

Утв. Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 16 декабря 2016 г. N 970/пр

**Свод правил СП 22.13330.2016
"ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ"
Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83***

**С изменениями:
(20 ноября 2018 г., 24 января, 22 ноября 2019 г., 27 декабря 2021 г.)**

Soil bases of buildings and structures

Дата введения - 17 июня 2017 г.

6.9 Закрепленные грунты

6.9.1 Закрепление грунтов производят в целях улучшения их физико-механических свойств для существующих и вновь строящихся зданий и сооружений.

Для существующих зданий возможность и способ закрепления грунтов основания следует устанавливать с учетом характера деформаций основания и категории технического состояния сооружений (см. приложение Д).

Закрепление грунтов может выполняться отдельными элементами, массивами и сочетаниями элементов и массивов закрепленного грунта различной формы в плане и по глубине.

Основания из закрепленных грунтов могут быть использованы в качестве искусственных оснований фундаментов, а также временных ограждающих конструкций котлованов, противофильтрационных завес и других заглубленных конструкций.

6.9.2 Для закрепления грунтов в зависимости от цели закрепления и инженерно-геологических условий применяют следующие способы закрепления:

инъекционный - путем нагнетания в грунт химических или цементационных растворов с помощью погружаемых инъекторов или через скважины (смолизация, силикатизация, цементация);

виброинъекционный - путем нагнетания в грунт химических или цементационных растворов через инъекторы при одновременном воздействии на закрепляемый грунт высокочастотной вибрации (смолизация, силикатизация, цементация);

буросмесительный (глубинное перемешивание) - путем механического измельчения грунта без извлечения его на поверхность и смешивания с цементом и другими вяжущими веществами специальным буровым устройством в процессе погружения или извлечения его с вращением с созданием элементов закрепленного грунта;

струйный - позволяющий разрушать струей высокого давления грунт в скважине и смешивать его с цементным раствором путем нарушения естественной структуры грунтов с созданием элементов закрепленного грунта, обладающих заданными свойствами или полным замещением грунтов цементным раствором;

термический - путем спекания грунта в скважине высокотемпературными газами или с помощью электронагрева грунта;

электрохимический - способ комбинированного применения электрического тока и химических растворов, вводимых в грунт под давлением при одновременном воздействии постоянного электрического тока. Применяется для закрепления слабых малопроницаемых грунтов, представленных мелкими песками, суглинками и супесями.

Способ закрепления, рецептура растворов и технологические параметры должны обеспечивать необходимые расчетные физико-механические характеристики закрепленного грунта и удовлетворять требованиям по охране окружающей среды.

6.9.3 Инъекционный способ закрепления грунтов при инъекции через скважины и инъекторы следует применять в следующих грунтовых условиях:

силикатизация и смолизация - в песках с коэффициентом фильтрации от 0,5 до 80 м/сут;

силикатизация - в просадочных грунтах при коэффициенте фильтрации не менее 0,2 м/сут и коэффициенте водонасыщения $S_r \leq 0,7$;

цементация с использованием цемента общестроительного назначения с удельной поверхностью частиц не более $4 \cdot 10^3$ см²/г - в трещиноватых скальных грунтах с удельным водопоглощением не менее 0,01 л/(мин·м²), в крупнообломочных грунтах и гравелистых песках при коэффициенте фильтрации не менее 80 м/сут, а также для заполнения карстовых полостей и закрепления закарстованных пород;

цементация особо тонкодисперсным вяжущим (ОТДВ), то есть цементом с высокодисперсным гранулометрическим составом, с удельной поверхностью частиц более 1×10^4 см²/г - в песках с коэффициентом фильтрации от 1 до 80 м/сут;

инъекция расширяющихся растворов в дисперсные грунты для уплотнения в целях улучшения их прочностных и деформационных характеристик, а также подъема и рихтовки фундаментов.

6.9.4 Виброинъекционный способ (силикатизация, смолизация, цементация) применяется в песках с коэффициентом фильтрации от 0,1 до 80 м/сут.

6.9.5 Буромесительный способ допускается применять в любых грунтах (глинистых, песчаных, лессовых, илах), за исключением торфов и сапропелей. Возможность применения глубинного способа укрепления заторфованных грунтов с повышенным (более 10%) содержанием органических примесей устанавливается лабораторными исследованиями коррозионной стойкости грунтоцемента. Возможность применения метода в условиях высокой агрессивности грунтовых вод должна быть подтверждена исследованиями в лабораторных условиях с применением специальных устойчивых к агрессии вяжущих.

6.9.6 Струйный способ применяется для закрепления песчаных, супесчаных, суглинистых и глинистых грунтов, способных под воздействием энергии струи диспергироваться с разрушением структуры и смешиваться с цементным раствором. Требования к проектированию грунтоцементных конструкций, выполняемых в грунте по методу струйной цементации, приведены в СП 291.1325800.

6.9.7 Термический способ следует применять для закрепления лессовых просадочных грунтов с коэффициентом водонасыщения $S_r \leq 0,5$.

6.9.8 Для химического закрепления используют в качестве крепителей водные растворы силиката натрия, акрилаты, лигниты, уретаны карбамидных и других синтетических смол, в качестве отвердителей - неорганические или органические кислоты и соли, а также газы. Для регулирования процессов гелеобразования или предварительной обработки закрепленного грунта применяют рецептурные добавки.

6.9.9 Рецептуры растворов для цементации грунтов способами инъекции, буромесительными и по струйной технологии и физико-механические характеристики закрепленных грунтов следует уточнять по результатам закрепления в лабораторных и полевых условиях. Допускается определение вида и расхода вяжущего на основании имеющихся данных для аналогичных грунтовых условий.

6.9.10 Изыскания при проектировании оснований из закрепленных грунтов способом инъекции должны выполняться по специально разработанной дополнительной программе изысканий. Материалы инженерно-геологических изысканий и лабораторных исследований помимо характеристик, указанных в 5.1.16, должны содержать данные о коэффициенте фильтрации грунта, химическом составе водных вытяжек грунтовых вод. В программу должны быть включены дополнительные требования по проведению в рамках лабораторных изысканий и, при необходимости (определяется на этапе проектирования в зависимости от уровня ответственности объекта или объектов окружающей застройки), полевых опытных работ по подбору параметров закрепления грунтов.

6.9.11 Рекомендуется назначать следующие характеристики закрепленного грунта: нормативное сопротивление одноосному сжатию - R_{stb} , угол внутреннего трения - c_{stb} , удельное сцепление - φ_{stb} , модуль деформации - E_{stb} .

6.9.12 Принятые при проектировании значения расчетных характеристик закрепленного грунта должны быть подтверждены результатами опытно-производственных и контрольных работ, выполняемых на всем протяжении закрепления. Объемы опытно-производственных и контрольных работ назначаются при проектировании и должны обеспечивать возможность достоверной оценки закрепления.

6.9.13 Расчет искусственных оснований из закрепленного грунта должен выполняться по 1-й и 2-й группе предельных состояний для сооружений геотехнических категорий 2 и 3 в обязательном порядке. Для сооружений геотехнической категории 1 выполнение расчета по 1-й группе предельных состояний определяется требованиями, изложенными в разделе 5.

Численное моделирование элементов закрепленных грунтов, выполненных, в частности, буросмесительным и струйным способами, рекомендуется выполнять с использованием расчетных моделей, в основе которых заложены критерии прочности Мора-Кулона или Хока-Брауна.

6.9.14 При проектировании искусственных оснований из элементов закрепленного грунта для зданий и сооружений геотехнических категорий 2 и 3 следует предусматривать полевые испытания статической нагрузкой как отдельных элементов, так и закрепленного массива.

Размеры штампов следует определять размерами элементов.

6.9.15 Проектом закрепления грунтов должны быть предусмотрены опытно-производственные работы по закреплению. При геотехнической категории 1 опытно-производственные работы допускается не предусматривать. На этапе проектирования назначаются расчетные технологические параметры. Рабочие технологические параметры уточняются по результатам опытно-производственных работ.

6.9.16 До получения результатов опытных работ допускается назначать значения характеристик по таблице 6.13.

При проектировании для элемента закрепленного грунта рекомендуется принимать следующие характеристики:

Для инъекционных способов закрепления:

расчетный радиус - расстояние от оси скважины/инъектора до границы закрепления, за пределами которой сопротивление сжатию равно "0". Назначается при проектировании в зависимости от вида и свойств раствора, фильтрационных характеристик грунта и подтверждается по результатам опытных работ;

расчетная глубина - расстояние от нижней до верхней границы закрепления в пределах сечения с расчетным радиусом, за пределами которой сопротивление сжатию равно "0".

Для буросмесительного способа закрепления - расчетная глубина и расчетный радиус - расстояние от оси скважины до границы закрепления, за пределами которой сопротивление сжатию равно "0". Назначается при проектировании и определяется размером бурового инструмента.

6.9.17 Расчетное сопротивление сжатию (R_r), закрепленного всеми способами грунта по результатам испытаний образцов, следует вычислять по формуле

$$R_r = R_{stb}/\gamma_{ss}, (6.39)$$

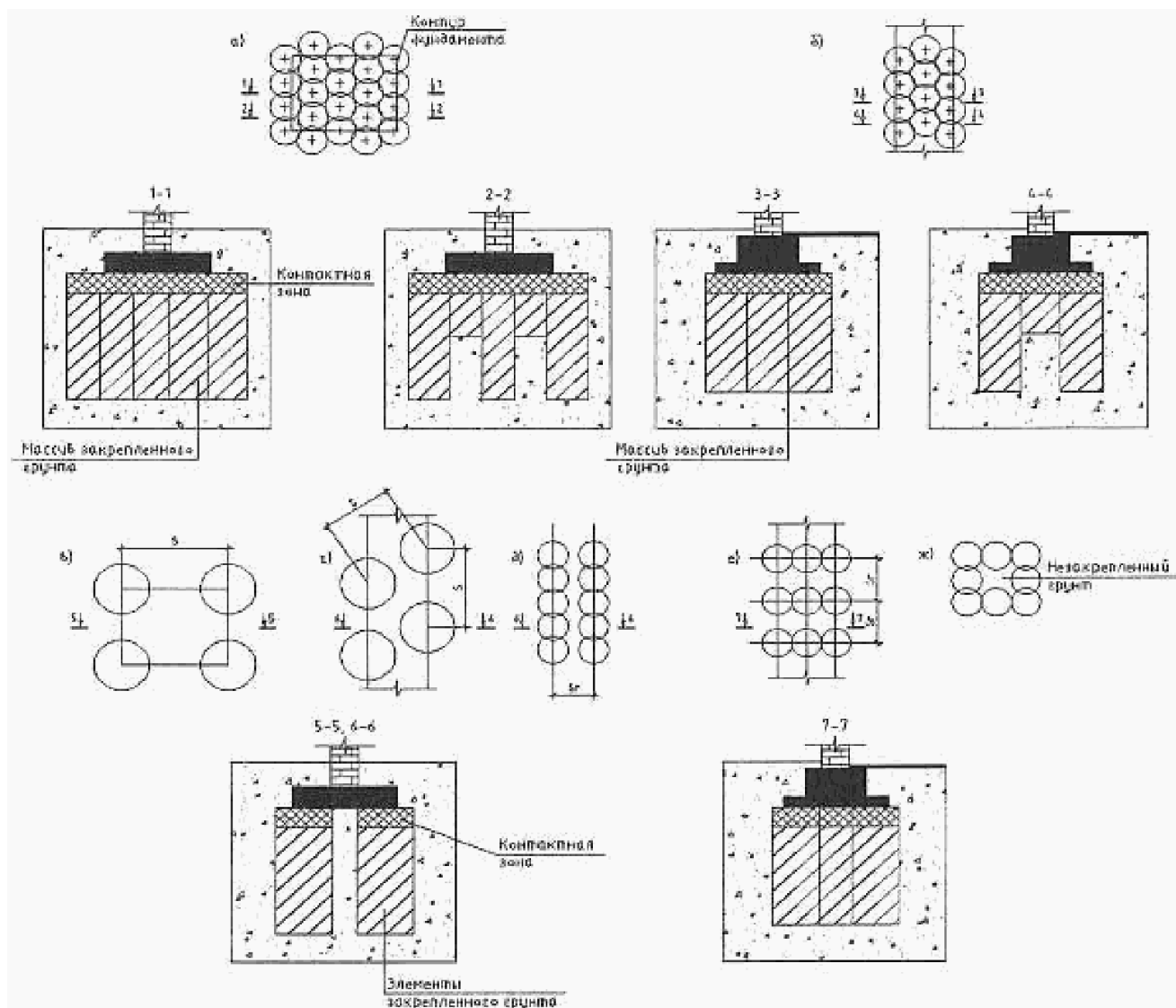
где R_{stb} - нормативное сопротивление закрепленного грунта сжатию, МПа;

γ_{ss} - коэффициент надежности по материалу, принимаемый по результатам опытных работ в зависимости от коэффициента вариации по методике контроля прочности бетона.

Таблица 6.13

Параметры песчаных и лессовых грунтов, закрепленных инъекцией химических и цементных растворов				
Способ закрепления	Грунт	Коэффициент фильтрации, м/сут	Радиус закрепления грунта, м	Нормативное сопротивление сжатию R, МПа
Силикатизация двухрастворная на основе силиката натрия и хлористого кальция	Песок	10 - 20	0,2 - 0,3	1 - 1,5
		20 - 50	0,3 - 0,6	1,5 - 2,5
		50 - 80	0,6 - 1,0	2,5 - 8,0
Силикатизация однорастворная с H_2SiF_6	Песок	1,0 - 10	0,3 - 0,5	1 - 2
		10 - 50	0,5 - 0,8	2 - 5
Силикатизация однорастворная двухкомпонентная с отвердителем: алюминат натрия или ортофосфорная кислота	Песок	0,5 - 1,0	0,3 - 0,5	0,1 - 0,5
		1,0 - 5,0	0,5 - 0,8	
Силикатизация газовая на основе силиката натрия и газа CO_2	Песок	0,5 - 5,0	0,3 - 0,5	1 - 2
		5 - 20	0,5 - 0,8	2,0 - 3,5
Силикатизация однорастворная однокомпонентная	Лесс	0,2 - 0,5	0,3 - 0,5	0,5 - 2,0
		0,5 - 2	0,5 - 0,8	2,0 - 3,5
Силикатизация газовая на основе силиката натрия и газа CO_2	Лесс	0,1 - 0,5	0,4 - 0,6	0,5 - 2,0
		0,5 - 2	0,6 - 1,0	2,0 - 3,5
Смолизация однорастворная двухкомпонентная на основе карбамидной смолы и кислого отвердителя	Песок	0,5 - 5	0,3 - 0,5	0,5 - 1,5
		5 - 20	0,5 - 0,65	1,5 - 3,0
		20 - 50	0,65 - 0,85	3,0 - 4,5
Цементация раствором ОТДВ	Песок	1 - 80	0,2 - 0,7	0,5 - 1,5

6.9.18 Расположение элементов закрепленного грунта в плане искусственных оснований может производиться по схемам, приведенным на рисунке 6.13.



а, б - сплошное из рядом расположенных элементов; в, г - отдельно стоящих элементов; д, е, ж – отдельно расположенных рядов сплошных элементов

Рисунок 6.13 - Принципиальные схемы расположения элементов закрепленного грунта в плане

6.9.19 Геометрические параметры элементов (радиус закрепления) должны подтверждаться результатами опытно-производственных работ. Глубина закрепления назначается предварительно на основании данных инженерно-геологических изысканий, выбранного способа закрепления конструкций проектируемых фундаментов, проектных нагрузок и требований норм по предельно допустимым деформациям и уточняется по результатам расчетов.

6.9.20 Расчет основания по предельным состояниям проводят в соответствии с требованиями разделов 5 и 6. По результатам расчета и работ на опытном участке, при необходимости, проводят корректировку геометрических параметров массива и отдельных элементов закрепленного грунта.

6.9.21 В проекте закрепления должна быть определена последовательность устройства элементов в плане и по глубине массива и технологические параметры (скорость проходки буросмесителя/форсунки, интенсивность подачи раствора, режимы инъекции, давление), позволяющие обеспечить требуемую форму, размеры и прочность закрепляемого элемента.

6.9.22 По результатам опытно-производственных работ уточняют технологические параметры и назначают прочностные и деформационные характеристики. При необходимости выполняют корректировку проекта с уточнением фактических параметров закрепленного грунта.

6.9.23 Технологией производства работ по созданию закрепленного массива грунта должна быть обеспечена минимизация негативного воздействия на основание фундаментов возводимого или существующего сооружения.

6.9.24 Выбор метода закрепления грунтов следует выполнять с учетом оценки конструктивной и экономической эффективности (см. приложение Р).

6.9.25 Критерии конструктивной эффективности должны обеспечивать выбор оптимального решения исходя из обеспечения безопасной эксплуатации объекта в соответствии с требованиями допустимых показателей по деформируемости отдельных элементов или объекта в целом. Критерии экономической эффективности должны обеспечивать минимизацию затрат для принятого варианта усиления в сравнении с другими вариантами при условии обеспечения требований конструктивной безопасности.

6.9.26 В качестве расчетных показателей критериев конструктивной эффективности для материалов, используемых при закреплении/усилении грунта/создания армированных массивов, следует принимать значения E_p , R_p (модуль деформации и прочность на одноосное сжатие раствора, инъецируемого в грунт, независимо от способа инъекции).