

Секция 5

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ В МЕХАНИКЕ ГРУНТОВ И ГЕОТЕХНИКЕ

УДК 624.154.5

DOI: 10.17213/mgvgif/2026-5-509-521

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ЭФФЕКТИВНОГО УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

А. И. Полищук, М. Б. Мариничев

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

Аннотация. Рассматриваются способы усиления оснований и фундаментов, преимущественно в глинистых грунтах. Цель работы заключалась в обобщении опыта проектирования фундаментов, грунтов основания в условиях реконструкции зданий. Объектом исследований являются фундаменты промышленных и гражданских зданий. Составлена классификация способов усиления оснований и фундаментов, рекомендуемая для применения в проектной практике. Выделено три основных направления классификации: восстановление несущей способности фундаментов; увеличение несущей способности оснований и фундаментов; разгрузка конструкций фундаментов. Основная особенность предлагаемой классификации заключается в том, что она объединяет способы усиления не по конструктивным признакам и видам фундаментов, а по условиям их работы. Это обеспечивает возможность выбора целесообразных решений при подготовке проектов усиления по основаниям и фундаментам реконструируемых зданий.

Ключевые слова: способ, усиление основания и фундамента, классификация, грунты, восстановление, несущая способность фундаментов, разгрузка фундаментов

BASIC PRINCIPLES OF EFFECTIVE REINFORCEMENT OF THE BASES AND FOUNDATIONS OF RECONSTRUCTED BUILDINGS

A. I. Polishchuk, M. B. Marinichev

I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Annotation. Methods of strengthening foundations and subsoils, primarily in clay soils, are considered. The objective of the study was to generalize the experience of foundation and soil design under conditions of building reconstruction. The subject of the research includes the foundations of industrial and civil buildings. A classification of methods for strengthening foundations and subsoils has been developed and is recommended for use in design practice. Three main classification approaches are identified: restoration of the bearing capacity of foundations; increase in the bearing capacity of subsoils and foundations; unloading of foundation structures. The key feature of the proposed classification is that it groups strengthening methods not by structural characteristics or types of foundations, but by their working conditions. This provides the ability to select appropriate solutions when developing strengthening designs for the subsoils and foundations of reconstructed buildings.

Keywords: methods, ground and foundation strengthening, classification, soils, restoration, bearing capacity of foundations, foundation unloading

Введение

Совершенствование способов усиления фундаментов и грунтов основания, а также методов их проектирования для условий реконструкции зданий посвящены работы М. Ю. Абелева (1970), А. А. Бартоломея (1989-2002), М. Д. Бойко (1975), Л. К. Гинзбурга (1985), А. Л. Готман и Н. З. Готман (1995-2010), Б. И. Далматова (1985-1993), П. А. Коновалова (1980-2002), В. В. Лушникова (1989-1999), А. И. Мальганова и др. (1988-2002), Р. А. Мангушева (1997-2018), М. Б. Мариничева (2013-2023), О. А. Маковецкого (2017-2021), И. Т. Мирсаяпова (2008-2017), Э. И. Мулякова (1993), Л. В. Нуждина (1994-2005), А. И. Осокина (2011-2019), Е. М. Перля (1986), А. В. Пилягина (1985-1998), А. И. Полищука (1996, 2007-2023), А. Б. Пономарева (2001-2014), Я. А. Пронозина и др. (2014-2022), А. Г. Ройтмана (1990), Г. М. Скибина (2008-2014), Е. А. Сорочана (1986), С. Н. Сотникова (1990-1998), В. К. Соколова (1982), В. М. Улицкого и др. (1990-2002), В. Б. Швеца (1985), Г. И. Швецова (1991-2002), О. А. Шулятьева (2016-2021), С. В. Ющубе (1993-2002) и других. Обобщение этих материалов позволило составить классификацию способов усиления фундаментов, которая может быть использована при подготовке технических решений и проектов.

Усиление фундаментов, упрочнение грунтов оснований возникают обычно при реконструкции и восстановлении зданий, включая их капитальный ремонт и надстройку дополнительных этажей. Такие вопросы приходится решать и при возобновлении приостановленного строительства (например, после консервации), при проявлениях неравномерных осадок сооружений, выравнивании кренов зданий, строительстве объектов в стесненных условиях, а также некоторых других случаях, когда нарушается нормальная эксплуатация зданий. По результатам обобщения отечественного и зарубежного опыта составлена классификация способов усиления оснований и фундаментов, в которой выделяются три основных направления:

- 1) восстановление несущей способности фундаментов;
- 2) увеличение несущей способности оснований и фундаментов;
- 3) разгрузка конструкций фундаментов.

Основная особенность предлагаемой классификации заключается в том, что она объединяет способы усиления фундаментов, упрочнения оснований не по конструктивным признакам и видам фундаментов, а по условиям (схемам) их работы (рис. 1) [1, 5]. Это дает возможность выбора целесообразных решений для подготовки технических решений и проектов при усилении оснований и фундаментов зданий и сооружений.

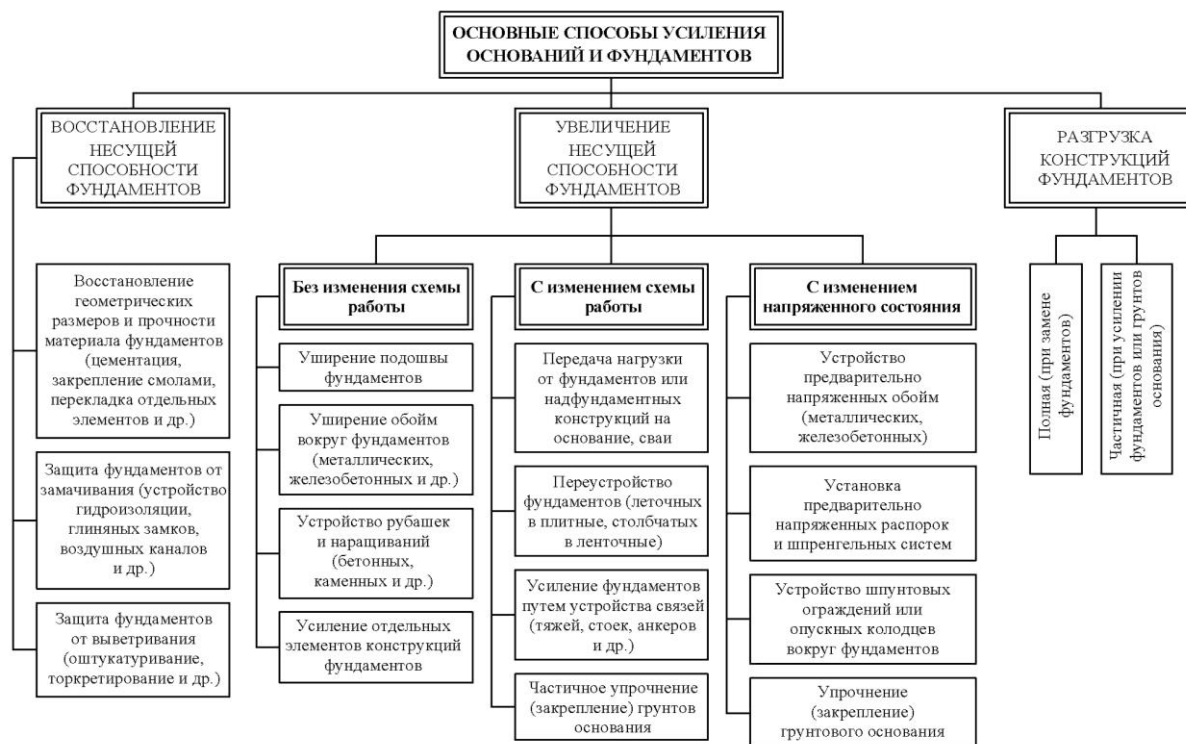


Рис. 1. Классификация способов усиления оснований и фундаментов зданий (сооружений)

Восстановление несущей способности фундаментов

Первое направление классификации — восстановление несущей способности фундаментов (рис. 1) выполняется обычно в том случае, если бутовые, кирпичные бетонные или железобетонные фундаментные конструкции имеют дефекты в виде повреждений боковой поверхности, расслоения кладки, разрыва тела фундаментов. Появление таких дефектов обусловлено воздействием на фундаменты агрессивной среды (подземных вод, химических растворов и производственных стоков), морозным пучением грунта и материала фундаментов, механическими повреждениями и физическим износом строительных конструкций.

Восстановление несущей способности фундаментов производится обычно без существенного изменения их геометрических размеров. Для восстановления несущей способности бутовых, кирпичных и бетонных фундаментов используют методы закрепления кладки (тела фундаментов) цементными, цементно-песчаными растворами, смолами и другими химическими реагентами, а также методы перекладки фундаментов под стены зданий (рис. 2). Если же восстанавливается прочность бетонных и железобетонных фундаментов (без существенного изменения геометрических размеров подошвы), то применяют кирпичные или железобетонные стенки. Иногда используют комбинированные способы восстановления прочности бутовых и кирпичных фундаментов: сначала устраивают обойму с постановкой в нее

инъекторов, а после твердения бетона (раствора) обоймы производят цементацию, смолизацию или используют другие способы закрепления кладки [3, 6, 8]. В случае защиты фундаментов от замачивания и восстановления их несущей способности в последние годы находят применение различные способы устройства гидроизоляционных покрытий, воздушных каналов, глиняных замков и др. (рис. 3).

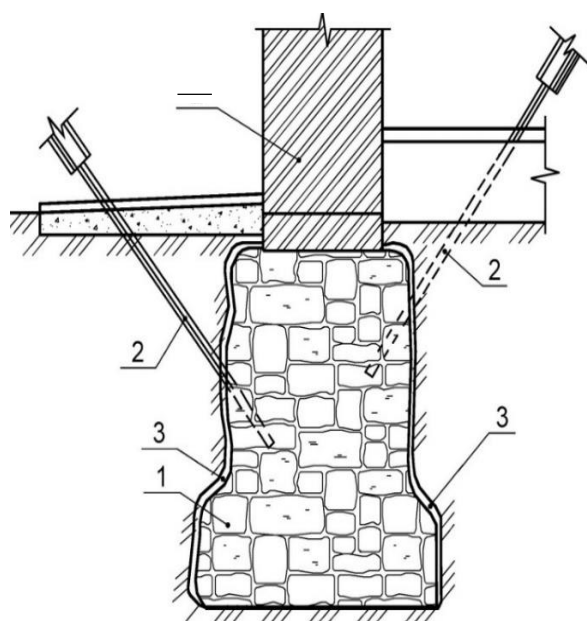


Рис. 2. Восстановление несущей способности ленточных фундаментов путем закрепления бутовой кладки цементацией:

1 – усиливаемый фундамент; 2 – инъекторы для нагнетания подвижного (жидкого) цементного раствора; 3 – наплывы раствора; 4 – кирпичная стена

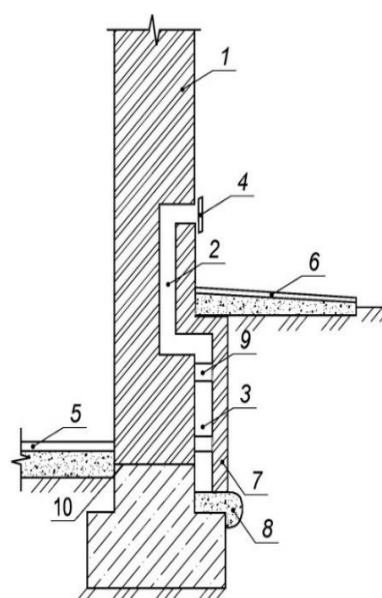


Рис. 3. Восстановления несущей способности фундаментов путем устройства воздушных каналов с внутренней стороны стены (защита от замачивания):

1 – осушаемая стена; 2 – канал, пробиваемый в стене; 3 – воздушная щель; 4 – вентиляционная решетка; 5 – пол аэрируемого этажа; 6 – отмостка; 7 – стенка воздушной щели (из кирпича толщиной 120 мм); 8 – бетонное основание под стенку; 9 – распорки; 10 – существующая горизонтальная гидроизоляция

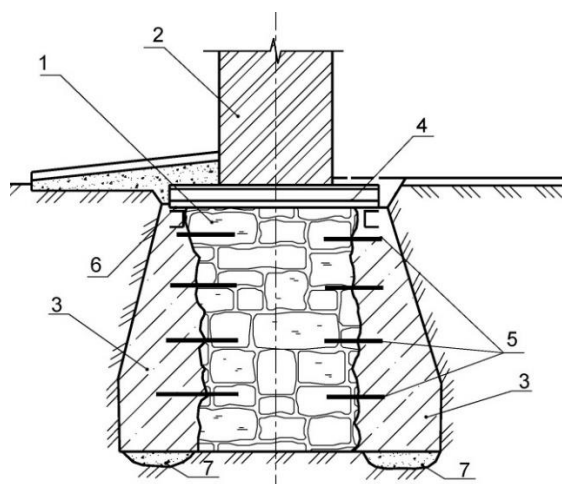
Надземные фундаментные конструкции могут быть подвержены выветриванию. Особенно это характерно для старинных зданий, памятников истории и культуры. Для восстановления несущей способности таких фундаментных конструкций и защиты их от выветривания применяют обычно методы оштукатуривания и торкретирования поверхностей [10].

Увеличение несущей способности оснований и фундаментов

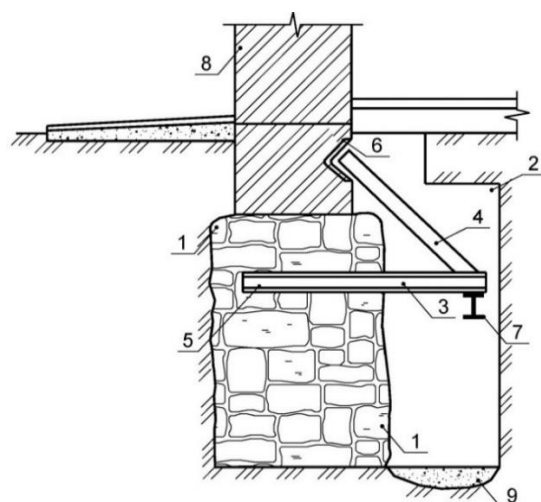
По второму направлению классификации (рис. 1) объединяют способы усиления оснований и фундаментов зданий, при которых требуется увеличение их несущей способности. Обычно это связано с повышением нагрузок на строительные конструкции зданий. При таком усилении выделяются три основных случая:

- увеличение несущей способности фундаментов без изменения схемы работы;
- увеличение несущей способности оснований и фундаментов с изменением схемы работы;
- увеличение несущей способности фундаментов с изменением напряженного состояния (фундаментов или грунтов основания).

Увеличение несущей способности фундаментов без изменения схемы работы (расчетной схемы) производится путем уширения подошвы фундаментов, устройства обойм, рубашек, наращиваний вокруг фундаментов (бетонных, железобетонных, металлических, комбинированных), усиления отдельных элементов (рис. 4). При этом расчетная схема таких фундаментов до и после реконструкции, восстановления зданий остается обычно без изменения.



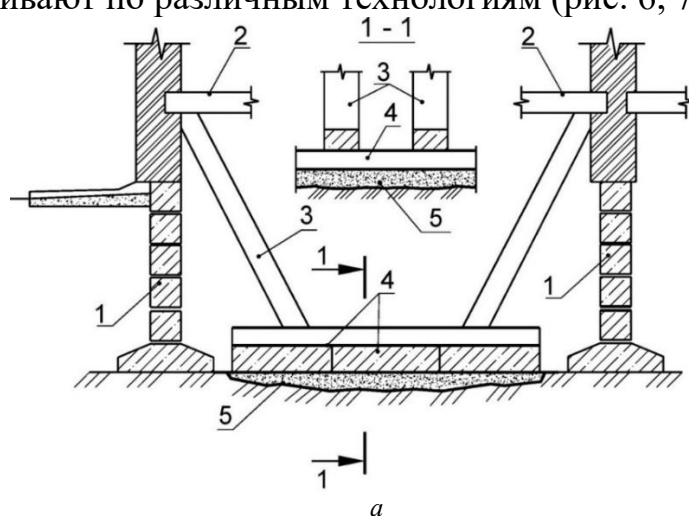
- 1 – усиливаемый фундамент;
2 – кирпичная стена; 3 – приливы из бетона; 4 – металлические балки, устанавливаемые в пробитые отверстия; 5 – металлические штыри из арматурной стали;
6 – металлические балки, закрепляемые на сварке к поперечным балкам;
7 – зоны уплотненного грунта



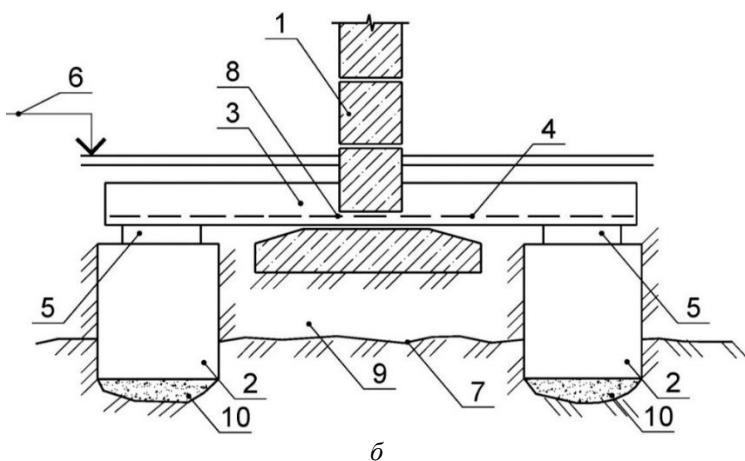
- 1 – усиливаемый фундамент; 2 – монолитный бетонный банкет; 3 – несущая балка; 4 – подкос; 5 – анкер; 6 – упорный уголок;
7 – распределительная балка;
8 – кирпичная стена; 9 – зона уплотненного грунта

Рис. 4. Увеличение несущей способности ленточных фундаментов путем устройства монолитной железобетонной плиты и многосекционных свай вдавливания

Увеличение несущей способности оснований и фундаментов с изменением схемы их работы (расчетной схемы) производится путем передачи части нагрузки от фундаментов или надфундаментных конструкций на грунты основания. Это достигается за счет специальных технических и технологических решений, например, использования различных подкосов, стальных и железобетонных балок, дополнительных опор-фундаментов из бетона и железобетона и др. (рис. 5). При этом следует отметить, что в последние годы в условиях реконструкции и восстановления зданий все чаще внедряются способы усиления фундаментов путем передачи внешней нагрузки на сваи. Для этого применяют различные виды буровых, набивных, инъекционных, буроинъекционных, вдавливаемых, винтовых и других свай, которые устраивают по различным технологиям (рис. 6, 7).



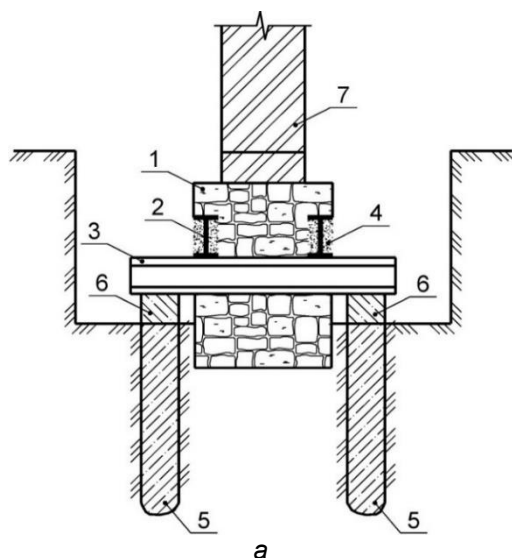
- 1 – усиливаемые фундаменты;
- 2 – плита перекрытия;
- 3 – рамная конструкция из железобетона или металла;
- 4 – дополнительная опора фундамента из сборных железобетонных плит;
- 5 – зона уплотненного грунта



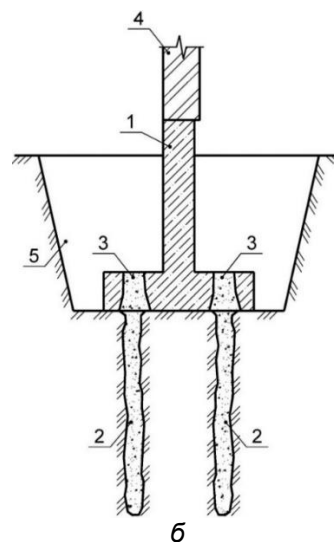
- 1 – сборный ленточный фундамент;
- 2 – дополнительные опоры-фундаменты из бетона (железобетона);
- 3 – монолитные железобетонные балки усиления;
- 4 – рабочая арматура балок;
- 5 – подкладки;
- 6 – отметка пола подвала;
- 7 – несущий слой грунта;
- 8 – отверстие между фундаментными блоками для пропуска рабочей арматуры балок;
- 9 – слой слабого грунта;
- 10 – зоны уплотненного грунта

Рис. 5. Увеличение несущей способности ленточных фундаментов путем устройства дополнительных опор:

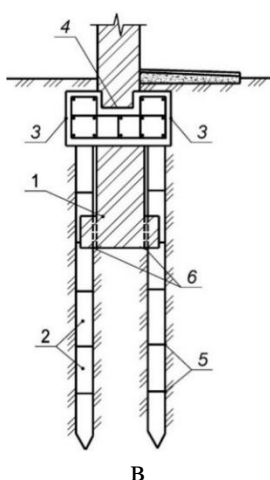
a – в виде рамной конструкции сборных железобетонных плит; *б* – в виде балочных конструкций и опор фундаментов из бетона или железобетона



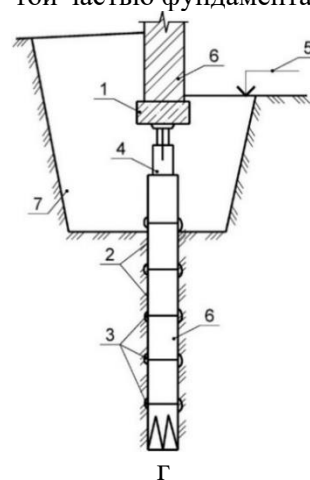
а
1 – усиливаемый фундамент; 2 – продольные металлические балки, устанавливаемые в пробитые борозды (штрабы);
3 – поперечные металлические балки;
4 – цементно-песчаный раствор;
5 – набивные сваи; 6 – железобетонная обвязка по сваям; 7 – кирпичная стена



б
1 – усиливаемый фундамент; 2 – буроинъекционные сваи, устраиваемые через плитную часть фундамента; 3 – конусные отверстия в плитной части фундамента, устраиваемые после установки арматурных каркасов и инъекции цементно-песчаного раствора в сваи; 4 – кирпичная стена; 5 – пазух, заполняемый грунтом после устройства стыка свай с плитой частью фундамента



в
1 – усиливаемый фундамент; 2 – звенья составных железобетонных свай;
3 – железобетонные балки, устраиваемые вдоль фундамента здания; 4 – железобетонные монолитные перемычки, устраиваемые с шагом 1–1,5 м; 5 – стыки свай; 6 – сколотая поверхность плитной части фундамента



г
1 – железобетонный ростверк; 2 – звенья из металлических труб длиной 50–60 см;
3 – сварка; 4 – гидравлический домкрат; 5 – отметка пола подвала; 6 – кирпичная стена; 7 – пазух, заполняемый грунтом с уплотнением после вдавливания свай

Рис. 6. Увеличение несущей способности ленточных фундаментов путем передачи части нагрузки от стены здания на сваи:

а – набивные, устраиваемые вдоль фундамента под поперечные металлические балки;
б – буроинъекционные, устраиваемые через плитную часть фундамента; *в* – вдавливаемые, устраиваемые вдоль фундамента под продольные железобетонные балки; *г* – вдавливаемые, устраиваемые под фундаментом

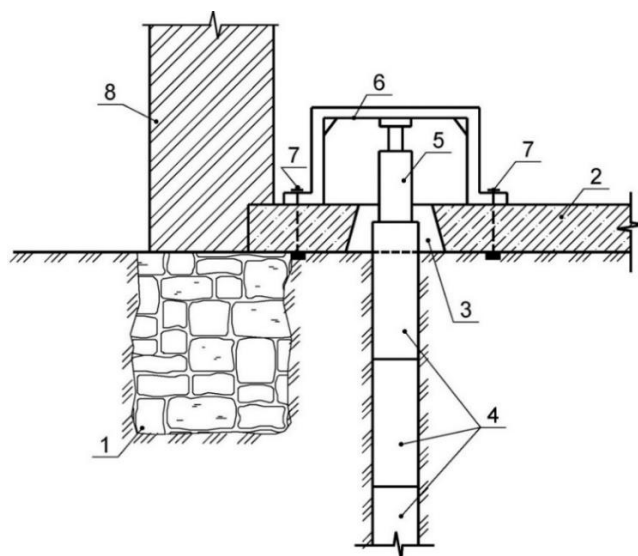
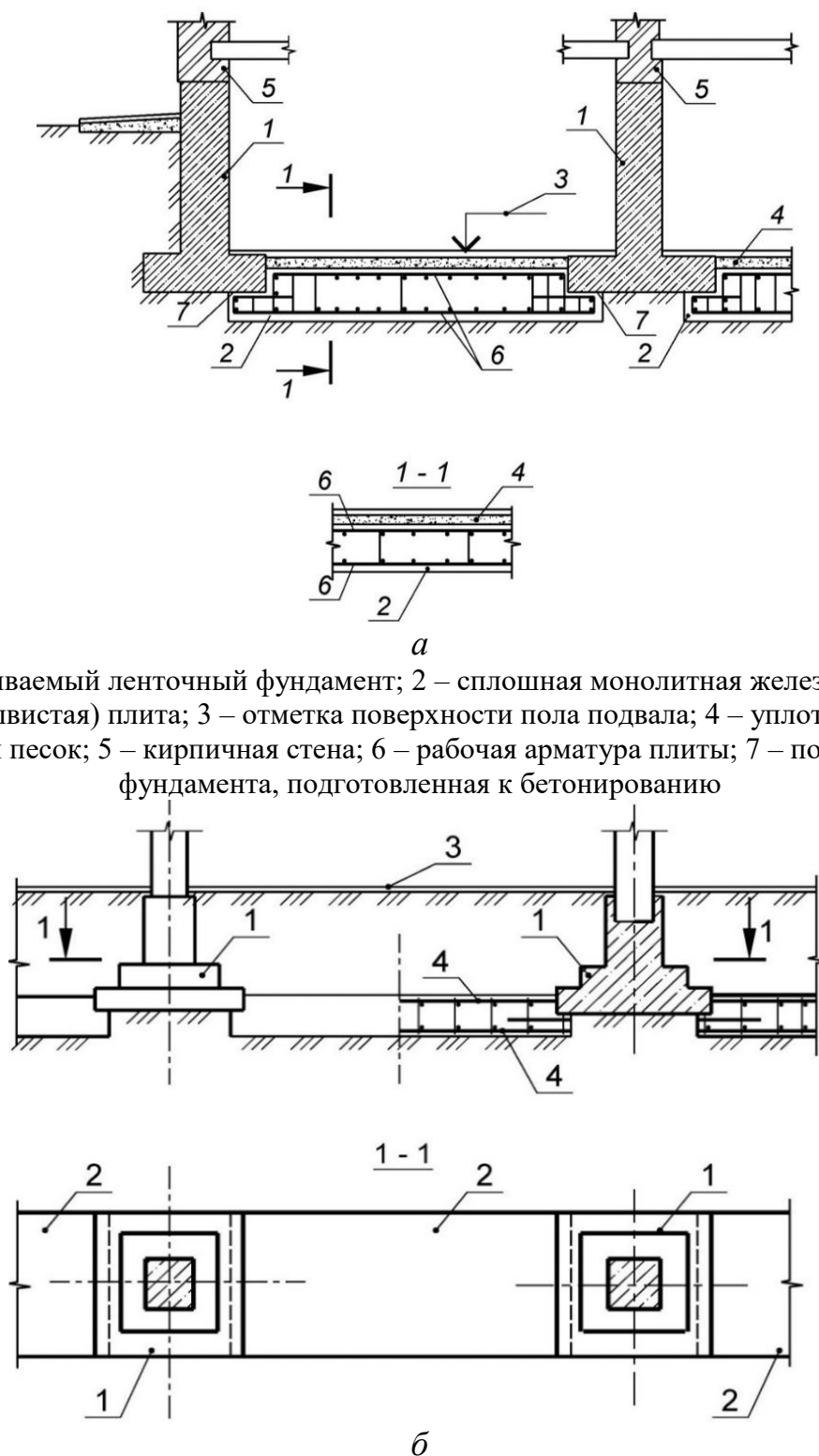


Рис. 7. Увеличение несущей способности фундаментов путем устройства монолитной железобетонной плиты и многосекционных свай вдавливания:
1 – усиливаемый ленточный фундамент; 2 – монолитная железобетонная плита;
3 – отверстие в плите, устраиваемая при ее бетонировании; 4 – звенья составной железобетонной сваи; 5 – длинношточный гидравлический домкрат;
6 – металлический упор; 7 – анкерные болты; 8 – кирпичная стена

Увеличение несущей способности фундаментов с изменением схемы их работы может быть также достигнуто путем переустройства ленточных фундаментов в плитные, а столбчатые — в ленточные. Для этого разработаны соответствующие технические решения и имеется практический опыт их внедрения (рис. 8). Кроме того, увеличение несущей способности фундаментов с изменением схемы их работы осуществляется путем устройства дополнительных связей в виде анкеров, тяжей, стоек или частичного закрепления грунтов основания (В. С. Плевков, А. И. Полищук, А. И. Мальганов, 1993–1996). Такие способы усиления фундаментов находят применение в условиях реконструкции промышленных зданий [2, 4, 13].

Увеличение несущей способности фундаментов с изменением их напряженного состояния достигается путем установки предварительно напряженных подкосов, шпренгельных систем, железобетонных или металлических обойм. Обычно такие конструктивные решения применяются при усилении плитной и стаканной частей железобетонных фундаментов: отдельно стоящих, ленточных (А. И. Мальганов, А. И. Полищук и др., 1992–2000). Увеличение несущей способности фундаментов с изменением напряженного состояния грунтов основания осуществляется путем устройства шпунтовых ограждений или опускных колодцев вокруг фундаментов. В этом случае основания рассматриваемых фундаментов начинают работать в условиях, близких к компрессионному уплотнению (без возможности бокового расширения), и их несущая способность повышается.



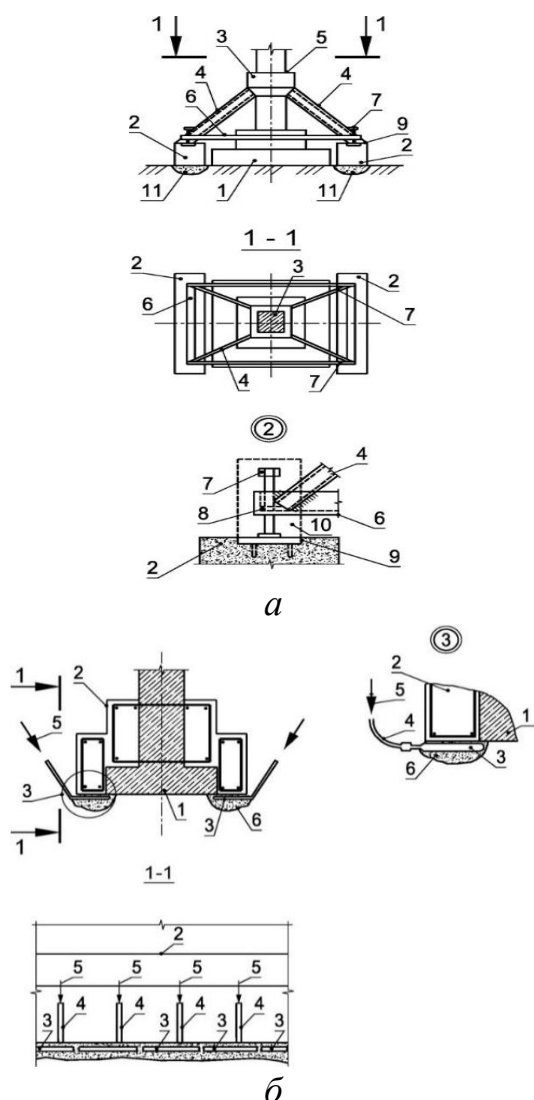
1 – усиливаемый ленточный фундамент; 2 – сплошная монолитная железобетонная (прерывистая) плита; 3 – отметка поверхности пола подвала; 4 – уплотненный крупный песок; 5 – кирпичная стена; 6 – рабочая арматура плиты; 7 – поверхность фундамента, подготовленная к бетонированию

1 – усиливаемый столбчатый фундамент; 2 – монолитные железобетонные плиты; 3 – поверхность пола; 4 – арматурные каркасы

Рис. 8. Увеличение несущей способности фундаментов путем изменения их конструктивного решения:

a – переустройство ленточных фундаментов в плитные; *б* – то же столбчатых фундаментов в ленточные

Довольно часто в отечественной и зарубежной практике решение задач по повышению нагрузок на фундаменты достигается путем упрочнения оснований. Для этого, при реконструкции и восстановлении зданий, используют физико-химические способы закрепления (упрочнения) грунтов: цементация, силикатизация, смолязация, термическое закрепление, высоконапорная инъекция растворов и др. [2, 3, 7, 9]. Важным моментом увеличения несущей способности фундаментов является обеспечение их совместной работы с основанием. Достигается это путем включения в совместную работу с грунтом элементов усиления фундаментов при помощи специальных мероприятий и приспособлений. Например, за счет предварительного обжатия грунта трамбованием в местах установки дополнительных опор-фундаментов, использования специальных распорных приспособлений и др. (рис. 9)



- 1 – усиливаемый фундамент;
2 – железобетонные элементы усиления фундамента;
3 – металлическая или железобетонная обойма вокруг колонны;
4 – подкосы из прокатного металла;
5 – верхняя обвязка из уголка;
6 – низкая обвязка из уголка или швеллера;
7 – распорные болты;
8 – гайки, приваренные к нижней обвязке;
9 – закладные детали в элементах усиления;
10 – обетонирование нижней обвязки и распорных болтов;
11 – зона обжатого грунта основания

- 1 – усиливаемый фундамент;
2 – железобетонные элементы усиления фундамента;
3 – мембранная распорная подушка (конверт из кровельного железа);
4 – трубопровод с манометром для подачи цементного раствора;
5 – цементный раствор, закачиваемый под давлением и выдерживаемый до его схватывания;
6 – зона обжатого грунта основания

Рис. 9. Увеличение несущей способности фундаментов путем предварительного обжатия грунта основания под элементами усиления:

а – через подкосы с распорными болтами; *б* – через мембранные распорные подушки

Разгрузка конструкций фундаментов

По третьему направлению классификации (рис. 1) объединяются способы усиления фундаментов, в которых за счет специальных конструктивных мероприятий происходит разгрузка фундаментов (полная или частичная) или ослабленных участков зданий. Это достигается за счет подведения разгружающих балок под части (блоки) зданий, устройства дополнительных поясов жесткости в стенах, вывешивания колонн для замены фундаментов и других приемов (рис. 10, 11).

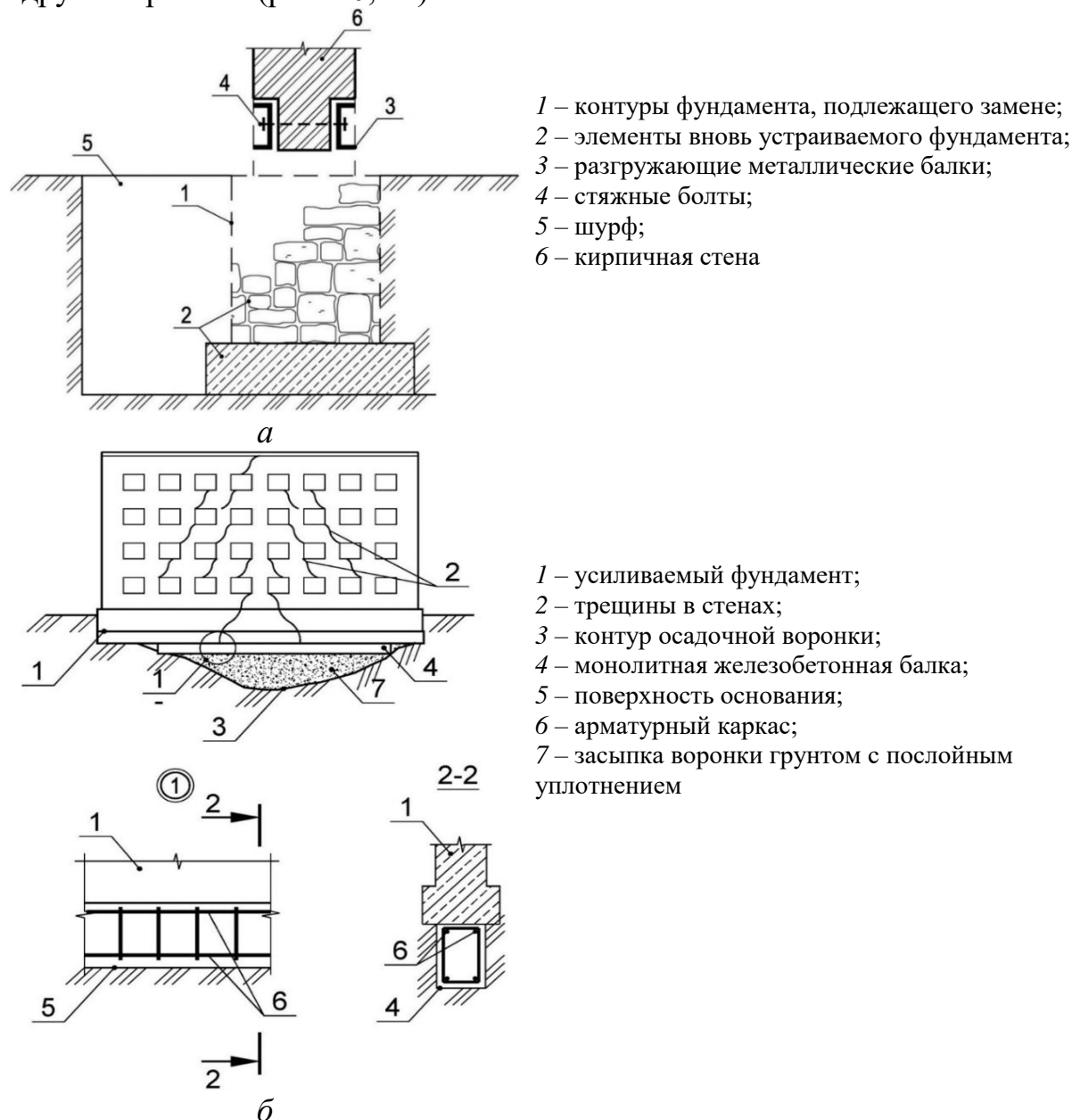


Рис. 10. Разгрузка конструкций фундаментов путем подведения несущих балок под участки здания:

а – установка разгружающих балок; *б* – устройство разгружающих балок под подошвой фундамента

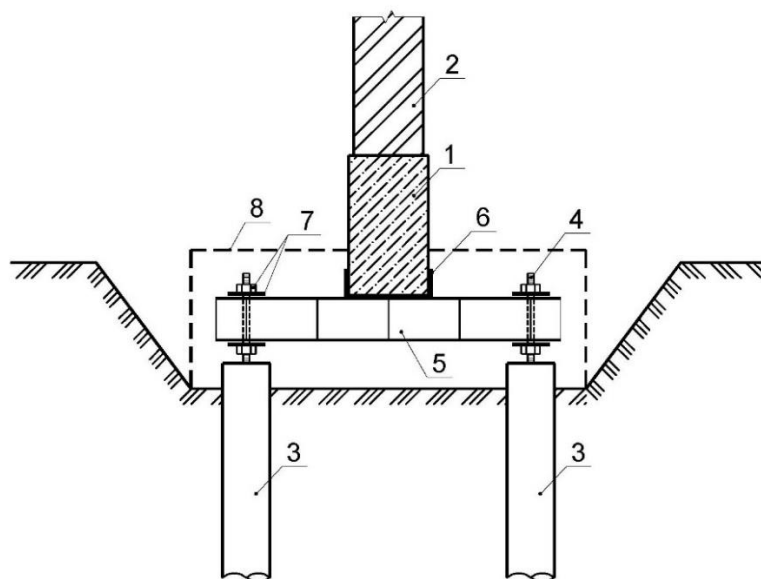


Рис. 11. Разгрузка существующего фундамента для полной передачи внешней нагрузки от стен здания через сваи на глубокие слои основания:

1 – существующий фундамент; 2 – кирпичная стена; 3 – буронабивные сваи; 4 – жесткий армирующий элемент с резьбой; 5 – поперечная металлическая балка; 6 – продольная распределительная металлическая балка; 7 – фиксирующая пластина с гайкой; 8 – контур объединяющего монолитного ростверка

В целом, обобщение вышеизложенных материалов свидетельствует о достаточно большом разнообразии способов усиления фундаментов, укрепления оснований реконструируемых зданий. При выборе способа усиления необходимо учитывать целый комплекс вопросов, включающих не только инженерно-геологические особенности строительных площадок, вид, конструктивные признаки, но и условия (схемы) работы фундаментных конструкций.

Список источников

Полищук, А. И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А. И. Полищук. – 3-е изд. доп. – Нортхэмптон: STT; Томск: STT, 2007. – 476 с.

2. СП 47.13330.2016. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. – М.: Минрегион России, 2016. – 110 с.

Основы расчета и конструирования фундаментов многоэтажных, высотных и уникальных зданий: научно-практическое пособие / М. Б. Мариничев, О. Ю. Ещенко, В. А. Демченко, И. Г. Ткачев. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – 224 с.

Мариничев, М. Б. Исследование работы буровых свай в составе фундаментов многоэтажных и высотных зданий: монография / М. Б. Мариничев. – Краснодар: КубГАУ: Просвещение-Юг, 2022. – 155 с.

5. Полищук, А. И. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Пол А. Иишук, А. П. Петухов, А. А. Тарасов; Под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. Глава 16. Усиление оснований и фундаментов зданий и сооружений. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2023. – С. 828-866.

6. Полищук, А. И. Основания и фундаменты, подземные сооружения: учебник / А. И. Полищук, М. Б. Мариничев; Под общ. ред. А. И. Полищука. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2023. – 558 с.
7. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Минрегион России, 2016. – 244 с.
8. Полищук А. И. Рекомендации по определению значений модуля деформации грунтов по результатам компрессионных испытаний с использованием региональных корректировочных коэффициентов / А. И. Полищук, В. В. Фурсов, М. В. Балюра // Региональные нормативы градостроительного проектирования ТО. – Томск: Администрация ТО, 2007. – 22 с.
9. Полищук, А. И. Усиление фундаментов инъекционными сваями при реконструкции зданий: монография / А. И. Полищук, А. А. Петухов, И. В. Семёнов; Под ред. д-ра техн. наук, проф. А. И. Полищука. – 2-е изд. доп. – М.: Изд-во АСВ, 2023. – 212 с.
10. Коновалов, П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий / 5-е изд. перераб. и доп. / К. П. Аоновалов, В. П. Коновалов. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 384 с.
11. Сорочан, Е. А. Фундаменты промышленных зданий / Е. А. Сорочан. – М.: Стройиздат, 1986. – 303 с.
12. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования мониторинга технического состояния. Межгосударственный стандарт. – М.: МНТК, 2011. – 89 с.
13. Мальганов, А. И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1992. – 456 с.

© Полищук А. И., Мариничев М. Б., 2026