



Кубанский государственный  
аграрный университет им. И. Т. Трубилина

# Лекция 14 по дисциплине: «Основания и фундаменты сооружений» Специальность - 08.05.01 Строительство уникальных зданий

Полищук А. И.  
заведующий кафедрой  
оснований и фундаментов,  
д-р техн. наук, профессор



Основные положения

**Реконструкция зданий** — это комплекс строительных работ (мероприятий) связанных с изменением основных технико-экономических показателей здания (количества и площади квартир, строительного объема, общей площади здания, вместимости и др.) или его функционального назначения.

- **Надстройка** дополнительных этажей (в том числе подземных);
- **Пристройка** дополнительных зданий (частей зданий)



Основные положения

Восстановление зданий – это комплекс строительных работ, в результате которых деформируемые (разрушаемые) строительные конструкции приводятся в прежнее (первоначальное) состояние

Капитальный ремонт зданий – это комплекс строительных работ (мероприятий), связанных с восстановлением исправности или заменой строительных конструкций, частей здания в связи с их физическим износом



Основные положения

Восстановление зданий – это комплекс строительных работ, в результате которых деформируемые (разрушаемые) строительные конструкции приводятся в прежнее (первоначальное) состояние

Фундамент реконструируемого здания – это его строительная часть, обычно подземная или подводная, передающая нагрузки от строительных конструкций на основание



**Этапы проектирования****1. Получить сведения о реконструируемом здании:**

- Собрать проектную и исполнительную документацию;
- Сформулировать цель и задачи реконструкции;
- Получить архивные материалы изысканий;

**2. Оценить грунтовые условия строительной площадки реконструируемого здания:**

- Выполнить изыскания (инженерно-геологические, геодезические, геотехнические и др.) в соответствии с техническим заданием;
- Проанализировать результаты изысканий и систематизировать полученные данные для проектирования (оценки работы) фундаментов реконструируемого здания

**3. Выполнить обследование фундаментов и надземных строительных конструкций:**

- Согласовать техническое задание на обследование и выполнение работы в целом;
- Выполнить обследование строительной площадки, грунтов основания, фундаментов, надземных строительных конструкций здания;
- Предварительно оценить их техническое состояние

**4. Выполнить поверочные расчеты оснований, фундаментов и оценить их техническое состояние:**

- Уточнить характеристик грунтов, нагрузки на фундамент до реконструкции здания;
- Провести поверочные расчеты оснований и фундаментов до реконструкции здания;
- Оценить техническое состояние фундаментов, включая грунты оснований до реконструкции здания

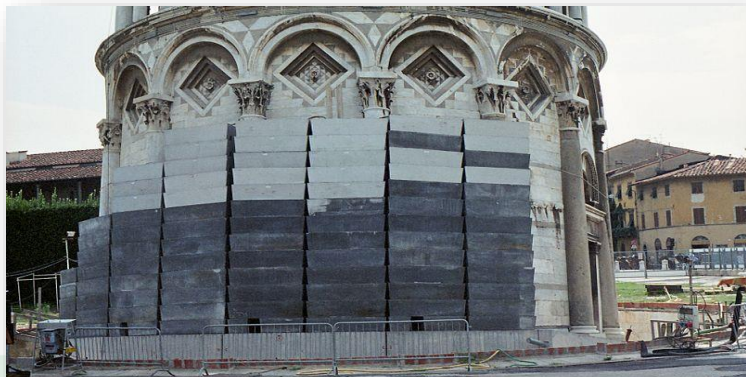
**5. Выполнить конструирование усиления фундаментов (упрочнения грунтов основания) реконструируемого здания:**

- Выбрать варианты усиления фундаментов;
- Выполнить конструирование и расчет выбранных вариантов усиления оснований и фундаментов;
- Обосновать целесообразность выбранного варианта фундамента и подготовить проектную (рабочую) документацию для производства работ



## Сведения о реконструируемом сооружении

**Пизанская башня** - часть ансамбля городского собора Санта-Мария Ассунта (Пизанский собор) в г. Пиза, получившая всемирную известность благодаря непреднамеренному наклону. Под южной частью Пизанской башни грунт более илистый и глинистый, чем под северной, из-за чего она стала крениться, едва ее начали строить (1360 г.). Падение Пизанской башни удалось остановить в 1990-х годах после проведения уникальных работ. Ее слегка выпрямили, уменьшив крен на полградуса. Высота башни составляет 56,7 м от поверхности земли. Диаметр ее в уровне поверхности - 15,5 м. Толщина наружных стен уменьшается от основания к вершине (у основания - 4,9 м, на высоте галерей - 2,48 м). Её масса оценивается в 14450 т. Текущий наклон составляет  $3^{\circ} 54'$



## Сведения о реконструируемых сооружениях

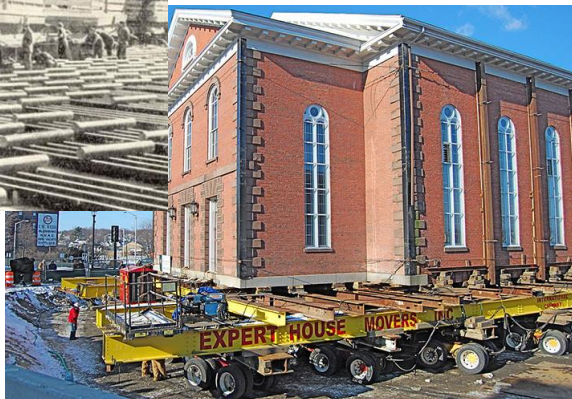
### *Передвижка гражданских зданий в условиях городской застройки*

а



а

б



а – с использованием катков и рельсовых путей (г. Москва),  
б – с использованием системы гидравлических тележек

### *Надстройки двух мансардных этажей в гражданских зданиях*



б



а, б – соответственно общественное и жилое

Сведения о реконструируемых  
сооружениях



Здание Гостиничного комплекса  
(г. Анапа, 2014 г.)



Здание Универсального бассейна  
(г. Анапа, 2013 г.)

### Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

#### **Реконструкция зданий (включая восстановление и капитальный ремонт)**

Реконструкция зданий практически всегда связана с повышением нагрузок на основания и фундаменты. При этом увеличиваются как постоянные, так и временные нагрузки за счет замены устаревшего технологического оборудования и увеличения плотности его размещения, установки мостовых и подвесных кранов большей грузоподъемности, замены и усиления отдельных строительных конструкций и т. п. В результате возрастания нагрузок давление по подошве фундаментов эксплуатируемых зданий (сооружений) может превысить расчетное сопротивление грунта основания, исходя из которого, их проектировали до реконструкции. Это вызывает необходимость усиления фундаментов путем увеличения размеров подошвы (опорной площади), упрочнения грунтов оснований либо другими способами (рис. 14.1).

Накопленный опыт реконструкции зданий показывает, что при увеличении нагрузок на строительные конструкции усиление фундаментов (упрочнение оснований) рекомендуется выполнять в том случае, когда отсутствует резерв несущей способности грунтов оснований.



Рисунок 14.1 – Увеличение нагрузок на фундаменты, грунты основания при реконструкции производственного здания (монтаж дополнительного мостового крана)

## Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

### **Разрушение материала фундаментов и снижение его гидроизолирующих качеств**

Разрушение фундаментов часто происходит в результате воздействия агрессивных подземных вод. Их появление в основании фундаментов связано с растворением солей в грунтах (лессовые и засоленные грунты), утечками химических растворов из технологических трубопроводов и канализационных сетей и др. При взаимодействии растворов солей с фундаментными конструкциями в порах материала фундаментов возникает большое давление за счет кристаллизации солей. Это приводит к снижению прочности бетона, раствора бутовой или кирпичной кладки и постепенному разрушению фундаментов (рис. 14.2).

Необходимость усиления фундаментов при их разрушении иногда обусловлена различными динамическими воздействиями. Вибрация механизмов, влияние сотрясений от движения транспорта и работы технологического оборудования, забивка свай вблизи существующих зданий и другие динамические воздействия могут привести к выкрашиванию раствора и расслоению бутовой (каменной) кладки, появлению трещин, сколов в бетонных и железобетонных фундаментах.

Довольно часто разрушение материала фундаментов и нижних участков стен происходит в результате нарушения гидроизоляции (рис. 14.3). Особенно это характерно для старых зданий, возведенных на бутовых и кирпичных фундаментах. За длительный период эксплуатации зданий культурный слой вокруг них постепенно увеличивается за счет подсыпок и асфальтирования дворовых территорий, поднятия отметок дорог и тротуаров вблизи зданий.



Рисунок 14.2 – Разрушение кирпичной кладки фундаментов здания в результате воздействия агрессивных подземных вод



Рисунок 14.3 – Разрушение кирпичной кладки стен подвала здания в результате нарушения их гидроизоляции

## Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

### **Разрушение материала фундаментов и снижение его гидроизолирующих качеств**

В результате этого горизонтальная гидроизоляция оказывается намного ниже наружной поверхности основания, и вода, находящаяся в грунте, беспрепятственно проникает в кладку стен и фундаментов, снижая их прочность. Беспрепятственному проникновению атмосферной воды в основание и поры материала фундаментов способствует также отсутствие или неисправность отмосток вокруг зданий (сооружений). Все это создает неблагоприятные условия для работы фундаментов, особенно в наиболее нагруженных местах. Сезонное промерзание и оттаивание влаги в грунте и фундаментной кладке на протяжении длительного времени приводят к деформациям стен подвала, фундаментных конструкций и их разрушению.

Известны случаи разрушения материала фундаментов при колебаниях уровня подземных вод. Наиболее характерным примером разрушения фундаментов является загнивание деревянных свай в месте их примыкания к ростверку при резком понижении уровня подземных вод, вызванном прокладкой подземных коммуникаций, инженерной подготовкой территорий и другими причинами. Однако, когда деревянные сваи постоянно находятся в воде, срок их службы может составлять 100–150 лет и более. Следовательно, при соответствующем обосновании такие фундаменты могут эксплуатироваться и при повышенных нагрузках, вызванных реконструкцией, восстановлением и капитальным ремонтом зданий.

Иногда в железобетонных фундаментах разрушается арматура в результате ее коррозии (рис. 14.4). Наиболее интенсивно эти процессы происходят при наличии блуждающих токов или влиянии агрессивной среды (растворы солей, кислот, щелочей). Коррозия приводит к уменьшению диаметра арматуры, что особенно опасно для плитных частей фундаментов (подушек). В фундаментных подушках развиваются трещины, уменьшается площадь подошвы фундамента, передающая давление от сооружения на грунт, и, следовательно, возникают значительные дополнительные осадки основания.



Рисунок 14.4 – Разрушение рабочей арматуры стеновой части железобетонного фундамента в результате ее коррозии

## Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

### **Нарушение условий устойчивости оснований**

Обычно нарушение условий устойчивости оснований в процессе эксплуатации зданий возникает по нескольким причинам. Чаще это связано с дополнительным увлажнением грунта, которое происходит при изменении гидрогеологических условий площадки, аварийных утечках воды из инженерных коммуникаций (водопровода, канализации, сетей теплоснабжения), неправильной планировки территорий и т.п. В результате дополнительного увлажнения ухудшаются физико-механические свойства грунтов и происходит ослабление основания. При этом существенное влияние на устойчивость основания оказывают прочностные характеристики грунта. У некоторых видов глинистых грунтов при увлажнении резко снижаются характеристики удельного сцепления и в меньшей степени – угла внутреннего трения. Это приводит к появлению недопустимых осадок фундаментов и деформациям других строительных конструкций; возникает опасность потери несущей способности основания и возможность его отказа. В отдельных случаях ослабление основания в результате уменьшения прочностных характеристик грунта приводит здание в аварийное состояние (рис. 14.5).

Известны случаи нарушения устойчивости основания при динамических воздействиях, карстово-суффозионных процессах с образованием провальных воронок под фундаментами, при интенсивном гниении органических веществ, содержащихся в грунте, а также при дополнительном увлажнении просадочных, набухающих и засоленных глинистых грунтов.

Нарушения условий устойчивости основания наблюдаются и на сезонномерзлых грунтах, что обусловлено процессами оттаивания основания при проникновении в него тепловых потоков, и в некоторых других случаях. Таким образом, нарушение устойчивости основания приводит к серьезным повреждениям эксплуатируемых зданий и вызывает необходимость проведения трудоемких ремонтно-восстановительных работ.



Рисунок 14.5 – Развитие трещин в несущих стенах жилого здания вследствие появления неравномерных осадок фундаментов

### Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

#### **Развитие значительных деформаций зданий**

Наиболее типичной ошибкой при инженерно-геологических изысканиях является недостаточный объем выполняемых работ (М. Ю. Абелев, 1983; Р. А. Мангушев, Захаров М. С., 2014). Недостаточное количество пройденных скважин и шурфов, малое количество отобранных проб и монолитов приводят к искажению информации о свойствах грунтов основания. В результате отсутствия достоверной информации о литологическом строении площадки на некоторой глубине от подошвы фундаментов могут оказаться инженерно-геологические элементы (или линзы) торфяных, илистых или других слабых неоднородных грунтов с органическими включениями, сжимающихся под нагрузкой и подвергающихся разложению, что вызывает развитие недопустимых деформаций зданий.

Известны примеры получения искаженных данных о прочностных и деформационных характеристиках грунтов в результате неправильно принятых методик исследования, а также из-за недостаточного внимания к химическим свойствам грунтовых вод, наличию быстрорастворимых солей в толще основания (М. Ю. Абелев, 1975, 1993).

К числу ошибок при проектировании фундаментов относится неправильная оценка специфических свойств грунтов и несущей способности основания при промерзании и оттаивании сезонно-мерзлых грунтов, вероятном повышении уровня подземных вод, проникновении в грунт растворов солей, кислот и других химических веществ.

Недоучет особенностей строительства в районах распространения просадочных, набухающих, засоленных и других структурно неустойчивых грунтов, а также оснований с глубоким сезонным промерзанием часто приводит к недопустимым деформациям зданий и сооружений (рис. 14.6).



Рисунок 14.6 – Развитие трещин в несущих стенах жилого здания вследствие недоучета особенностей строительства в районе распространения просадочных грунтов

### Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

#### **Развитие значительных деформаций зданий**

Ошибки при проектировании бывают вызваны недооценкой состава и характера передачи нагрузок, действующих на фундаменты. При многократно повторенных знакопеременных нагрузках могут возникнуть дополнительные осадки и недопустимые крены сооружений (В. А. Ильичев, 1992; Л. Р. Ставницер, 2010).

Развитие значительных деформаций зданий и сооружений иногда вызвано неправильно выбранными расчетными схемами и методами расчета при проектировании. Известны случаи, когда при проектировании зданий на сильно сжимаемых грунтах проектировщики не предусматривали в проекте мероприятий по увеличению пространственной жесткости здания, что приводило к недопустимым трещинам в стенах и деформациям других строительных конструкций (рис. 14.7). Отсутствие осадочных швов в месте примыкания частей здания разной этажности, а также значительное различие давлений по подошве фундаментов одного и того же здания вызывало развитие неравномерных осадок фундаментов (П. А. Коновалов и др., 2011; А. И. Полищук и др., 2019). Известны также примеры, когда в результате ошибочно принятых расчетных схем при проектировании отдельных фундаментов и ростверков под колонны происходило продавливание дна железобетонного стакана (А. М. Болдышев, А. И. Мальганов, 1980–1986).



Рисунок 14.7 – Трещины в кирпичной стене гражданского здания вследствие нарушения прочности грунта в уровне подошвы фундаментов

## Причины усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

### **Развитие значительных деформаций зданий**

Ошибки, допускаемые при устройстве оснований и фундаментов, являются наиболее частыми в практике строительства и вызывают развитие недопустимых деформаций зданий и сооружений. Проблемы возникают при нарушении структуры грунта из-за неправильной организации работ по водопонижению площадки и откачке воды из выемок, при интенсивном высыхании дна котлованов после замачивания атмосферными водами, при разработке траншей и других выемок на площадках со слабыми глинистыми грунтами. Развитие недопустимых деформаций зданий и сооружений в процессе строительства происходит иногда за счет промораживания и оттаивания грунта при несвоевременной засыпке пазух фундаментов или отсутствия защиты фундаментов от промерзания (М. А. Малышев, В. В. Фурсов и др., 1992).

В практике строительства встречаются случаи, когда отсутствует контроль над качеством выполняемых работ; основания и фундаменты устраиваются с нарушением строительных норм. Характерными примерами являются погружение свай с отклонением от проектного положения, некачественное уплотнение подсыпок в основании фундаментов, промораживание бетона фундаментных конструкций, укладка бетонной смеси монолитных ростверков по загрязненным оголовкам свай.

Нередко строители считают необязательным предохранять наружные и внутренние стены подвалов от воздействия грунтовой воды путем устройства гидроизоляции, глиняных замков и водонепроницаемых экранов, устройства поверхностного стока воды, отмосток и тротуаров вокруг зданий. Проблемы при строительстве и эксплуатации зданий могут возникнуть, если не выполнить работы по предпостроечному уплотнению оснований, сложенных слабыми водонасыщенными глинистыми, заторфованными и другими структурно неустойчивыми грунтами. Известны случаи деформаций эксплуатируемых зданий, когда в непосредственной близости от них выполнялись работы по устройству траншей, котлованов и фундаментов сооружений.

Ошибки, допускаемые в процессе эксплуатации зданий и сооружений, также вызывают развитие их неравномерных деформаций. Чаще всего деформации конструкций в этом случае происходят в результате замачивания грунтов водой, фекальными стоками и технологическими растворами, поступающими в основание из неисправных инженерных коммуникаций.

Нарушение нормальной эксплуатации зданий возникает и при перегрузке несущих строительных конструкций перекрытий за счет установки дополнительного оборудования, а также при увеличении толщины чердачного утеплителя или кровли зданий. Проблемы при эксплуатации зданий возникают и при нарушении температурно-влажностного режима внутри помещений, при неправильном устройстве проемов в железобетонных стенах и в других случаях.

## Классификация причин усиления фундаментов, упрочнения грунтов основания

Нарушения эксплуатации зданий позволили составить классификацию основных причин, вызывающих необходимость усиления фундаментов и упрочнения грунтов оснований (рис. 14.8).

Рисунок 14.8 – Классификация основных причин, вызывающих необходимость усиления фундаментов и упрочнения грунтов оснований



## Инженерно-геологические изыскания при реконструкции зданий

Под **инженерно-геологическими изысканиями** в условиях реконструкции и восстановления зданий (включая капитальный ремонт, надстройки дополнительных этажей и др.) понимается комплекс мероприятий, выполняемых для получения материалов об инженерно-геологических условиях площадок и анализа их изменения за период эксплуатации зданий.

Инженерно-геологические изыскания выполняются специализированными организациями на основе технического задания, которое выдается заказчиком и согласовывается с проектной организацией. **Техническое задание** является основным документом для составления изыскательской организацией программы работ, в которой обосновываются этапы, состав, объемы, методы и последовательность их выполнения. в условиях реконструкции (восстановления) зданий инженерно-геологические изыскания имеют свои особенности, которые заключаются в следующем:

1. Изыскания, как правило, выполняются **в стесненных условиях**, поэтому возникает проблема установки инженерно- геологического оборудования.

2. Подземное пространство эксплуатируемых зданий практически всегда **насыщено инженерными коммуникациями** (водопровод, канализация, тепломатриали, кабели и др.), что затрудняет получение в полном объеме материалов по инженерно-геологическим условиям площадок и данных по их изменению за период эксплуатации зданий.

3. Изыскания выполняются, как правило, **без учета влияния техногенных процессов** на грунтовые условия площадок эксплуатируемых зданий.

В практике инженерно-геологических изысканий на застроенных территориях применяются методики исследований свойств и состояния грунтов, основанные **на внедрении приборов** в труднодоступные участки сжимаемой толщи основания фундаментов существующих зданий. К их числу относится методика, разработанная НИУ МГСУ (В. С. Сидорчук, З. Г. Тер-Мартirosян и др.), которая базируется на вдавлении в грунт с поверхности основания или шурфов под различными углами к поверхности различных датчиков (месдоз, динамометрических пластинок). С помощью этих датчиков, снарядов оценивается напряженное состояние грунтов и устанавливаются деформационные, прочностные и другие их свойства (рис. 14.9).

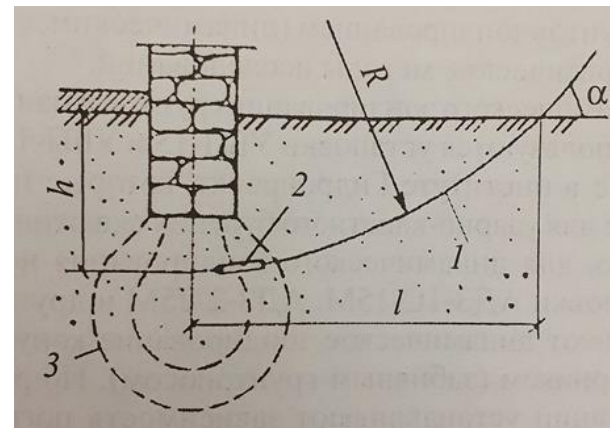


Рисунок 14.9 – Схема движения снаряда (пневмопробойника) для исследования грунтов основания здания (по Р.С.Зиангирову и Г.А.Разумову): 1 – криволинейная траектория движения снаряда; 2 – пневмопробойник; 3 сжимаемая толща под фундаментом здания

## Инженерно-геологические изыскания при реконструкции зданий

**Статическое зондирование** грунтов в нашей стране широко применяется примерно с 1960 года и в настоящее время в условиях реконструкции зданий используется для выделения инженерно-геологических элементов (мощности, границ распространения), оценки пространственной изменчивости и строительных свойств грунтов, определения несущей способности свай и некоторых других целей. На использование данного метода в строительстве разработан государственный стандарт и нормативные документы (ГОСТ 19912-2012; СП 22.13330.2016).

Для статического зондирования грунтов применяются **отечественные установки** С-832М, С-979 и СП-59, которые монтируются на базе автомобилей (С-832М), колесных тракторов (СП-59), но могут быть и автономными (С-979). В практике инженерно-геологических изысканий применяются и другие конструкции установок для статического зондирования грунтов (рис. 14.10). В НИИОСП им. Н. М. Герсеванова (АО «НИЦ Строительство») был разработан комплект аппаратуры для статического зондирования (**ПИКА-2Н, Г1ИКА-9, ПИКА-10 и др.**), позволяющий дополнительно измерять также температуру грунта при погружении и / извлечении зонда, поровое давление, гамма-активность и другие параметры (Б. И. Кулачкин, 1989). Глубина погружения зондов в отечественных установках составляет до 25 м, а максимальное вдавливающее усилие - до 140 кН.

Практика инженерно-геологических изысканий в условиях реконструкции, восстановления зданий показывает, что статическое зондирование лучше использовать **в сочетании с традиционными методами испытаний грунтов (компрессионными, сдвиговыми и др.)**. Это позволяет установить необходимые корреляционные зависимости и получить достоверные данные о нужных для расчетов параметрах грунтов.

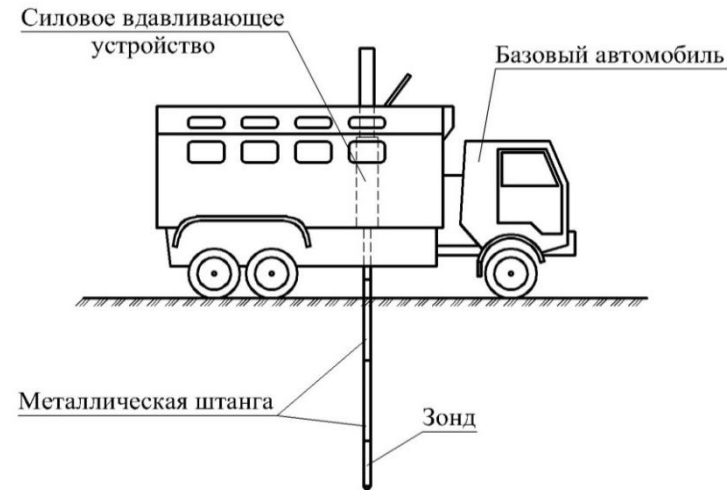


Рисунок 14.10 – Установка для статического зондирования грунтов на базе грузового автомобиля

**Инженерно-геологические  
изыскания при  
реконструкции зданий**

Для оценки сжимаемости грунтов на прилегающих к фундаментам реконструируемых зданий участках применяются **штамповые и прессиометрические** испытания. В настоящее время методика проведения штамповых испытаний отработана достаточно хорошо (М. Ю. Абелев, 1983; Г. Г. Болдырев, 2008-2010; В. Ф. Сидорчук, 1980). Но, несмотря на большое количество теоретических и экспериментальных исследований, вопрос об оптимальных размерах штампов до сих пор, окончательно не выяснен. Из опыта инженерно-геологических изысканий установлено, что для оценки сжимаемости грунтов в условиях реконструкции зданий чаще всего используются круглые **жесткие штампы с плоской подошвой площадью 600 и 1000 см<sup>2</sup>**. Испытания грунтов такими штампами могут проводиться в подвале эксплуатируемых зданий. Значительно реже в условиях реконструкции зданий для испытаний грунтов применяются штампы с плоской подошвой площадью **2500 и 5000 см<sup>2</sup>**. (рис. 14.11).

Для условий реконструкции и восстановления зданий в последние годы часто применяются методы определения модуля деформации грунтов по результатам компрессионных испытаний, корректируя их с помощью **повышающих коэффициентов**, приведенных в нормативных документах и других источниках.

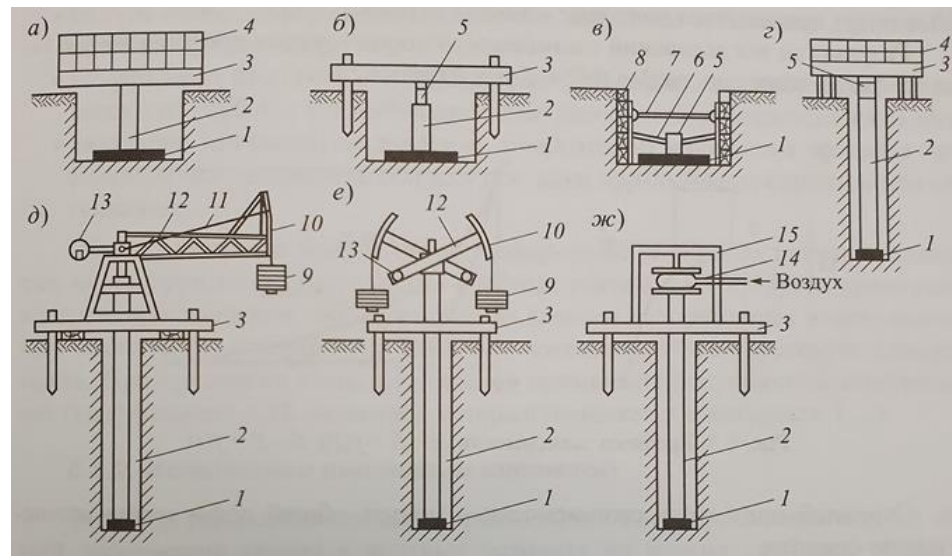


Рисунок 14.11 – Схемы испытаний грунтов штампами:  
а – с нагружаемой платформой; б, в, г – с гидравлическим домкратом;  
д – канатно-рычажная в модификациях КРУ-600, КРУ-2500, КРУ-5000;  
е – малогабаритная установка МШУ-1; ж – диафрагменная пневматическая установка; 1 - штамп; 2 - стойка (колонна труб); 3 - балка (рама); 4 - тарированный груз; 5 - гидродомкрат; 6 - наклонные винтовые

## Инженерно-геологические изыскания при реконструкции зданий

**Прессиометрические испытания** грунтов для определения деформационных характеристик стали применяться в нашей стране примерно с 1958 года. Разработкой и внедрением прессиометрических испытаний занимались ГИИ Фундаментпроект, НИИОСП, ВСЕГИНГЕО, НИИ транспортного строительства, Уральский политехнический институт и другие организации. **Преимуществами прессиометрических** испытаний по сравнению со штамповыми испытаниями грунтов являются простота проведения опытов, высокая скорость оценки деформируемости сжимаемой толщи основания фундаментов, возможность проведения испытаний в скважинах и в массиве водонасыщенного грунта. Однако прессиометрические испытания обладают одним существенным недостатком, который заключается в том, что деформационные свойства грунтов основания фундаментов оцениваются не в вертикальном, а горизонтальном направлении (рис. 14.12). Именно это обстоятельство существенным образом сдерживает внедрение прессиометрических испытаний в практику инженерно-геологических изысканий не только для реконструируемых, восстанавливаемых зданий, но и в целом для строительства (В. А. Ильичев и др., 1987).

Таким образом, анализ современной практики инженерно-геологических изысканий на застроенных территориях показывает, что большинство используемых методов **не всегда приемлемы для условий реконструкции и восстановления зданий**. Это связано с трудоемкостью, высокой стоимостью выполняемых работ по инженерно-геологическому обследованию строительных площадок (проходка скважин и геологических выработок, отбор образцов грунта и проведение лабораторных исследований, наблюдения за состоянием реконструируемых объектов и др.). Для выполнения инженерно-геологических изысканий на площадках реконструируемых и восстанавливаемых зданий перспективными признаются **ускоренные методы (экспресс-методы)** исследования грунтов зондированием. прессиометрией, а также радиоизотопные, геофизические, георадарные, терморadiационные и другие методы, которые позволяют оперативно, с минимальными затратами оценить изменения свойств грунтов и определить нужные параметры.

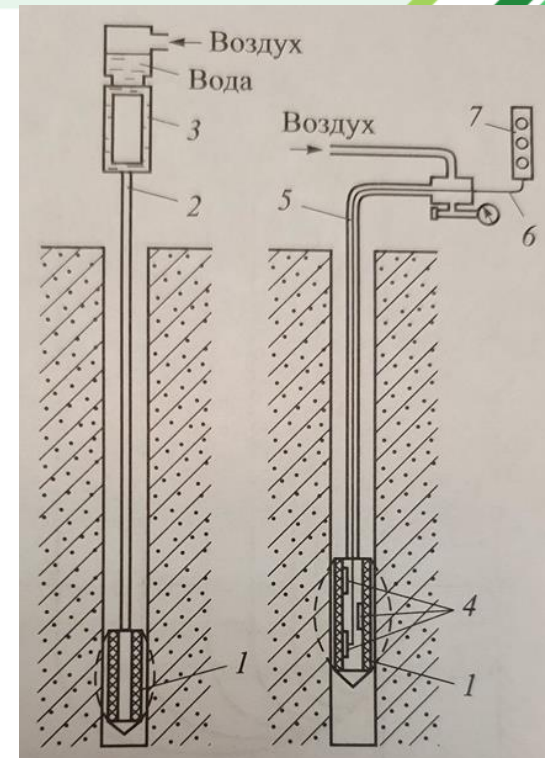


Рисунок 14.12 – Схема прессиометра:  
 а - гидравлический; б - пневмоэлектрический;  
 1 - резиновая оболочка зонда; 2 - колонка соединительных труб; 3 - водоизмерительная система; 4 - первичные преобразователи; 5 - гибкий шланг; 6 - кабель; 7 - прибор для снятия показаний



**БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!**

Кубанский государственный  
аграрный университет имени И. Т. Трубилина  
*заведующий кафедрой «Основания и фундаменты»,  
д-р техн. наук, профессор Полищук А. И.*