной стали, пропущенными сквозь них и существующие фундаменты. Верхняя часть блоков отжимается от поверхности фундаментов клиньями или домкратами. В результате этого блоки поворачиваются вокруг нижней, закрепленной анкерами точки, и подошвой обжимают неуплотненный грунт основания. После обжатия зазор между блоками и фундаментом расклинивается и заполняется бетоном (рис. 5.4, а).

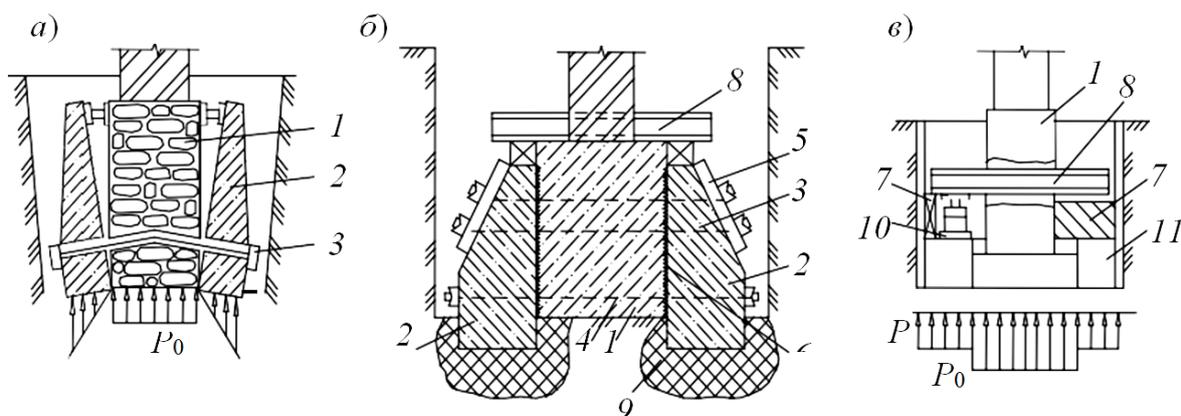


Рис. 5.4. Варианты усиления с предварительным обжатием основания:

1 – фундамент; 2 – блоки; 3 – тяжи; 4 – фиксированная затяжка; 5 – прижимной щит; 6 – антифрикционное покрытие; 7 – клинья; 8 – поперечная балка; 9 – обжатое основание; 10 – домкрат; 11 – сборный банкет; 12 – бетон

Другой способ усиления заключается в установке по периметру фундаментов блоков обоймы, которые путем горизонтальных усилий обжатия тяжами вдавливаются в грунт (рис. 5.4, б). Для облегчения погружения блоков в грунт поверхность контакта блоков и фундамента смазываются антифрикционными материалами. При стягивании тяжей, пропущенных через прижимные щиты, блоки усиления сдавливаются и сползают вниз вдоль фундамента, обжимая тем самым грунт. После обжатия между блоками и поперечными балками, проходящими через стену здания, устанавливаются клинья, а блоки связывают фиксирующей затяжкой.

Рассмотренные способы пригодны в случаях, когда фундамент не имеет консолей. При наличии их применяют, например, способ, схема которого дана на рис. 5.4, в. В этом случае, с помощью домкратов через заранее уложенные бетонные элементы на грунт основания передается давление, несколько меньшее, чем под подошвой фундамента. Перед снятием

домкратов устанавливают распорные клинья, а затем устраивают бетонную обойму.

При значительном увеличении нагрузки возможно переустройство столбчатых фундаментов в перекрестно-ленточные и плитные, а ленточных в плитные (рис. 5.5 – 5.6).

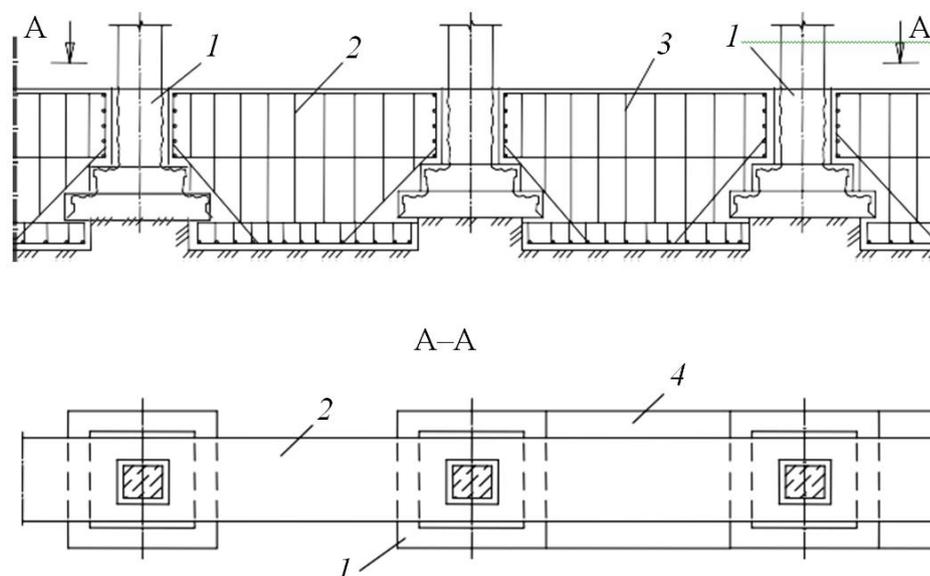


Рис. 5.5. Переустройство столбчатых фундаментов в ленточные: 1 – столбчатый фундамент; 2 – железобетонная перемычка; 3 – арматурные каркасы; 4 – уширенная часть перемычки

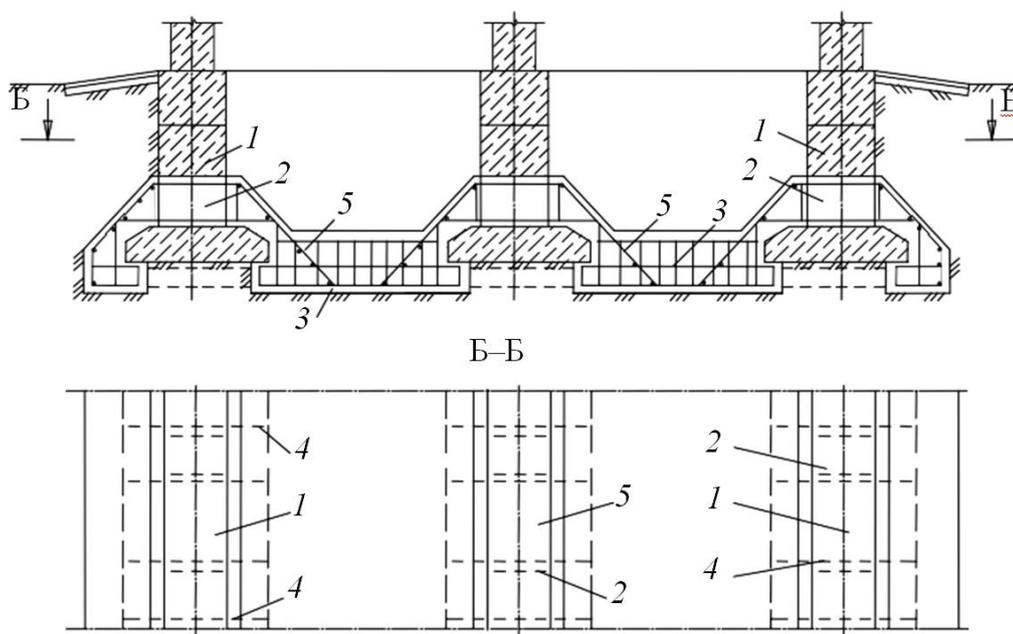


Рис. 5.6. Переустройство ленточных фундаментов в плитные: 1 – ленточный фундамент; 2 – отверстия в ленточном фундаменте; 3 – подводящая плита; 4 – пропуски плиты под ленточным фундаментом; 5 – арматурные каркасы

Усиление столбчатых фундаментов железобетонных колонн можно выполнить путем установки раскосов (рис. 5.7).

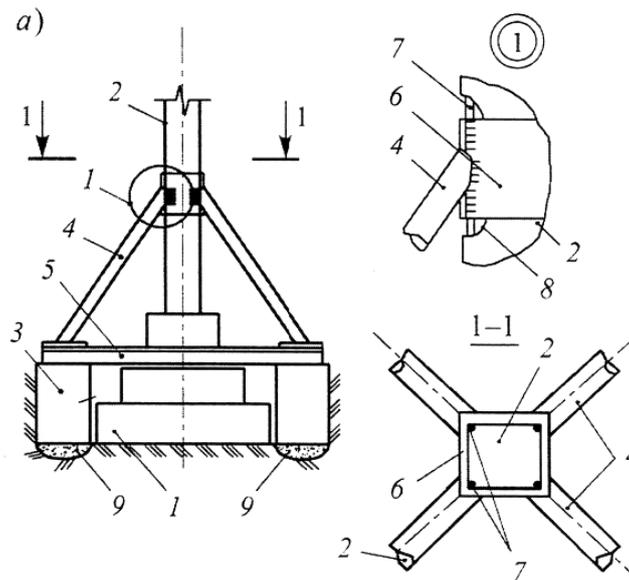


Рис. 5.7. Установка раскосов для передачи части нагрузки от колонны на основание: 1 – усиливаемый фундамент; 2 – железобетонная колонна; 3 – элементы усиления фундамента; 4 – металлические раскосы; 5 – металлическая балка; 6 – металлическая обойма, привариваемая к арматуре колонны; 7 – арматура колонны; 8 – оголенный от защитного слоя участок колонны

Расчет основания фундаментов, усиленных уширением подошвы, производится по второй группе предельных состояний (по деформациям основания). Расчет осадок основания методами, предусматривающими ограничение давления по подошве фундамента расчетным сопротивлением, производится с учетом:

- частичной разгрузки фундамента в ходе реконструкции;
- неравномерной эпюры контактных давлений под подошвами старой и новой частей фундамента.

Значение эпюры контактных напряжений под подошвой усиленного фундамента определяют от полной нагрузки, ожидаемой после реконструкции, с учетом начального давления под старой частью фундамента, действующего в период реконструкции.

Допускается значения контактных давлений определять суммированием эпюры начального давления фундамента до уширения и эпюры давлений от дополнительной нагрузки на основание после уширения, построенной в предположении о линейном характере ее изменения. Дополнительная нагрузка в этом случае определяется по фактическим прочностным свойствам грунта. При этом учитывают:

- изменение свойств грунта основания, обжатого длительно действующей нагрузкой в период эксплуатации здания;

– увеличение расчетного сопротивления под подошвой усиливаемого фундамента за счет боковой пригрузки от уширяемых элементов, изменяющих условия деформирования грунта основания под усиливаемым фундаментом.

Площадь дополнительных элементов (наращиваемых частей) фундамента определяется исходя из выражения:

$$A_d = \frac{N_{II}}{R} - l_f \cdot b_f, \quad (5.1)$$

где l_f и b_f – длина и ширина подошвы существующего фундамента;

N_{II} – расчетная нагрузка на фундамент после реконструкции с учетом собственного веса и грунта на его обрезах.

6. УСИЛЕНИЯ ФУНДАМЕНТОВ СВАЯМИ

Усиление фундаментов при помощи свай производится за счет устройства дополнительных свайных фундаментов, опирающихся на более прочные подстилающие слои грунта и позволяет значительно повысить его несущую способность основания и снизить деформативность.

При усилении фундаментов реконструируемых зданий, как правило, используются:

- набивные и буронабивные сваи;
- вдавливаемые многосекционные сваи;
- буроинъекционные сваи.

6.1. Набивные и буронабивные сваи

Набивные и буронабивные сваи различных типов обладают достаточно высокой несущей способностью и могут применяться в любых грунтовых условиях. Из-за громоздкости оборудования, применяемого при устройстве буронабивных свай, область их применения ограничена. Буронабивные сваи в основном применяются при усилении фундаментов по внешнему периметру реконструируемого здания, могут устраиваться под наклоном к оси фундамента.

Набивные сваи устраивают погружением в основание обсадных труб диаметром 250...375 мм с последующим извлечением из них грунта и заполнением их бетоном с трамбованием или уплотнением сжатым воздухом (пневмонабивные сваи). В случае устройства буронабивных свай пробуривают скважины, устанавливают арматурные каркасы и бетонируют ствол.

При усилении столбчатых фундаментов набивными и буронабивными сваями вначале бетонируют сваи. Затем головы свай с арматурными выпусками связывают железобетонной обоймой, выполняемой вокруг суще-

ствующего фундамента. Концы свай должны быть заглублены в прочный грунт. Для усиления могут быть поставлены две, четыре или больше свай, расположенных симметрично.

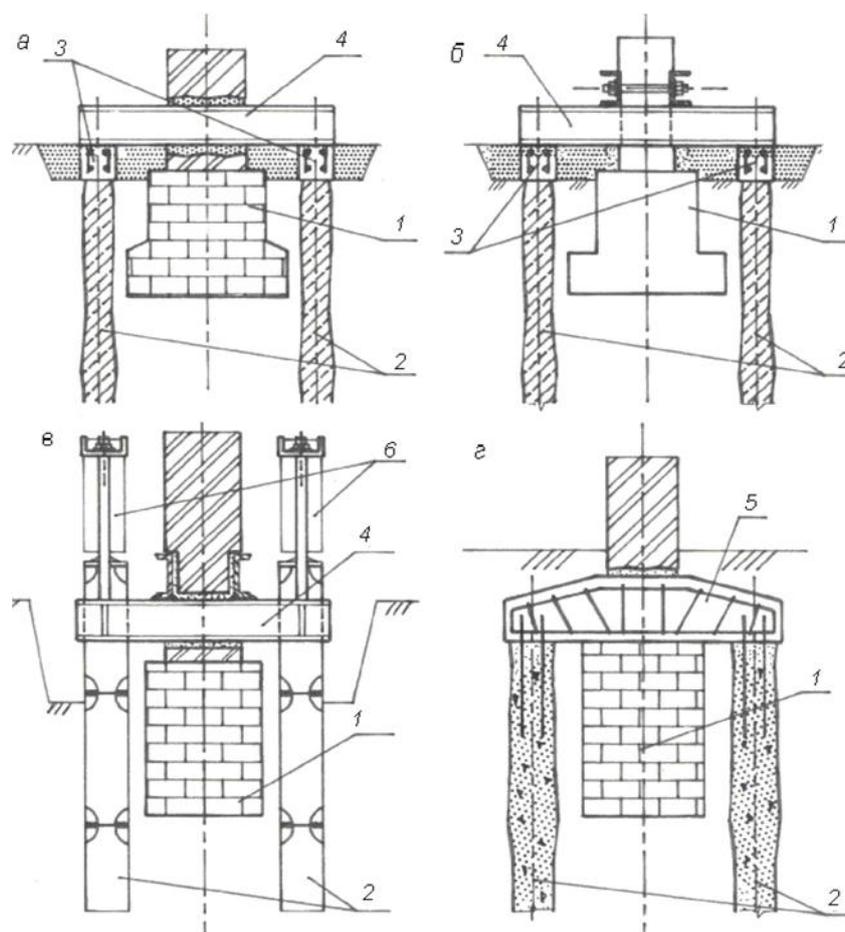


Рис. 6.1. Усиление фундаментов сваями: а – ленточного фундамента; б – столбчатого фундамента; в – усиление многосекционными сваями; г – с применением железобетонной балки: 1 – существующий фундамент; 2 – сваи усиления; 3 – железобетонный ростверк; 4 – стальная балка; 5 – железобетонная балка; 6 – домкраты

При усилении ленточных фундаментов выносные сваи размещают параллельными рядами с обеих сторон фундамента (рис. 6.1 – 6.2). Вынос свай определяется удобством расположения бурового оборудования. В случаях усиления выносными сваями фундаментов из бутовой кладки в них на требуемой высоте устраивают штрабы, в которые монтируют металлические продольные балки (рандбалки). Под продольными балками устанавливают поперечные металлические балки. Шаг балок 2,0...3,5 м. После установки балок по верху свай бетонируется ленточный ростверк.

Монолитные ростверки армируют сетками, поперечные стержни которых пропускают через тело фундамента. Диаметр поперечных стержней

определяется расчетом и принимается не менее 12 мм. Шаг поперечных стержней – не более 500 мм.

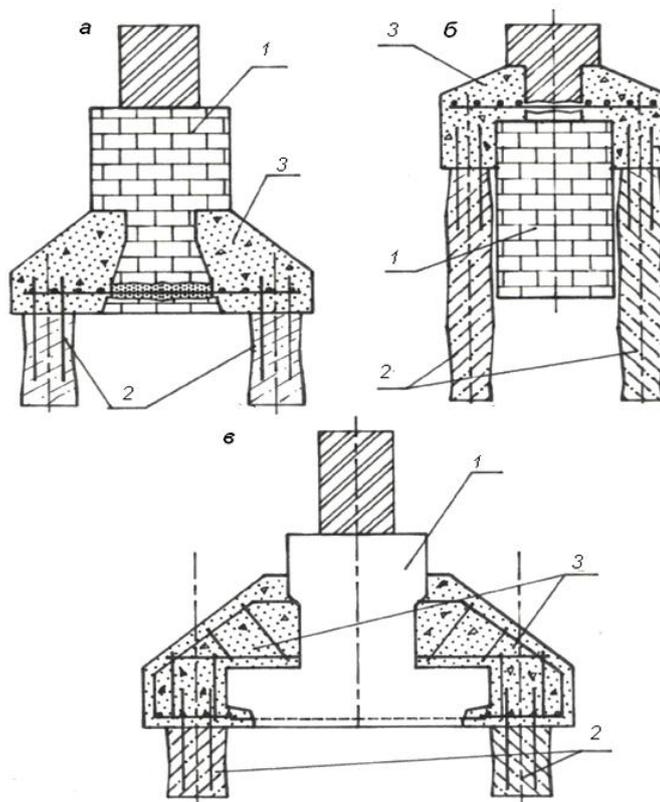


Рис. 6.2. Усиление фундаментов сваями с монолитным ростверком:
а – заходящим в углубление фундамента, б – то же в углубление стен, в – то же в углубление фундамента и сваркой рабочей арматуры фундамента и ростверка:
1 – существующий фундамент, 2 – сваи усиления, 3 – монолитный железобетонный ростверк

Метод усиления сваями с монолитным ростверком и обеспечением его совместной работы с усиливаемым фундаментом за счет железобетонных шпонок (рис. 6.2) применяют при удовлетворительном состоянии фундамента. Размеры углублений в фундаменте подбираются таким образом, чтобы усилие от ростверка передавалось на фундамент по перевязанному шву.

Включение в работу свай при помощи ростверков, подводимых под существующий фундамент, производится при усилении свайных фундаментов (рис. 6.3, а). При устройстве нового ростверка вынимают грунт из-под подошвы усиливаемого фундамента и оголяют верхнюю часть существующих свай. При усилении столбчатого фундамента сваями с монолитным ростверком совместная работа обеспечивается за счет соединения арматуры ростверка и оголенной арматуры фундамента (рис. 6.3, б).

В стесненных условиях реконструкции при невозможности устройства свай с двух сторон фундамента применяют консольные металлические

балки, опирающиеся на пару свай, одна из которых работает на выдергивание (рис. 6.3, г). В качестве свай, работающих на выдергивание, рекомендуется применять винтовые и буронабивные сваи с уширением пяты. Сваи, воспринимающие вдавливающую нагрузку, выполняют буронабивными. Нижняя часть стены усиливается продольными балками, заведенными в горизонтальные штрабы стены. Шаг консольных балок определяется расчетом и принимается не менее трех диаметров свай и не более 3 м.

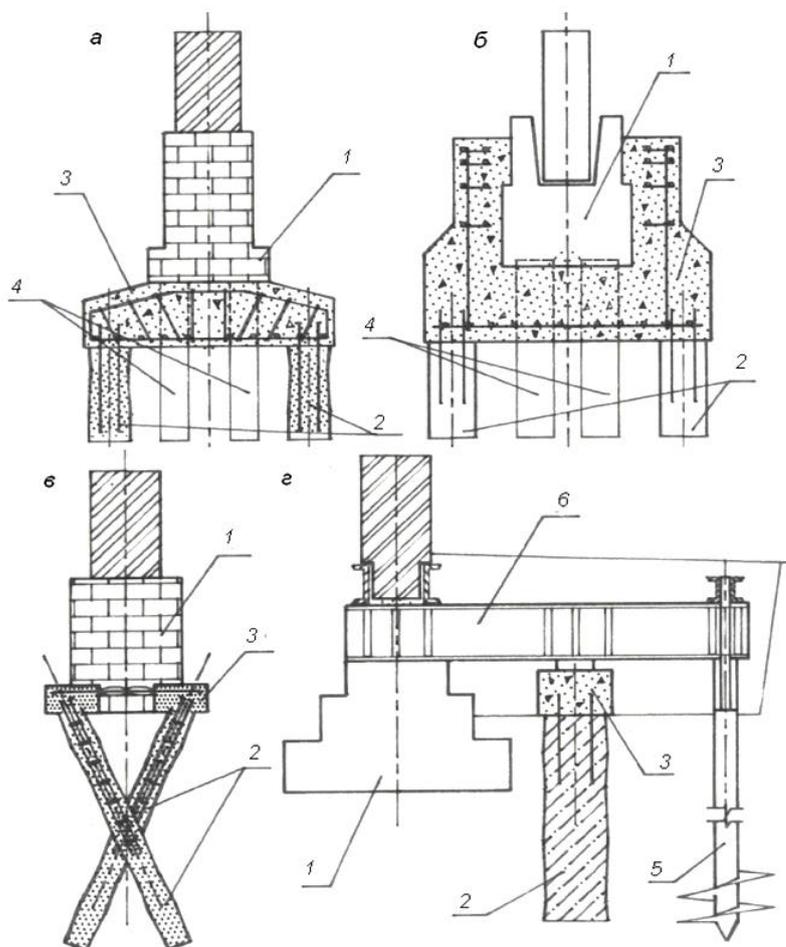


Рис. 6.3. Усиление фундаментов сваями: а – с подводкой нового ростверка под ленточный фундамент; б – то же под столбчатый фундамент; в – наклонными сваями; г – сваями с одной стороны: 1 – существующий фундамент, 2 – сваи усиления, 3 – монолитный ростверк, 4 – существующие сваи, 5 – свая с винтовым наконечником, стальная балка

6.2. Вдавливаемые многосекционные сваи

Вдавливаемые многосекционные сваи выполняются из сборных железобетонных или сталежелезобетонных элементов, соединяемых по мере погружения свай в грунт. Для погружения многосекционных свай не тре-

буется громоздкого оборудования. Вдавливание свай производят при помощи гидравлических домкратов, упираемых в выше расположенные конструкции реконструируемого здания.

В настоящее время накоплен большой опыт повышения несущей способности фундаментов вдавливаемыми сваями. Этот способ имеет целый ряд преимуществ: отсутствие динамических и вибрационных воздействий на здание при устройстве усиления, нет необходимости в усиленном армировании ствола сваи, высокая точность установки свай, минимальное загрязнение окружающей среды и незначительные энергозатраты при устройстве.

Ленточные фундаменты можно усиливать с помощью выносных вдавливаемых свай из трубчатых элементов длиной 0,8...1,2 м, располагаемых попарно с двух сторон стены (рис. 6.1, в). Сваи погружают домкратами, усилия от которых передаются на железобетонные балки, изготавливаемые совместно со сплошным железобетонным поясом, который затем монолитизируется со сваями. Вдавливание свай осуществляется одновременно с двух сторон стены. Трубчатые элементы по мере вдавливания стыкуются между собой с помощью сварки. После вдавливания, демонтажа домкратов и упорных балок заполняются полости свай бетоном, устанавливаются арматура и опалубка оголовков свай и через отверстия в балке производится их бетонирование. В ряде случаев под ленточные фундаменты сваи можно подводить в один ряд. Работы выполняют из шурфов, откопанных до подошвы или ниже подошвы фундаментов.

Для передачи нагрузки на сваю между домкратом и сваем устанавливается распределительная подушка. Чтобы не снимать домкрата после каждого вдавливания, его приваривают к подушке. После вдавливания звена поршень домкрата поднимают вверх и сваю наращивают очередным звеном. При вдаливании необходимого количества звеньев сваю закрепляют с помощью уголков и клиньев, убирают домкрат и заполняют полость трубы бетоном, а шурф – бетоном.

В строительной практике часто используют составные вдавливаемые железобетонные сваи "Мега". Сваи состоят из трех типов секций; головной, рядовой и нижней (рис. 6.4). Сначала отрывают шурф ниже подошвы фундамента и устанавливают нижнюю секцию. Затем на нее прикрепляют головную секцию и сверху ставят домкрат, упирающийся в специальный распределительный элемент. После вдавливания нижней секции домкрат демонтируют, снимают головную секцию, устанавливают рядовую секцию, затем головную и монтируют снова домкрат. После вдавливания установленной рядовой секции операцию повторяют до тех пор, пока конец сваи не достигнет проектной отметки. На последнем этапе промежуток между распределительным элементом и сваем расклинивают и заполняют бетоном. В случае передачи больших нагрузок сваи "Мега" делают вынос-

ными в два ряда (рис. 6.4, б). При этом они связываются поперечными железобетонными балками.

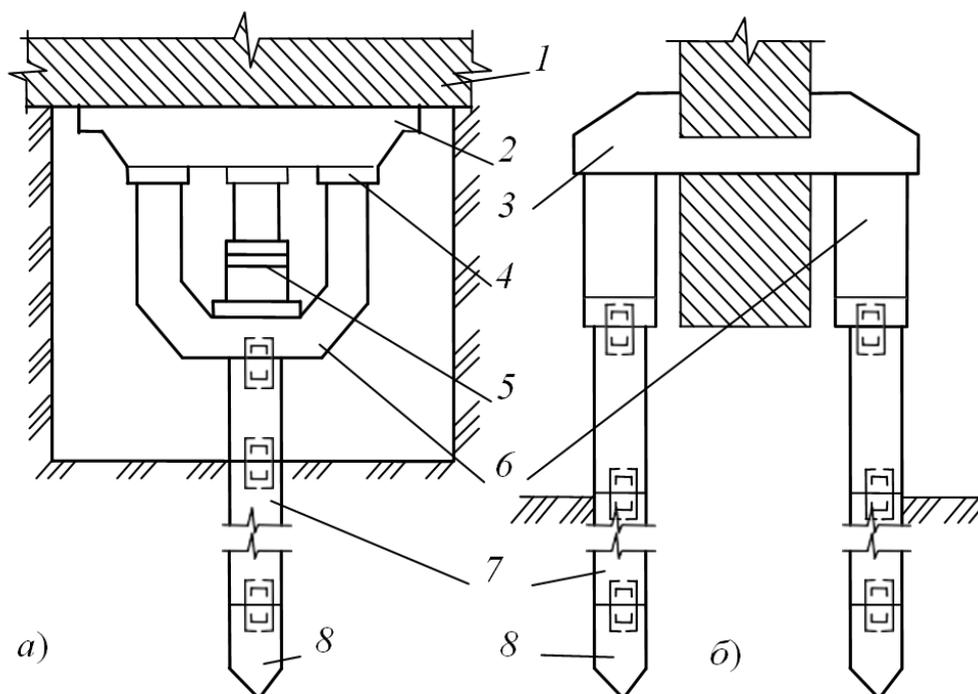


Рис. 6.4. Варианты усиления фундаментов железобетонными вдавливаемыми сваями: 1 – фундамент; 2 – распределительный элемент; 3 – железобетонная балка; 4 – клинья; 5 – домкрат; 6, 7, 8 – соответственно головная, рядовая и нижняя секции свай

6.3. Буроинъекционные сваи

Усиление буроинъекционными сваями позволяет производить работу без разработки котлованов, обнажения тела фундаментов и нарушения структуры грунта основания. Сущность этого способа заключается в устройстве под фундаментом жестких корневидных свай, передающих большую часть нагрузки на более плотные слои грунта. Сваи выполняют вертикальными или наклонными с помощью буровых станков, позволяющих пробуривать скважины через расположенные выше стены и фундаменты.

В скважины устанавливают арматурные каркасы и через инъекционные трубы нагнетают цементно-песчаный раствор или мелкозернистый бетон. Отличительной особенностью данного типа свай является их малый диаметр и относительно большое по сравнению к диаметру заглубление. Наибольшее распространение буроинъекционные сваи получили при усилении оснований и фундаментов реконструируемых и реставрируемых зданий. Сваи имеют значительную прочность на растяжение, поэтому их иногда используют в качестве анкеров в конструкциях, подверженных воз-

действию горизонтальных сил. Некоторые схемы усиления буронагнеточными сваями приведены на рис. 6.5.

Для усиления фундаментов применяют буронагнеточные сваи диаметром 80...250 мм. Отверстия в фундаменте и скважины для свай выполняют при помощи малогабаритных станков вращательного бурения, оснащенных шарошечным долотом, шнеками.

Буронагнеточные сваи также могут выполняться за контуром подошвы усиливаемого фундамента. В этом случае требуются дополнительные конструктивные элементы, передающие нагрузку с фундамента на сваи. Для обеспечения совместной работы свай с усиливаемым фундаментом устраиваются монолитные ростверки.

Одновременно с устройством буронагнеточных свай может производиться укрепительная цементация фундамента. Для этого устраивают в пределах фундамента скважину, не доводя до его подошвы на 0,5 м, и нагнетают в основание под давлением 0,1...0,2 МПа цементный раствор, цементируя зону контакта с подошвой фундамента.

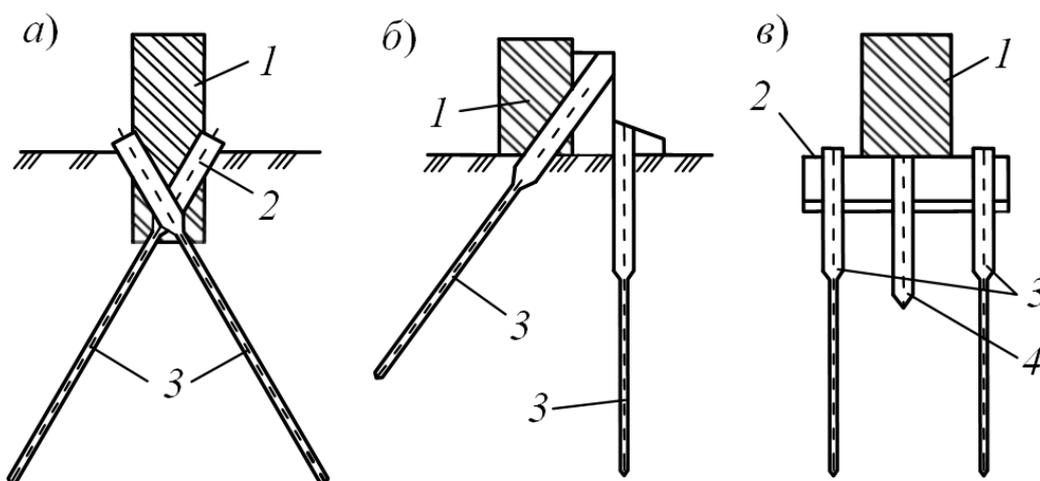


Рис. 6.5. Варианты усиления фундаментов буронагнеточными сваями:

1 – стена здания; 2 – труба-кондуктор; 3 – буронагнеточные сваи; 4 – существующие сваи; 5 – распределительные плиты

Расчет несущей способности свай, применяемых для усиления фундаментов, производится в соответствии с СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Несущая способность висящей сваи определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_{cfi} f_i h_i) \quad (6.1)$$

При проектировании усиления фундаментов буронагнеточными сваями необходима проверка устойчивости сваи исходя из условия:

$$N_{cr} / N_D \geq 3 \quad (6.2)$$

Критическая нагрузка, при которой возможна потеря устойчивости свай, определяется по формуле:

$$N_{cr} = \frac{5,6 \cdot \gamma_0 \cdot E}{l_0^2} \left[\frac{I_b}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha \cdot I_s \right], \quad (6.3)$$

где γ_0 – коэффициент влияния грунта на устойчивость, принимается равным 2;

l_0 – расчетная длина полуволны изгиба свай;

I_b – момент инерции бетонного сечения;

I_s – момент инерции арматуры относительно центра тяжести свай;

E – модуль упругости бетона свай;

φ_l – коэффициент, учитывающий влияние длительного действия нагрузки;

α – отношение модулей упругости арматуры и бетона, $\alpha = E_s / E_b$;

δ_e – соотношение случайного эксцентриситета к диаметру свай, $\delta_e = e_a / d$, принимается не менее, чем $\delta_{e,\min}$,

$$\delta_{e,\min} = 0,5 - 0,01(l_0 / d) - 0,01R_b \gamma_{b2}.$$

7. УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЙ ПУТЕМ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Усиление оснований путем закрепления грунтов заключается в связывании частиц грунта. Закрепление повышает механическую прочность, водостойчивость, долговечность. В зависимости от технологии закрепления и процессов, происходящих в грунте, методы закрепления делятся на три вида: химические, физико-химические и термические.

Сущность химических методов состоит в том, что в грунт через предварительно погруженные в него перфорированные трубы (инъекторы) нагнетают маловязкие растворы. Находясь в грунте растворы вступают в химическую реакцию с грунтом и, отверждаясь в нем, улучшают химические свойства основания.

Химические способы делятся на две группы. К первой относятся способы, использующие силикатные растворы и их производные, ко второй – способы, применяющие органические полимеры (акриловые, карбомидные, формальдегидные, фурановые смолы и т.п.).

Наибольшее распространение имеют способы силикатизации. Материалом для силикатизации является жидкое стекло – коллоидный раствор силиката натрия.

При однорастворной силикатизации в грунт инъецируется гелеобразующий раствор, состоящий из двух или трех компонентов: растворы силиката натрия и отверждающего реагента (растворов кислот, органических

составов). В результате протекающей реакции грунт цементируется гелем кремниевой кислоты.

При двух растворной силикатизации процесс закрепления сводится к поочередному нагнетанию в грунт раствора силиката натрия и раствора хлористого калия. В процессе взаимодействия растворов образуется гидрогель кремниевой кислоты. Песок после инъекции становится водонепроницаемым.

При газовой силикатизации в качестве отвердителя силиката натрия используется углекислый газ. Газ нагнетают в грунт для его предварительной активизации. После этого инъецируют силикат натрия, а затем в грунт подают углекислый газ. Способ применяется для песчаных и просадочных лессовых грунтов, а также грунтов с высоким содержанием органических веществ. Закрепленные пески приобретают прочность 0,8...1,5 МПа, а лессовые грунты 0,8...1,2 МПа.

При электросиликатизации используется комбинированное применение постоянного электрического тока и силикатных растворов. Способ предназначен для закрепления переувлажненных мелкозернистых грунтов и супесей, а также лессовых грунтов, в которые жидкое стекло проникает с трудом (коэффициент фильтрации менее 0,1 м/сут.).

При аэросиликатизации грунтов используют сжатый воздух, который подают в грунт вместе с закрепляющим раствором жидкого стекла. Подача сжатого воздуха позволяет получить в грунте радиально направленные от инъектора лучеобразные участки закрепленного грунта.

При больших объемах закачки тампонажных материалов применяют глинисто-силикатные растворы, представляющие собой смеси водных растворов высокодисперсных глин с небольшой добавкой силиката натрия. Силикат натрия инъецирует возникновение в порах грунта эластичного геля, обеспечивающего водонепроницаемость грунтового массива.

Расчет грунтового основания, закрепленного силикатизацией, производится по несущей способности исходя из соблюдения условия:

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_n}, \text{ кН}, \quad (7.1)$$

где N – расчётная нагрузка на основание, определяемая по указаниям п.п. 5.2.1 – 5.2.6 СП 22.13330.2011; γ_n – коэффициент надёжности сооружения, приведен в табл. 6.3 приложения 6 настоящего учебно-методического пособия.

F_d – несущая способность закреплённого силикатизацией грунтов основания, вычисляемая по формуле:

$$F_d = R_0 b l, \text{ кН}, \quad (7.2)$$

где b и l – ширина и длина закрепленного силикатизацией массива грунта под фундаментом;

R_0 – расчётное значение временного сопротивления закреплённого грунтового массива основания сжатию, рассчитывается по формуле:

$$R_0 = \frac{R^H \gamma_{CI} \gamma_{CII}}{k_r}, \text{ кПа}, \quad (7.3)$$

где R^H – среднее нормативное значение временного сопротивления закреплённого грунта одноосному сжатию в возрасте 28 суток, принимается по результатам испытания образцов грунта, закреплённого на опытной площадке;

γ_{CI} – коэффициент условий работы, учитывающий снижение прочности закреплённого грунта при длительном воздействии на него водной среды и нагрузки, приведен в табл. 6.4 приложения 6;

γ_{CII} – коэффициент условий работы, учитывающий боковое давление грунта, приведен в табл. 6.5 приложения 6.

Расчетная схема инъекционного химического закрепления грунтов приведена на рис. 7.1.

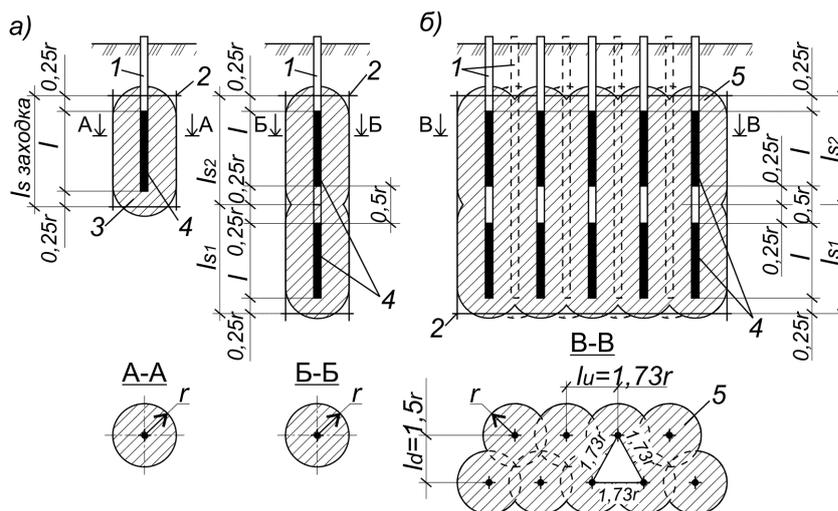


Рис. 7.1. Расчётная схема инъекционного химического закрепления грунтов: а – для одиночного инъектора; б – для сплошного массива; 1 – инъекторы; 2 – расчётной массив закреплённого грунта; 3 – действительный массив закреплённого грунта для однородной среды; 4 – перфорированная часть инъекторная; 5 – сплошной массив закреплённого грунта

К другим химическим методам закрепления грунтов относятся аммонизация и смолизация.

При аммонизации в грунт под небольшим давлением нагнетается газообразный аммиак. Метод позволяет придать лессовым грунтам свойства непресадочности.

При смолизации в грунты инъецируются водные растворы синтетических смол (карбомидных, эпоксидных, фурановых и др.) вместе с отвердителями (кислотами, кислыми солями). После взаимодействия с отвердите-

лями смола полимеризуется. Смолизация используется при закреплении песчаных с коэффициентом фильтрации $0,5 \dots 45$ м/сут. и лессовых грунтов. Грунты становятся водонепроницаемыми и имеют прочность на сжатие до $1 \dots 5$ МПа.

Выбор способа и зон химического закрепления грунта зависит от характеристик основания, формы и размеров фундамента, действующих нагрузок. Зоны закрепления в плане могут быть ленточными, сплошными, прерывистыми, кольцевыми и фигурными (рис. 7.2). В зависимости от этого и свойств грунта определяется расстояние между иньекторами и их положение (вертикальное, наклонное, горизонтальное, комбинированное (рис. 7.3).

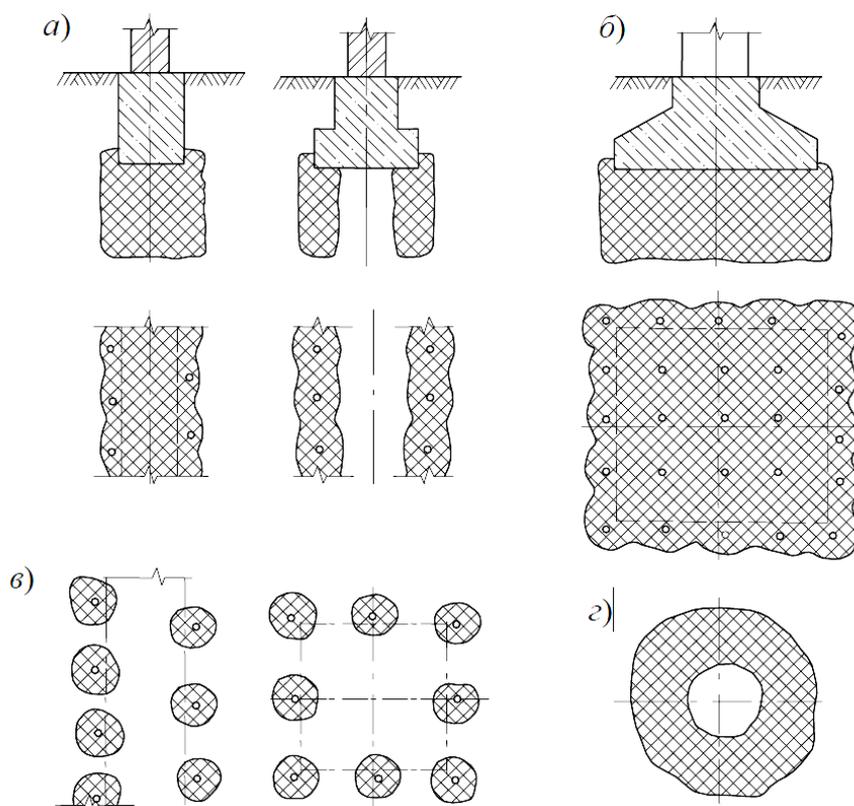


Рис. 7.2. Зоны химического закрепления грунтов оснований: *а* – ленточная; *б* – сплошная; *в* – столбчатая; *г* – кольцевая

К физико-химическим методам закрепления грунтов относятся цементация, грунтоцементация, битуминизация и глинизация.

При цементации в грунт через иньекторы нагнетается цементный, цементно-песчаный или цементно-глинистый раствор. Добавка глин до 5 % способствует улучшению качества работ. Метод применяют для закрепления песчаных, крупнообломочных грунтов и трещиноватых скальных пород.

При грунтоцементации для укрепления оснований устраивают грунтоцементные (илоцементные) сваи. Для устройства свай грунт в пробуриваемой скважине перемешивается с вяжущим материалом без выемки его из скважины. Метод применяется для закрепления слабых грунтов при возведении вблизи эксплуатируемых зданий новых, создании подземных конструкций в слабых грунтах (например, илосвай, грунтоцементных ленточных фундаментов и т.п.), устройстве противодиффузионных завес.

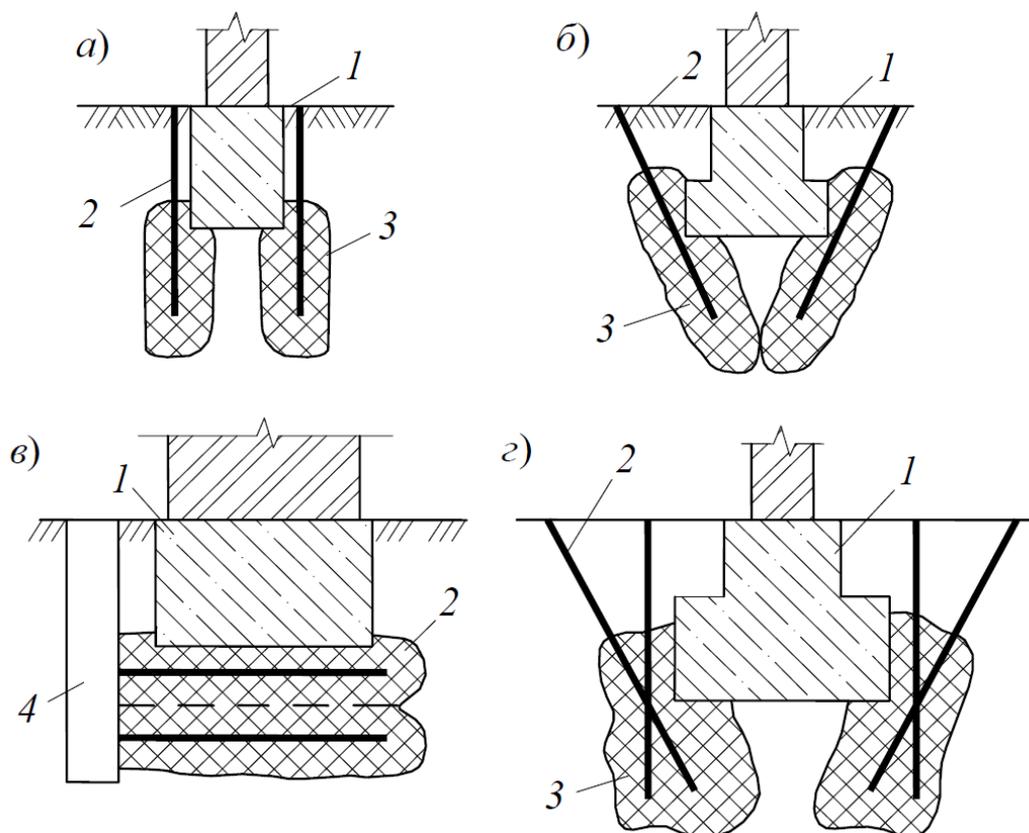


Рис. 7.3. Варианты расположения иньекторов при закреплении грунтов основа ний: 1 – фундамент; 2 – иньектор; 3 – зона закрепления; 4 – шурф

При глинизации для заполнения скважин используют глиняные растворы. Применяется она в трещиноватых породах, имеющих коэффициент фильтрации от 5 до нескольких тысяч метров в сутки.

При битумизации в качестве иньецируемого вещества используют разогретый битум или холодную битумную эмульсию. Способ рекомендуется для песчаных грунтов с коэффициентами фильтрации 10...50 м/сут. Из-за сложности технологии метод применяется очень ограниченно.

Термическое закрепление грунтов (обжиг) применяется в основном при закреплении просадочных грунтов. В пробуренных в грунте скважинах сжигают газообразное, жидкое или твердое топливо. Одновременно в скважину подают воздух. Обжиг производят при температуре 400...800 °С

в течение 5...10 дней. Вокруг скважины образуется столб закрепленного грунта диаметром 1,5...3,0 м с прочностью 1...3 Па.

Иногда в практике применяется электротермический способ обжига грунта. В качестве источника используются нихромовые электронагреватели. Скважины во всех случаях могут пробуриваться вертикально, наклонно и горизонтально.

Работы по усилению оснований перечисленными выше методами инъектирования должны выполняться в определенной последовательности.

Перед производством работ по закреплению грунтов следует:

- уточнить расположение подземных коммуникаций, а также расположение и состояние сооружений, находящихся вблизи места закрепления;
- подготовить бригаду исполнителей, предварительно прошедших курс обучения технологии производства работ;
- обеспечить наличие предусмотренного проектом комплекта оборудования и материалов;
- выполнить контрольное закрепление грунта и провести его испытания.

Производство закрепления грунтов включает последовательно следующие виды работ:

- подготовительные и вспомогательные работы, включая приготовление закрепляющих растворов;
- работы по погружению в грунты инъекторов и бурению, а также по оборудованию инъекционных скважин;
- нагнетание закрепляющих реагентов в грунты;
- извлечение инъекторов и заделку инъекционных скважин;
- работы по контролю закрепления.

Подготовительные и вспомогательные работы выполняют до начала основных работ. К ним относятся: подготовка и планировка территории; подводка электроэнергии, горячего и холодного водоснабжения, канализации; установление (при необходимости) геодезического наблюдения за осадками фундаментов; размещение на площадке химреагентов и материалов; оборудование стационарного узла приготовления растворов (при объеме закрепления более 10 тыс. м³ грунта); размещение мест погружения инъекторов или бурения инъекционных скважин; приготовление закрепляющих растворов рабочих концентраций; выполнение контрольных работ по закреплению грунтов.

Погружение инъекторов в грунты для последующей инъекции закрепляющих реагентов может производиться забивкой, задавливанием или установкой в предварительно пробуренные инъекционные скважины. Выбор способа погружения зависит от вида грунтов, естественно-исторических условий территории и глубины закрепления.

Погружение инъекторов в грунты забивкой применяют при силикатизации и смолизации песчаных грунтов, а также при закреплении просадочных лессовых грунтов на глубине до 15 м.

Для забивки инъекторов применяют ударные инструменты механического или пневматического типа. Забивка осуществляется по заходкам в последовательности, заданной проектом. При забивке инъекторов через железобетонные плиты фундаментов, полы, отмостки в них предварительно бурятся отверстия с последующей их промывкой водой или продувкой сжатым воздухом.

8. УСИЛЕНИИ ОСНОВАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФУНДАМЕНТОВ ГЛУБИНЫМ УПЛОТНЕНИЕМ ГРУНТОВ

Для повышения прочности оснований за счет уплотнения грунтов используются механические способы, устройство грунтовых свай, включение в основание жестких элементов.

Способ устройства грунтовых свай основан на погружении штампов, которые образуют скважины с вытеснением грунта радиально в стороны. В результате этого грунт вокруг скважины уплотняется. Погружение штампа выполняется проколом, забивкой, вибрированием. В отформованную скважину засыпают местный грунт или песок, песчано-гравийную смесь, щебень и снова ее уплотняют. Операции повторяют до тех пор, пока усредненная плотность грунтового массива не станет равной требуемой. Наибольший эффект уплотнения достигается при шахматном расположении скважин. Расстояние между осями скважин зависит от диаметра уплотняющего органа и требуемого коэффициента уплотнения.

Недостатком такого способа является наличие при забивке элементов колебаний, могущих вызвать недопустимые осадки зданий.

Следует учитывать, что глинистые грунты в меньшей степени реагируют на вибрацию, чем пески. Чтобы деформировались глинистые грунты, требуется продолжительное воздействие вибрации. Довольно быстро реагируют на динамические воздействия водонасыщенные пески и супеси, находящиеся в рыхлом состоянии или в состоянии средней плотности. Фундаменты реконструируемых зданий в таких грунтах могут подвергаться значительным неравномерным осадкам вследствие уплотнения или выдавливания из-под них грунта.

Опасность колебаний при забивке элементов, вызывающих осадку зданий, существенно зависит не только от вида грунта, но и глубины погружения оболочки или свай, расстояния от них до существующих зданий и ряда других факторов. С увеличением расстояния амплитуды смещений быстро затухают. Большое влияние на это оказывают грунтовые условия.

Использование молотов меньшего веса приводит к снижению амплитуд смещений грунта и зоны их влияния. Значения амплитуд максимальны при погружении трубы или сваи на глубину 3...6 м. Увеличение амплитуды на глубине может быть связано не только с особенностями геологического строения площадки, но и с перерывами в погружении сваи, например в тиксотропных грунтах.

С целью снижения уровня колебаний уменьшают частоту ударов и высоту падения молота, увеличивают его вес, а также сокращают время "отдыха" сваи в процессе забивки. Снизить уровень колебаний позволяют следующие способы: погружение элементов в лидерные скважины, в тиксотропной рубашке и вдавливанием.

Применение ударного способа погружения уплотняющих элементов в условиях тесной застройки требует предварительной оценки возможных неблагоприятных последствий. Исследованиями установлено, например, что при ударах молота в грунте возникают колебания с частотой 3...30 Гц продолжительностью 0,1...0,4 с, которые распространяются со скоростью 100...330 м/с.

Одним из перспективных способов погружения элементов, используемых для образования скважин при глубинном уплотнении грунтов, является вдавливание. Машины для вдавливания по типу рабочего органа могут быть гидравлическими и механическими. Гидравлические работают с одним или несколькими цилиндрами. Механические устройства имеют канатно-блочный (полиспастный) привод, цепной или с ходовым винтом.

В условиях реконструкции для устройства скважин перспективно применение раскатывающих проходчиков скважин. Особенность процесса раскатывания скважин – формообразование цилиндрической полости в грунте катками, эксцентрично установленными на бурильной штанге (без ударов, как это имеет место при ударно- канатном бурении).

Для устройства скважин при глубоком уплотнении грунтов могут быть использованы пневмопробойники. Под действием ударов корпус внедряется в грунт. Обратному его перемещению препятствуют силы трения между корпусом и грунтом. Скважина образуется за счет раздвижки и уплотнения грунта.

Применение пневмопробойников целесообразно в сжимаемых связных необводненных грунтах; глубина пробиваемых скважин зависит от свойств грунта, определяется устойчивостью стенок скважины и может достигать 15...20 м и более. Максимальный диаметр скважины может быть 350 мм при диаметре пробойника 130 мм и до 600 мм – при диаметре образуемой (пробойником с расширителем) скважины 300 мм. Производительность пневмопробойника зависит от физико-механических свойств грунта, диаметра пробиваемых скважин, энергии единичного удара, частоты ударов и т.д. Наиболее распространенные пневмопробойники отече-

ственного производства – ИП 4603А, СО134А, СО 166. Производительность их при проходке вертикальных скважин составляет 120...200 м в смену.

После образования скважин перечисленными выше способами, их заполняют грунтом. Грунт в скважину засыпают слоями 0,5...0,7 м и уплотняют. Для уплотнения используют трамбовки, имеющие форму параболического клина. При массе ударного снаряда не менее 1 т для уплотнения порции грунта в 250...300 кг необходимо произвести 25 ударов. Плотность грунта в теле сваи достигает 1,8...1,85 т/м³.

Следует отметить, что применение глубинного уплотнения грунтов оснований ремонтируемых и реконструируемых зданий ограничено. Пробивка скважин сваебойными агрегатами и взрывы вызывают значительные динамические воздействия на существующие здания и оборудование. Применение бурового способа при устройстве грунтовых свай снижает степень уплотнения грунта вокруг скважин. Связано это с тем, что грунт при бурении извлекается из скважины. В слабых грунтах достичь необходимого уплотнения набивкой не удастся, так как стенки скважин, особенно наклонных, недостаточно устойчивы.

Указанные недостатки исключаются при использовании для глубинного уплотнения оснований существующих зданий технологии винтового продавливания скважин. Технология позволяет различным сочетанием приемов проводить глубинное уплотнение или закрепление основания. При глубинном уплотнении скважины засыпаются сыпучими материалами, а при закреплении – твердеющими материалами. Суть уплотнения в этом случае заключается в следующем. Вначале спиралевидным снарядом проходят скважину, заполняют ее грунтом и уплотняют грунт. В тех случаях, когда однократное заполнение скважины грунтом недостаточно, глубинное уплотнение можно осуществить путем многократного заполнения скважин и прохода снаряда, достигая необходимой несущей способности основания под заданные нагрузки, что особенно важно в условиях реконструкции. При промежуточных заполнениях скважин грунт засыпают без уплотнения. Уплотняют грунт только при последнем заполнении.

При бурении скважин спиралевидными снарядами повышается устойчивость стенок скважин, что позволяет в некоторых случаях сократить затраты труда и материалов на выполнение работ по глубинному уплотнению оснований реконструируемых зданий.

Глубинное упрочнение оснований с использованием вяжущих материалов (закрепление грунтов) выполняется по следующей технологии. Вначале в грунте спиралевидным снарядом проходят первичную скважину диаметром, меньшим заданного, а затем скважину заполняют закрепляющим материалом. После этого по оси первичной скважины снарядом большего диаметра проходят скважину проектного диаметра, вдавливая

закрепляющий материал в грунт. Под напором погружаемого снаряда закрепляющий материал проникает в грунт через стенки скважины и ее дно. При этом закрепляющий материал частично перемешивается с грунтом, что способствует образованию вокруг скважины оболочки повышенной прочности (рис. 8.1).

В качестве твердеющей смеси может быть использована любая композиция, отверждающаяся с грунтом, например, химические реагенты, применяемые для химического закрепления грунтов (фенолформальдегидная, карбамидная и другие смолы, жидкое стекло), а также цементно-песчаные и цементные растворы. Для предотвращения выдавливания закрепляющего материала из скважины на поверхность первичную скважину заполняют закрепляющим материалом на 1...1,5 м ниже ее устья, а диаметр первичной скважины должен быть менее 0,8 диаметра проектной скважины. В зависимости от характера грунтовых напластований закрепление можно выполнять выборочно на отдельных участках, причем толщина закрепляемых слоев по длине скважины может быть различной.

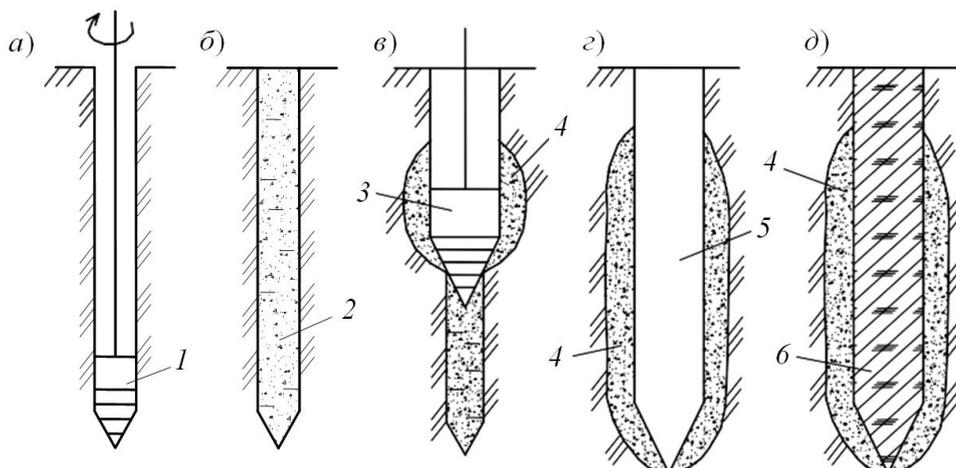


Рис. 8.1. Схема устройства скважины с использованием вяжущего материала: а-д – последовательность устройства скважины: 1 – снаряд малого диаметра; 2 – вяжущий материал; 3 – снаряд большого диаметра; 4 – слой закрепленного грунта; 5 – скважина проектного диаметра; 6 – материал заполнения скважины

По окончании упрочнения грунта скважины заполняют грунтом или другим материалом с уплотнением.

Расстояние между скважинами определяют исходя из условий обеспечения совместной работы грунта в массиве, а также необходимой несущей способности укрепляемого основания.

Для уплотнения слабых водонасыщенных грунтов, в том числе и обводненных лессовых, можно использовать грунтоизвестковые сваи. В процессе гашения известь в скважине увеличивается в трехкратном объеме. Развивающееся при этом давление существенно укрепит стенки скважины.

Глубинное уплотнение может быть выполнено в виде вертикальных или наклонных скважин; может быть также принято и комбинированное расположение скважин.

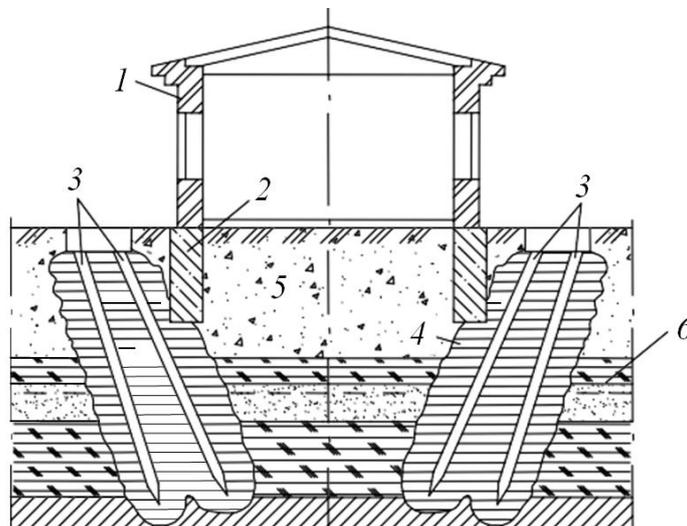


Рис. 8.2. Вариант упрочнения основания песчаными сваями: 1 – здание; 2 – фундамент; 3 – песчаные сваи; 4 – зона упрочнения; 5 – насыпной грунт; 6 – торф

Выбор способа глубинного уплотнения основания зависит от конкретных условий реконструируемого объекта, диаметра скважин, материала, используемого для упрочнения и др. Например, для уплотнения оснований существующих зданий в основном устраивают наклонные скважины (рис. 8.2).

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите факторы, вызывающие необходимость усиления основания и фундаментов.
2. Назовите признаки деформации грунтов основания здания.
3. Что включает в себя обследование фундаментов здания?
4. Что включает в себя техническое заключение по результатам обследования фундаментов?
5. Приведите примеры усиления ленточных фундаментов уширением подошвы.
6. Приведите примеры усиления столбчатых фундаментов уширением подошвы.
7. Как производится уширение подошвы железобетонного фундамента под колонну?
8. Какова конструкция одностороннего уширения подошвы ленточного фундамента?
9. Как производится сбор нагрузок для расчета фундаментов?
10. Как определяется расчетного сопротивления грунта, уплотненного давлением от фундамента?

11. С какой целью при уширении подошвы фундамента выполняется предварительное обжатие грунта под ней?
12. Изложите принципы расчета фундамента с уширением подошвы.
13. В каких случаях для усиления фундамента используют сваи?
14. Какие типы свай рекомендуется использовать при усилении фундамента?
15. Приведите примеры усиления ленточных фундамента с применением свай.
16. Приведите примеры усиления столбчатых фундамента с применением свай.
17. Приведите примеры усиления фундамента с применением буроналивных свай.
18. Назовите наиболее распространенные методы упрочнения грунтов.
19. Как производится расчет оснований по деформациям при реконструкции?
20. В каких случаях производится усиление оснований и фундамента?
21. Какие существуют методы укрепления тела фундамента при реконструкции?
22. Как производится цементация фундамента при реконструкции здания?
23. Как выполняется укрепление фундамента бетонными и железобетонными обоймами?
24. Как производится укрепление грунтов основания силикатизацией?
25. Как выполняется уплотнение грунтов под существующими фундаментами?

9. ПРИМЕР РАСЧЕТА И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Расчет усиления ленточного фундамента

Одним из способов усиления ленточных фундамента является их уширение с двух сторон железобетонными элементами (рис. 9.1). Для того, чтобы эти новые участки включились в работу, над ними вводят траверсы — двухконсольные балки, заделанные на мелкозернистом бетоне в кирпичные стены. Предварительно над существующим фундаментом в стенах пробивают отверстия с шагом 1...1,5 м, через которые заводят траверсы. Их выполняют из спаренных швеллеров или двутавров.

Пример расчета

Данные для расчета: ширина b существующего фундамента 100 см, расчетное сопротивление грунта $R = 200$ кПа, шаг траверс 1 м. После усиления фундамент должен воспринимать нагрузку $F = 300$ кН/м.

Расчет. Поскольку фундамент ленточный, рассчитываем участок фундамента длиной $l = 100$ см.

Требуемая ширина подошвы фундамента равна:

$$b_1 = F/(l \cdot R) = 300/(100 \cdot 200) = 150 \text{ см.}$$

Ширина полос уширения d фундамента с каждой стороны:

$$d = 0,5(b_1 - b) = 0,5(150 - 100) = 25 \text{ см.}$$

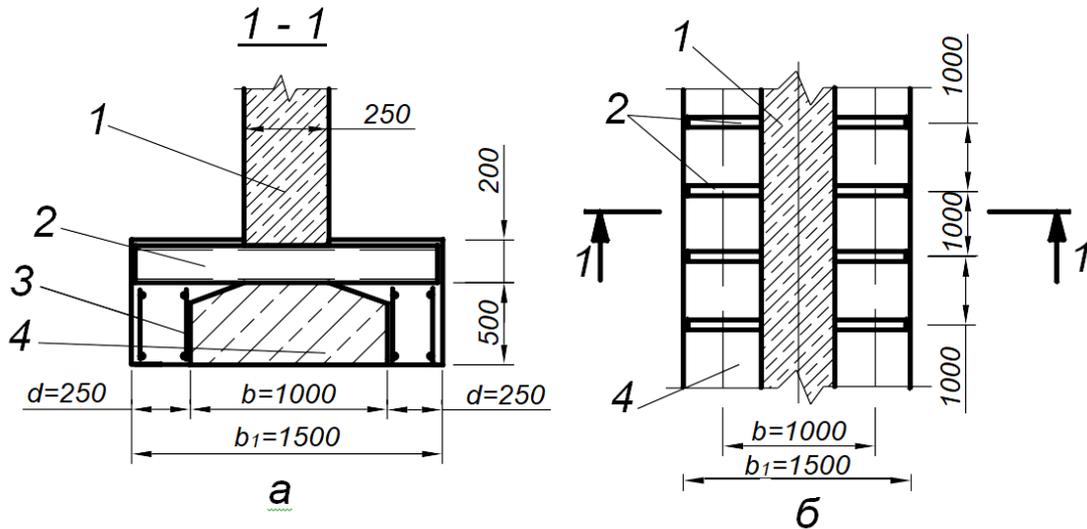


Рис. 9.1. Усиление ленточного фундамента: а — сечение 1-1; б — фрагмент плана усиленного фундамента; 1 - кирпичная стена; 2 - траверса из двух швеллеров; 3 — каркасы дополнительных фундаментных полос из бетона; 4 - существующий фундамент

Нагрузка, воспринимаемая фундаментом от реактивного давления грунта $\sigma_{ep} = R_{ep} = 200$ кПа на ширину $d = 25$ см и длину $l = 100$ см, равную шагу траверс:

$$F_d = \sigma_{ep} \cdot d \cdot l = 200 \cdot 0,25 \cdot 1,0 = 50 \text{ кН.}$$

Эта нагрузка будет восприниматься каждой консолью траверсы и вызывать в ней изгибающий момент:

$$M_d = F_d \cdot l_1 = 50 \cdot 0,625 = 31,25 \text{ кНм,}$$

$$\text{где } l_1 = (b_1 - d) / 2 = (1,5 - 0,25) / 2 = 0,625 \text{ м.}$$

Принимаем сечение траверсы из двух швеллеров. Требуемый момент сопротивления W_{mp} равен:

$$W_{mp} = M_d / R = 312500 / 2350 = 133 \text{ см}^3,$$

где R — расчетное сопротивление стали ВСтЗпс.

Принимаем траверсу из двух швеллеров № 14:

$$2W_x = 2 \cdot 70,2 = 140,4 > 133 \text{ см}^3.$$

Новые полосы фундамента шириной d работают как неразрезные железобетонные балки. Они воспринимают реактивное давление на грунт и опираются сверху в траверсы.

Расчетный момент в этих балках равен:

$$M = q_{ep} \cdot l^2 / 12 = 50 \cdot 100^2 / 12 = 41700 \text{ кгсм} = 417 \text{ кНм, где } q_{ep} = \sigma_{ep} \cdot d = 2 \cdot 25 = 50 \text{ кг/см, } l - \text{ шаг траверс.}$$

Задаем высоту фундамента 50 см и защитный слой бетона до рабочей арматуры 70 мм, арматуру $\varnothing 10A-400$.

Имеем рабочую высоту сечения балок $h_o = 50 - 7 - 0,5 = 42,5$ см.

Требуемое сечение арматуры класса А-400 при $R_s = 3750 \text{ кг/см}^2$:

$$A_s = M / 0,8 h_o \cdot R_s = 41700 / 0,8 \cdot 42 \cdot 3750 = 0,33 \text{ см}^2.$$

По конструктивным соображениям при $d \geq 150$ мм принимаем два каркаса с верхней и нижней арматурой из $\varnothing 8A-400$, поперечные стержни арматуры из $\varnothing 6A-240$ с шагом 250 мм.

Варианты заданий

Вариант	Ширина фундамента b , см	Толщина стены δ , см	Шаг траверс, м	Расчетное сопротивление грунта R , кПа	Нагрузка на фундамент F_l , кН/м
0	100	25	1,0	200	300
1	110	38	1,1	210	350
2	120	51	1,2	220	400
3	130	25	1,3	230	450
4	140	38	1,4	240	510
5	150	51	1,5	250	570
6	160	25	1,0	260	630
7	170	38	1,2	270	700
8	180	51	1,4	260	700
9	190	38	1,5	250	720

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Минрегион России. – М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2011. – 96с.
2. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Минрегион России. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, 2011. – 164с.
3. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Актуализированная редакция "СНиП 2.02.03-85 ". Минрегион России. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, 2011. – 67с.
4. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения". Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Минрегион России. – М.: ГУП НИИЖБ, 2012. – 161с.
5. ГОСТ 8239-89. Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент.
6. Рекомендации по применению буринъекционных свай / Госстрой России/ ГУП НИИОСП им. Н.М.Герсеванова. М.: - 2001.
7. Берлинов М.В. Основания и фундаменты: Учеб. для строит. специальностей вузов. -3-е изд., стер: – М.: Высш. шк., 1999: – 319с.
8. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб. пособие для строит. спец. вузов/ С.Б.Ухов, В.В.Семенов, В.В.Знаменский/. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2002. – 566 с.
9. Носков И.В., Швецов Г.И. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: Учебник. – М.: Абрис, 2012. – 134 с.; ил.
10. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения: 2-е изд. перераб. и доп./ Под общей ред. В.А.Ильичева и Р.А.Мангушева. – М.: Издательство АСВ, 2016. – 1040 с.
11. Коновалов П.А., Коновалов В.П. Основания и фундаменты реконструируемых зданий: 5-е изд. перераб. и доп.– М.: Издательство АСВ, 2011. – 384 с.
12. Полищук А.И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий: – Томск: СТТ, 2004. – 476 с.
13. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве /к СНиП 3.02.01-83/. ВНИИОСП им. Н.М.Герсеванова. М.: 1986.-127 с.

Приложение 1

Таблица П.1.1

Значения коэффициентов γ_{c1} и γ_{c2}

Виды грунтов	Коэф- фициент γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2} для		
		многоэтажных зданий при отношении их дли- ны к высоте L/H , равном		одноэтажных каркасных про- мышленных зданий
		4 и более	1,5 и менее	
Пески крупные и средней крупности	1,40	1,2	1,4	1,0
Пески мелкие	1,30	1,1	1,3	1,0
Пески пылеватые:				
маловлажные и влажные	1,25	1,0	1,2	1,0
насыщенные водой	1,10	1,0	1,2	1,0
Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $J_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1	1,0
То же, при $0,25 < J_L \leq 0,5$	1,20	1,0	1,1	1,0
То же, при $J_L > 0,5$	1,10	1,0	1,0	1,0

Примечание – При промежуточных значениях L/H коэффициент γ_{c2} определяется по интерполяции

Таблица П.1.2

Значения коэффициентов M_γ , M_q и M_c

Угол φ , град.	Коэффициенты			Угол φ , град.	Коэффициенты			Угол φ , град.	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0	0,00	1,00	3,14	16	0,36	2,43	4,99	32	1,34	6,34	8,55
1	0,01	1,06	3,23	17	0,39	2,57	5,15	33	1,44	6,76	8,88
2	0,03	1,12	3,32	18	0,43	2,73	5,31	34	1,55	7,22	9,22
3	0,04	1,18	3,41	19	0,47	2,89	5,48	35	1,68	7,71	9,58
4	0,06	1,25	3,51	20	0,51	3,05	5,66	36	1,81	8,24	9,97
5	0,08	1,32	3,61	21	0,56	3,24	5,84	37	1,95	8,81	10,37
6	0,10	1,39	3,71	22	0,61	3,44	5,04	38	2,11	9,44	10,80
7	0,12	1,47	3,82	23	0,69	3,65	6,24	39	2,28	10,11	11,25
8	0,14	1,55	3,93	24	0,72	3,87	6,45	40	2,46	10,85	11,73
9	0,16	1,64	4,05	25	0,78	4,11	6,67	41	2,66	11,64	12,24
10	0,18	1,73	4,17	26	0,84	4,37	6,90	42	2,88	12,51	12,79
11	0,21	1,83	4,29	27	0,91	4,64	7,14	43	3,12	13,46	13,37
12	0,23	1,94	4,42	28	0,98	4,93	7,40	44	3,38	14,50	13,98
13	0,26	2,05	4,55	29	1,06	5,25	7,67	45	3,66	15,64	14,64
14	0,29	2,17	4,69	30	1,15	5,59	7,95				
15	0,32	2,30	4,84	31	1,24	5,95	8,24				

Приложение 2

Таблица П.2.1

Значение коэффициента m_s

Отношение $(P_0/R) \cdot 100\%$	Значение коэффициента m_s
> 80	1,3
80 – 70	1,15
< 70	1,0

Примечание – P_0 – среднее давление по подошве фундамента до реконструкции; R – расчетное сопротивление грунта основания без учета уплотнения

Таблица П.2.2

Значения коэффициента k_s

Грунты оснований	Значения коэффициента k_s при $(S_R/S_{ult}) \cdot 100\%$	
	≤ 20	≥ 70
Пески крупные и средней крупности	1,4	1,0
Пески мелкие	1,2	1,0
Пески пылеватые	1,1	1,0
Пылевато-глинистые грунты: $J_L \leq 0$	1,2	1,0
$0 < J_L \leq 0,5$ (при сроке эксплуатации более 15 лет)	1,1	1,0

Примечания: 1. Для промежуточных значений $(S_R/S_{ult}) \cdot 100\%$ коэффициент принимается по интерполяции. 2. S_R – величина осадки при давлении по подошве, равном значению R , а S_{ult} – средняя предельная осадка для данного вида здания (по СНиП 2.02.01-83).

Приложение 3

Таблица П.3.1

Расчетное сопротивление R

Глубина заложения нижнего конца сваи h , м	Расчетное сопротивление R , кПа (тс/м ²), под нижним концом набивных и буровых свай с уширением и без уширения и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном при пылевато-глинистых грунтах, за исключением лессовых, с показателем текучести I_L равным						
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	850(85)	750(75)	650(65)	500(50)	400(40)	300(30)	250(25)
5	1000(100)	850(85)	750(75)	650(65)	500(50)	400(40)	350(35)
7	1150(115)	1000(100)	850(85)	750(75)	600(60)	500(50)	450(45)
10	1350(135)	1200(120)	1050(105)	950(95)	800(80)	700(70)	600(60)
12	1550(155)	1400(140)	1250(125)	1100(110)	950(95)	800(80)	700(70)
15	1800(180)	1650(165)	1500(150)	1300(130)	1100(110)	1000(100)	800(80)
18	2100(210)	1900(190)	1700(170)	1500(150)	1300(130)	1150(115)	950(95)
20	2300(230)	2100(210)	1900(190)	1650(165)	1450(145)	1250(125)	1050(105)
30	3300(330)	3000(300)	2600(260)	2300(230)	2000(200)	-	-
40	4500(450)	4000(400)	3500(350)	3000(300)	2500(250)	-	-

Примечание – Для свайных фундаментов опор мостов значения, приведенные в данной таблице, следует:

а) повышать (при расположении опор в водоеме) на величину, равную $1,5\gamma_w h_w$, где γ_w – удельный вес воды – 10 кН/м³; h_w – глубина слоя воды в водоеме от ее уровня при расчетном паводке до уровня дна водоема, а при возможности размыва - до уровня дна после общего размыва;

б) понижать при коэффициенте пористости грунта $e > 0,6$ и $m = 0,6$ при $e = 1,1$.

Таблица П.3.2

Расчетное сопротивление f

Средняя глубина распо- ложения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай оболочек f_i , кПа								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и средней крупности	мел- ких	пы- лева- тых	–	–	–	–	–	–
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

Примечания: 1. Значения расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице.

2. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице при любых значениях показателя текучести.

Таблица П.3.3

Коэффициенты условий работы γ_{cR}

Виды свай	Тип грунта в пяте свай			
	Пески	Супеси	Суглинки	Глины
Буровые без опрессовки	0,7	0,7	0,7	0,8
Буровые с опрессовкой че- рез устье	0,8	0,8	0,8	0,8
Сваи СТЮЗ	0,9	0,9	0,9	0,8

Таблица П.3.4

Коэффициенты условий работы γ_{cf}

Виды свай	Тип грунтов прорезаемых свай			
	Пески	Супеси	Суглинки	Глины
Устраиваемые инъекцией раствора в сухие пробуренные скважины	–	0,9	0,9	0,9
Изготовленные проходными шнеками с опрессовкой давлением 0,2 - 0,4МПа (СТЮЗ)	1,0	1,0	0,9	0,9
Изготовленные под защитой бентонитового раствора с опрессовкой давлением 0,2 – 0,4 МПа	0,9	0,8	0,8	0,8

Таблица П.3.5

Коэффициенты α_1 , α_2 , α_3 и α_4

Коэффициенты	Расчетные значения угла внутреннего трения грунта φ_b , град.								
	23	25	27	29	31	33	35	37	39
α_1	9,5	12,6	17,3	24,4	34,6	48,6	71,3	108,0	163,0
α_2	18,6	24,8	32,8	45,5	64,0	87,6	127,0	185,0	260,0
α_3 при h/d равном, м:									
4,0	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85	0,85	0,85	0,87
5,0	0,75	0,76	0,77	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
7,5	0,68	0,70	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
10,0	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81
12,5	0,58	0,61	0,68	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80
15,0	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,71	0,73	0,76	0,79
17,5	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78
20,0	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72	0,75	0,78
22,5	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77
25,0 и более	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74	0,77
α_4 при d , равном, м:									
0,8 и менее	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
4,0	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17

Примечание. Для промежуточных значений φ_b , h/d и d значения коэффициентов α_1 , α_2 , α_3 и α_4 определяются интерполяцией

Таблица П.3.6

$\xi=2z/b$	Коэффициент α для фундаментов							
	круглых	Прямоугольных с соотношением сторон равным $\eta=l/b$						ленточных ($\eta>10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,128	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Примечания: 1. Здесь l – длина фундамента, b – ширина (диаметр) фундамента.
2. Для фундаментов с подошвой в форме правильного многоугольника с площадью A , значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$.
3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется по интерполяции.

Приложение 4

Таблица П.4.1

Расчетное сопротивление $R_{кирп.}$

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.

Расчетное сопротивление $R_{\text{бут}}$.

Марка рваного бутового камня	Расчетные сопротивления R , МПа, сжатию бутовой кладки из рваного бута							
	при марке раствора						при марке раствора	
	100	75	50	25	10	4	0,2	нулевой
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	2,2
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. Приведенные в табл. 5.2 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. 5.2 для растворов марки 4 и более следует принимать с коэффициентом 0,8.

2. Для кладки из постелистого бутового камня расчетные сопротивления, принятые в табл. 5.2 следует умножать на коэффициент 1,5.

3. Расчетные сопротивления бутовой кладки фундаментов, засыпанных со всех сторон грунтом, допускается повышать: при кладке с последующей засыпкой пазух котлована грунтом - на 0,1 МПа, при кладке в траншеях «враспор» с нетронутым грунтом и при надстройках - на 0,2 МПа.

Приложение 5

Таблица П.5.1 (начало)

Предельные деформации основания фундаментов
объектов нового строительства

Сооружения	Предельные деформации основания		
	Относительная разность осадок ($\Delta s/L$) _и	Крен i_u	Максимальная s_u^{\max} или средняя \bar{s}_u осадка, см
1	2	3	4
1. Производственные и гражданские одно-этажные и многоэтажные здания с полным каркасом:			
железобетонным	0,002	-	10
то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,003		15
стальным	0,004	-	15
то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий	0,005	-	18
2. Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,006	-	20
3. Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из:			
крупных панелей	0,0016	-	12
крупных блоков или кирпичной кладки без армирования	0,0020		12
то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,0024		18
4. Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций:			
рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции на одной фундаментной плите	-	0,003	40
то же, сборной конструкции	-	0,003	30
отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции	"	0,004	40
то же, сборной конструкции	-	0,004	30
5. Дымовые трубы высотой H , м:			
$H \leq 100$	-	0,005	40
$100 < H \leq 200$	-	$1/(2H)$	30
$200 < H \leq 300$	-	$1/(2H)$	20
$H > 300$	-	$1/(2H)$	10
6. Жесткие сооружения высотой до 100 м, кроме указанных в позициях 4 и 5	-	0,004	20

Таблица П.5.1 (окончание)

1	2	3	4
7. Антенные сооружения связи: стволы мачт заземленные то же, электрически изолированные башни радио башни коротковолновых радиостанций башни (отдельные блоки)	- - 0,002 0,0025 0,001	0,002 0,001 - - -	20 10 - - -
8. Опоры воздушных линий электропереда- чи: промежуточные прямые анкерные и анкерно-угловые, промежу- точные угловые, концевые, порталы откры- тых распределительных устройств специальные переходные	0,003 0,0025 0,002	- - -	- - -
<p>Примечания</p> <p>1. Значение предельной максимальной осадки основания фундаментов s_u^{\max} применяется к сооружениям, возводимым на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т.п.).</p> <p>2. Значение предельной средней осадки \bar{s}_u основания фундаментов применяется к сооружениям, возводимым на едином монолитном железобетонном фундаменте неразрезной конструкции (перекрестные ленточные и плитные фундаменты на естественном или искусственном основании, свайные фундаменты с плитным ростверком, плитно-свайные фундаменты и т.п.).</p> <p>3. Предельные значения относительного прогиба зданий, указанные в позиции 3, принимают равными $0,5(\Delta s/L)_u$, а относительного выгиба - $0,25(\Delta s/L)_u$.</p> <p>4. При определении относительной разности осадок $(\Delta s/L)$ в позиции 8 таблицы Д.1 за L принимают расстояние между осями блоков фундаментов в направлении горизонтальных нагрузок, а в опорах с оттяжками - расстояние между осями сжатого фундамента и анкера.</p> <p>5. Если основание сложено горизонтальными (с уклоном не более 0,1) выдержанными по толщине слоями грунтов, предельные значения максимальных и средних осадок допускается увеличивать на 20 %.</p> <p>6. Предельные значения подъема основания, сложенного набухающими грунтами, допускается принимать: максимальный и средний подъем в размере 25 % и относительную разность осадок в размере 50 % соответствующих предельных значений деформаций, приведенных в настоящем приложении, а относительный выгиб - в размере $0,25(\Delta s/L)_u$.</p> <p>7. На основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации отдельных видов сооружений допускается принимать предельные значения деформаций основания фундаментов, отличающиеся от указанных в настоящем приложении.</p>			

Категории технического состояния существующих сооружений

Категория состояния сооружения	Характеристика состояния сооружения
I - нормальное	Выполняются требования норм и проектной документации по условиям эксплуатации. Необходимость ремонтных работ отсутствует
II - удовлетворительное	С учетом фактических свойств материалов удовлетворяются требования норм, относящиеся к предельным состояниям I группы; требования, относящиеся к предельным состояниям II группы, могут быть нарушены, но обеспечиваются нормальные условия эксплуатации. Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций
III - неудовлетворительное	Нарушены требования норм, но отсутствуют опасность обрушения и угроза безопасности людей. Требуется усиление и восстановление несущей способности поврежденных конструкций
IV - предаварийное или аварийное	Существующие повреждения свидетельствуют о непригодности конструкций к эксплуатации, об опасности их обрушения и опасности пребывания людей в зоне расположения конструкций
<p>Примечания</p> <p>1 Категория технического состояния устанавливается по результатам технического обследования строительных конструкций сооружения, в том числе фундаментов, включая исследования грунтов основания, подстилающих фундаменты.</p> <p>2 При соответствующем обосновании категория технического состояния реконструируемого сооружения или сооружения, расположенного в зоне влияния нового строительства или реконструкции, может быть повышена, если проектом реконструкции или проектом защитных мероприятий (для окружающей застройки) предусмотрено выполнение работ по усилению фундаментов и надземной части сооружения, связанных в том числе с увеличением его жесткости.</p> <p>3 Категория технического состояния одноэтажных и многоэтажных зданий исторической застройки или памятников истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования не может быть установлена (повышена) выше категории II - удовлетворительная. К исторической застройке относятся здания с указанной конструктивной схемой при сроке их эксплуатации более 100 лет.</p> <p>4 Результаты технического обследования сооружений допускается использовать при сроке давности выполнения технического обследования, не превышающем 3 года для сооружений со следующими категориями технического состояния: I - нормальное и II - удовлетворительное и не превышающем 1,5 года для сооружений со следующими категориями технического состояния: III - неудовлетворительное и IV - предаварийное или аварийное.</p>	

**Пределные дополнительные деформации основания фундаментов
реконструируемых сооружений**

Сооружения	Категории технического состояния зданий	Пределные дополнительные деформации основания фундаментов	
		Относительная разность осадок $(\Delta s/L)_u$	Максимальная осадка $s_{ad,u}^{\max}$, см
1. Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из крупных панелей	I	0,0020	4,0
	II	0,0010	3,0
	III	0,0007	2,0
2. Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из кирпича или крупных блоков без армирования	I	0,003	4,0
	II	0,0015	3,0
	III	0,001	2,0
3. Одноэтажные и многоэтажные бескаркасные здания со стенами из кирпича или крупных блоков с армированием или железобетонными поясами	I	0,0035	5,0
	II	0,0018	4,0
	III	0,0012	3,0
4. Многоэтажные и одноэтажные здания исторической застройки или памятники истории, архитектуры и культуры с несущими стенами из кирпичной кладки без армирования	I	-	-
	II	0,0009	1,5
	III	0,0007	1,0
<p>Примечания</p> <p>1. $s_{ad,u}^{\max}$ - значение предельной дополнительной максимальной осадки основания отдельно стоящих фундаментов реконструируемого сооружения на естественном основании или свайных ростверком, в том числе при усилении основания и фундаментов.</p> <p>2. При подведении сплошной монолитной железобетонной фундаментной плиты под реконструируемое сооружение допускается принимать значения предельных дополнительных средних осадок $\bar{s}_{ad,u}$ равными $s_{ad,u}^{\max}$.</p> <p>3 Для сооружений с категорией технического состояния IV - предаварийное или аварийное дополнительные деформации основания фундаментов не допускаются.</p>			

Приложение 6

Таблица П.6.1

№№	Способ закрепления	Вид грунта	Коэффициент фильтрации k_f , м/сут	Радиус закрепления грунта, r_i , м
1	Силикатизация двухрастворная	Пески разной крупности	5 – 10	0,3 – 0,4
			10 – 20	0,4 – 0,6
			20 – 50	0,6 – 0,8
			50 – 80	0,8 – 1,0
2	Силикатизация однорастворная	Пески разной крупности	0,5 – 1,0	0,4 – 0,6
			1 – 2	0,6 – 0,8
			2 – 5	0,8 – 1,0
3	Силикатизация газовая	Пески разной крупности	0,5 – 1,0	0,3 – 0,6
			1 – 5	0,5 – 0,8
			5 – 20	0,8 – 1,0
4	Силикатизация однорастворная однокомпонентная	Лёссовый просадочный грунт (супесь, суглинок)	0,2 – 0,3	0,4 – 0,7
			0,3 – 0,5	0,7 – 0,8
			0,5 – 2	0,8 – 1,0
5	Смолизация однорастворная двухкомпонентная	Пески разной крупности	0,5 – 1,0	0,3 – 0,5
			1 – 5	0,5 – 0,65
			5 – 10	0,65 – 0,85
			10 – 20	0,85 – 0,95
			20 – 50	0,95 – 1,0
6	Смолизация	Лёссовый просадочный грунт	0,1 – 0,3	0,3 – 0,4
			0,3 – 0,5	0,4 – 0,6
			0,5 – 1,0	0,6 – 0,9
			1 – 2	0,9 – 1,0

Таблица П.6.2

Прогнозируемая степень влажности грунта S_r , д. ед., окружающего закреплённый массив	Класс сооружений			
	I	II	III	IV
0,65...0,75	1,05/1,10	1,00/1,05	1,00/1,00	1,00/1,00
0,76...0,85	1,10/1,15	1,05/1,10	1,00/1,05	1,00/1,00
0,86...1,00	1,15/1,20	1,10/1,15	1,05/1,10	1,00/1,05

Примечание: 1) В числителе приведены значения γ_c для газовой силикатизации, в знаменателе – для силикатизации. 2) Для обеспечения в пределах r требований, предъявляемых проектом к закреплённому грунту, коэффициент γ_c может быть принят исходя из конкретных данных об изменении R^H , по радиусу инъецирования. 3) При степени влажности $S_r < 0,65$, коэффициент γ_c принимать равным 1,0.

Таблица П.6.3

Класс здания или сооружения	I	II	III	IV
Коэффициент надёжности γ_n	1,20	1,15	1,10	1,05

Таблица П.6.4

Способ закрепления лёссового грунта	Степень минерализации грунтовой воды, г/л	Значения $\gamma_{СИ}$ при прогнозируемой степени влажности S_r закреплённого грунта				
		$\geq 0,95$	0,85	0,75	0,65	$\leq 0,55$
Силикатизация	$\leq 0,5$	0,45	0,52	0,60	0,65	0,70
	0,1	0,52	0,60	0,65	0,70	0,75
	2,0	0,60	0,66	0,70	0,74	0,78
	$\geq 3,0$	0,64	0,70	0,74	0,78	0,80
Газовая силикатизация	$\leq 0,5$	0,55	0,62	0,70	0,75	0,80
	0,1	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
	2,0	0,73	0,75	0,80	0,85	0,88
	$\geq 3,0$	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90

Таблица П.6.5

Боковое давление грунта, P_6 , МПа	Коэффициент условий работы $\gamma_{СИ}$, для:	
	R^H	E
0,0	1,00	1,00
0,05	1,12	1,10
0,10	1,25	1,20
0,15	1,40	1,30
0,20	1,60	1,55
0,25	1,80	1,75

Таблица П.6.6

Класс сооружения	I	II	III	IV
Доверительная вероятность (α)	0,98	0,95	0,90	0,85

Таблица П.6.7

Виды закреплённых глинистых грунтов	Обозначения характеристик грунтов	Нормативные значения: удельных сцеплений C^H , углов внутреннего трения φ^H , модулей деформации E^H и коэффициентов Пуассона μ^H грунтов, закреплённых одноразовой силикатизацией при прочности R , МПа							
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
Супеси	C^H	0,047	0,056	0,065	0,073	0,086	0,096	0,11	0,13
	φ^H	24	25	26	28	30	35	40	45
	E^H	42	53	65	75	85	100	120	150
	μ^H	0,3	0,30	0,30	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20
Суглинки	C^H	0,040	0,050	0,061	0,068	0,075	0,090	0,095	0,11
	φ^H	24	26	28	30	32	34	38	42
	E^H	38	50	60	70	80	95	115	145
	μ^H	0,35	0,30	0,30	0,25	0,25	0,20	0,20	0,20

Таблица П.6.8

Наименование грунта	Коэффициент фильтрации $K_{f,min}, м/сут.$
Галечниковый (чистый)	200
Гравийный (чистый)	100-200
Крупнообломочный с песчаным заполнителем	100-150
Песок:	50-100
-гравелистый.	25-75
-крупный	10-25
-средней крупности	2-10
-мелкий	0,1-2
-пылеватый	
Супесь	0,1-0,7
Суглинок	0,005-0,4
Глина	0,005
Торф:	1-4
-слаборазложившийся	0,15-1,0
-среднеразложившийся	0,01-0,15
-сильноразложившийся	

Таблица П.6.9

$P_1, МПа$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
C	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
<u>Примечание:</u> Для отдельно стоящих зданий или сооружений с высоко расположенным центром тяжести, коэффициент C принимается равным не менее 0,3.								

ШАКИРОВ И.Ф.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к самостоятельному изучению курса «Усиление оснований и фундаментов» для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль) «Промышленное и гражданское строительство»

Редактор:

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Заказ №

Бумага тип №1

Печать ризографическая

Тираж 50 экз.

Формат 60×84/16

Усл.-печ.л. 4,0

Уч.-изд.л. 4,0

Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1.