

Лекция №5.

Проектирование целенаправленного уплотнения и закрепления лессовых грунтов: **Поверхностное уплотнение** **Глубинное уплотнение** **Химическое закрепление методом силикатизации**

Эксплуатационную надежность зданий можно существенно повысить, если до начала их строительства устранить просадочные свойства грунта, путем целенаправленного их уплотнения или закрепления.

Методы преобразования свойств лессовых грунтов делят на поверхностные и глубинные. При строительстве на площадках с грунтовыми условиями I типа по просадочности довольно эффективным является устранение просадочных свойств частично или на всю глубину деформируемой зоны. В случаях возведения зданий на площадках с лессовыми грунтами II типа по просадочности устранение их просадочных свойств в пределах деформируемой зоны не дает необходимого эффекта, так как существенные просадки могут проявиться на глубине основания от действия собственного веса грунта. В этом случае грунт уплотняют или закрепляют на всю глубину просадочных слоев или устраняют деформации просадки от собственного веса на глубине, а в деформируемой зоне - поверхностными методами (уплотнение трамбованием, устройство укатанной грунтовой подушки).

Успешно используют метод уплотнения грунта тяжелыми трамбовками, позволяющий устранить просадочные свойства на глубину до 3...3,5 м. Успешно используют грунтовые подушки и грунтовые сваи.

При выборе метода преобразования грунтов необходимо учитывать их тип по просадочности, региональные особенности лессовых грунтов, конструктивное решение и целевое назначение здания, производственные возможности строительных организаций, сроки производства работ и другие факторы. Выбор метода устранения просадочных деформаций производят на основе технико-экономического анализа.

Методы преобразования лессовых грунтов разделяют на две группы:

- 1) методы, основанные на использовании механического воздействия для уплотнения грунтов;
- 2) методы физико-химического закрепления грунтов.

При уплотнении грунтов повышают их плотность, что обусловлено сближением отдельных частиц и агрегатов. Силы молекулярного взаимодействия частиц грунта возрастают и способствуют увеличению его прочности и снижению деформируемости.

Применение методов физико - химического закрепления грунта способствует образованию новых структурных связей и существенному увеличению его прочности.

Поверхностные методы устранения просадочных деформаций лессового грунта:

- уплотнение трамбованием;
- уплотнение путем вытрамбовывания котлованов или траншей;
- замена просадочного грунта послойно отсыпанной подушкой или укатанной подушкой из глинистого грунта;
- упрочнение грунтоцементом при помощи микросвай.

Глубинные методы устранения просадочных деформаций лессового грунта:

- закрепление жидким стеклом (силикатизация);
- упрочнение воздействием теплового потока (термообработка);
- уплотнение грунтовыми сваями;
- уплотнение замачиванием и действием собственного веса грунта;
- уплотнение замачиванием и динамическим воздействием (гидровзрывной метод);
- инъекционное закрепление различными компонентами (растворами солей, кислот, смолами).

6.1. Поверхностное уплотнение грунта трамбованием

Поверхностное уплотнение лессового грунта трамбованием целесообразно применять для устранения просадочных деформаций в верхних слоях грунта, залегающих под подошвой фундамента в пределах деформируемой зоны. Наиболее эффективно использовать метод при строительстве на площадках с грунтовыми условиями I типа по просадочности. В условиях II типа трамбование грунта применяют в сочетании с глубинными методами устранения просадочных деформаций.

Уплотнение трамбованием осуществляют путем сбрасывания с высоты 5...9 м на поверхность дна котлована трамбовки массой 2,0...7,5 т. Обычно по одному следу производят 8...14 ударов трамбовки. Уплотнение лессового грунта трамбованием связано со сложной природой проявления внутренних сил при двух взаимно противоположных процессах: разрушение естественной структуры и формирование новой. В первом процессе идет нарушение наиболее слабых связей между отдельными частицами и агрегатами грунта. Оставшиеся частицы и агрегаты, имеющие более прочные связи, формируют новую структуру грунта, которая при благоприятных условиях может обладать повышенным сопротивлением внешнему воздействию.

Трамбование лессового грунта применяют, если степень влажности природного грунта

S_r до 0,75, при больших ее значениях нет существенного эффекта уплотнения грунта. При трамбовках кассой до 7 т глубина уплотнения грунта 3,0...3,5 м. Считают, что лессовый грунт при плотности в сухом состоянии $1,6 \text{ т/м}^3$ не обладает просадочными свойствами. Наибольшая плотность уплотненного грунта у поверхности. Принимают, что нижней границей устранения просадок основания является глубина, где $\rho_d = 1,6 \text{ т/м}^3$. В пределах уплотненного массива ρ_d должна быть не менее $1,65...1,7 \text{ т/м}^3$.

Последовательность проектирования уплотненного трамбованием. Задают плотность сухого грунта после трамбования, находят по СП расчетное сопротивление уплотненного грунта, в зависимости от которого подбирают размеры подошвы фундамента. Затем, используя формулы (4.1), (4.4) и (4.10), рассчитывают суммарные деформации основания.

Уплотнение трамбованием грунтового основания позволяет полностью или частично исключить деформацию просадки. Осадка фундамента изменяется незначительно, при ее пересчете следует учитывать различные значения модулей общей деформации уплотненного и неуплотненного слоев грунта.

Модуль общей деформации уплотненных грунтов наиболее достоверно определяют в полевых штамповых опытах. Значения модулей общей деформации для предварительных расчетов при $\rho_d = 1,65 \text{ т/м}^3$ по табл. 6.1.

Глубину уплотнения грунтов основания для предварительных расчетов принимают $h_s = (1,2-1,6) b$, где b - меньшая сторона (ширина) фундамента, обычно 3,0...3,5 м.

Просадку грунта в нижней части просадочной толщи высотой $h_n = h_{slp} - h_s$ рассчитывают по формуле

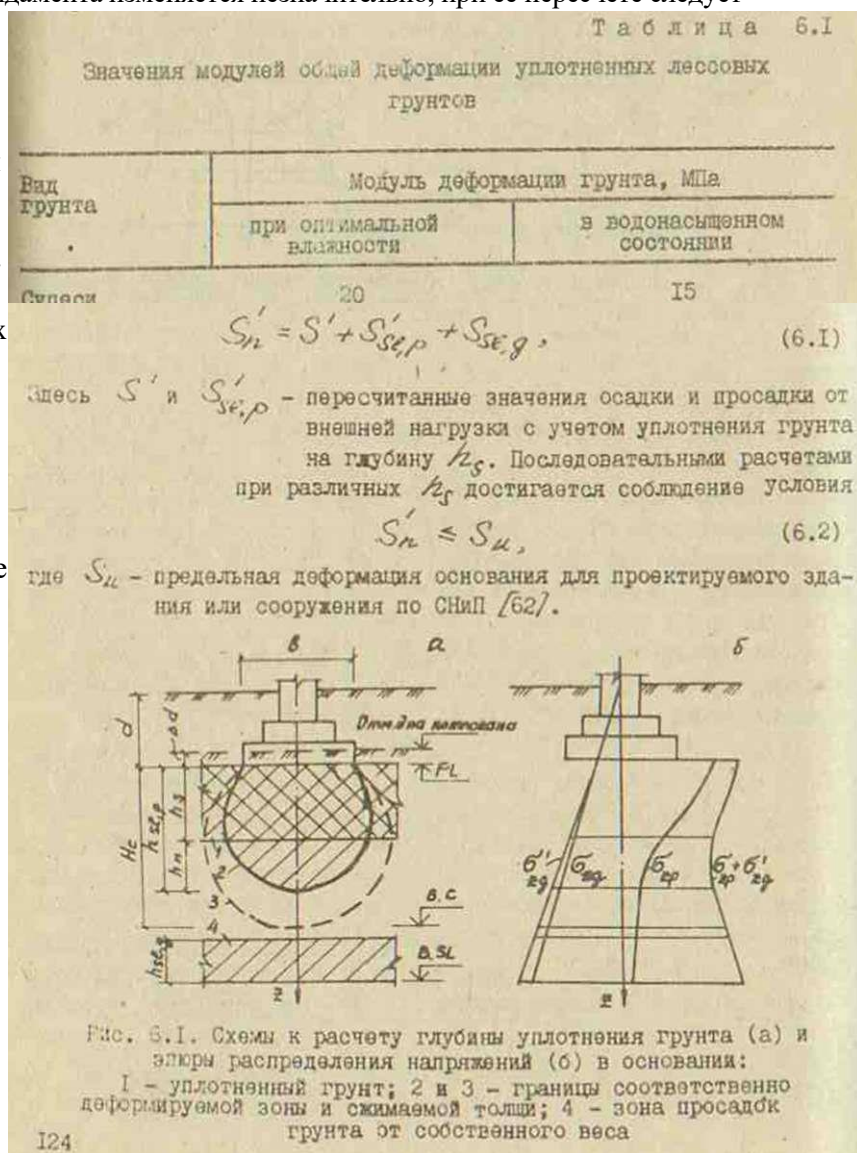
$S_{slp} = E_{i-1}^{-1} \sum_{i=1}^n E_{sli} h_i k_{sli}$, коэффициент условий работы с учетом рассеивания вертикальных напряжений под уплотненной подушкой $k_{sli} = 1$.

При уплотнении грунта на глубину h_s меньше h_{sl}

значение суммарной деформации S_n^1 (рис. 6.1) определяют по формуле

В результате уплотнения

лессового грунта в основании формируется слоистая неоднородность, которая особенно четко проявляется в условиях возможного обводнения подстилающего грунта (рис.6.2). По данным определения модулей деформации вычислены значения параметра двухслойности для случая возможного замачивания основания $\bar{b} = E_2 / E_1$ (табл. 6.2).



Для уплотнения грунта на расчетную глубину h_s подбирают соответствующие размеры и массу трамбовки. Диаметр трамбовки находят по формуле $d_0 = h_s / k$, где k - коэффициент, для супесей и суглинков равен 1,8, для глин - 1,5.

Массу трамбовки определяют из условия, чтобы статическое давление на грунт q составляло не менее 20 кПа: $Q = q f_0$,

где f_0 - площадь основания трамбовки диаметром d_0 , м².

Ширину и длину уплотняемой площади принимают b_s и l_s :

Ширина уплотняемой полосы за пределами фундаментов должна быть не менее 0,2 м с каждой стороны.

При трамбовании грунта происходит понижение поверхности дна котлована. При его рытье недобирают грунт (рис. 6.1) до проектной отметки подошвы фундамента на высоту Δd , где p_d и p_{ds} - среднее значение плотности сухого грунта до и после его уплотнения в пределах уплотненного слоя.

Уплотнение грунтов трамбованием производят при оптимальной влажности w_{opt} :

Если влажность уплотняемого грунта ниже оптимальной, то его доувлажняют расчетным количеством воды Q_w :

Трамбование ведут циклами по 2...3 удара со смещением следов на половину диаметра трамбовки.

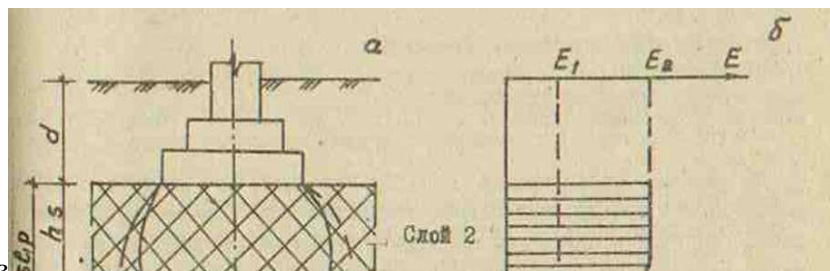


Таблица 6.2

Значения модулей общей деформации грунтов и параметра двухслойности лессового основания σ

| Разновидность верхнего уплотненного или закрепленного слоя грунта | E_2 , МПа | σ |
|---|-------------|----------|
| Утрамбованный лессовидный суглинок ... | 20...25 | 7...10 |
| Послойно уплотненная песчаная подушка | 30...40 | 10...15 |
| Укатанная подушка из лессовидных суглинков и супесей | 30...70 | 10...20 |
| Упрочненный силикатизацией лессовый грунт | 50...70 | 10...15 |
| Упрочненный грунтобетонными микро-сваями лессовидный суглинок | 30...50 | 10...20 |

$$b_s = b + 0,5(b - d_0), \quad (6.6)$$

$$l_s = l + 0,5(l - d_0). \quad (6.7)$$

$$\Delta d = 1,2 h_s \left(1 - \frac{p_d}{p_{ds}} \right), \quad (6.8)$$

$$w_{opt} = w_p - (0,01 \dots 0,03), \quad (6.9)$$

где w_p - влажность на границе раскатывания.

$$Q_w = \frac{1,2 p_d (w_{opt} - w) \cdot k_s \cdot A}{\rho_w}, \quad (6.10)$$

где Q_w - количество воды, заливаемое в котлован площадью A ;

p_d - среднее значение плотности сухого грунта естественного сложения;

ρ_w - плотность воды, принимаемая равной 1 т/м³.

Сотрудниками проблемной лаборатории оснований РИСИ

был разработан модифицированный метод уплотнения лессовых грунтов, названный способом последовательного повышения динамических контактных давлений (ППКД). Сущность способа ППКД в использовании трех трамбовок одинаковой массы, но разливших по диаметру, что обуславливает неодинаковые динамические контактные давления. Рекомендуемая высота сбрасывания трамбовки составляет 6...8 м, а диаметры трамбовок массой 50 кН назначают равными 1,8; 1,6; 1,4 м, а при весе 75 кН - соответственно 2,2; 2,0 и 1,8 м.

На площадке строительства трамбование по способу ППКД производят в три этапа. Контактные динамические давления на поверхности грунта в каждом последующем этапе возрастают. На первой этапе трамбовку весом 50 (75) кН и диаметром 1,8 (2,2) м сбрасывают на дно котлована дважды со смещением следов на 2/3...1/4 диаметра трамбовки. На втором этапе трамбовками той же массы, но с диаметром 1,6 (2,0) м производят дальнейшее уплотнение грунта в три цикла по два удара каждый. На завершающем третьем этапе уплотнение идет по всей расчетной площади котлована с

использованием трамбовок неизменной массы, но создающих наибольшие контактные давления при ударе. Их диаметр равен 1,4 (1,8) м.

Разработаны самоходные установки, позволяющие сбрасывать трамбовки массой 30...40 т с высоты 30... 40 м. и уникальная установка для уплотнения грунта трамбовкой массой 200 т, сбрасываемой с высоты 23 м и повышающей его плотность на глубину 30 м.

6.2. Химическое закрепление лессовых грунтов методом силикатизации

Под силикатизацией понимают закрепление грунтов при помощи водного раствора силиката натрия, представляющего собой неорганический полимер и именуемый в технической литературе жидким стеклом. Проникая в мельчайшие поры лессового грунта и взаимодействуя с ним, раствор силиката натрия образует прочные и водо- нерастворимые соединения. При силикатизации наряду с увеличением прочности лессовых грунтов устраняют и их просадочность, что способствует значительному и необратимому улучшению строительных свойств оснований фундаментов.

Модификации закрепления грунта жидким стеклом:

- однорастворная силикатизация,
- двухрастворная силикатизация;
- электросиликатизация,
- газовая силикатизация
- аэросиликатизация.

При однорастворной силикатизации в грунт через специальные иньекторы нагнетают раствор силиката натрия, иногда добавляют 2...3 % хлористого натрия. На контакте частиц лессового грунта и раствора происходят сложные физико-химические процессы, в результате чего образуется нерастворимая твердая фаза гидроксида кальция с сильно развитой поверхностью, на которой адсорбируется кремневая кислота. Закрепление грунта методом силикатизации связано с интенсивностью проникания в поры грунта раствора силиката натрия. Наиболее эффективен этот способ при значениях коэффициента фильтрации не менее 0,2 м/сут. Степень влажности лессового грунта должна не превышать 0,7, а емкость поглощения составлять не менее 10 ммоль/100 г грунта.

При двухрастворной силикатизации – последовательно нагнетают раствор силиката натрия и хлористого кальция в грунтах с коэф. фильтр. 80...2 м/сут.

Электросиликатизацию прим. при коэф. фильтрации менее 0,1 м/сут, и при повышенной влажности основания. В результате одновременного действия давления на раствор и постоянного электрического тока жидкое стекло интенсивно растекается по порам грунта, способствуя возрастанию объема закрепляемого массива.

Газовая силикатизация связана с дополнительной обработкой естественного грунта нагнетанием углекислого газа. Газ вытесняет из пор грунта свободную воду и воздух, что способствует созданию своеобразного вакуума из-за поглощения жидким стеклом угольной кислоты. В результате такого комплексного воздействия существенно возрастает радиус закрепления лессового массива.

Для получения направленных радиально от иньектора лент закрепленного грунта использует аэросиликатизацию, при на совместном нагнетании в основание жидкого стекла и сжатого воздуха. Метод особенно эффективен при закреплении лессовых массивов сложной конфигурации (стаканного типа, опор-столбов).

Обычно для забивных иньекторов применяют стальные трубы с внутренним диаметром 25...50 мм.. Иньектор состоит из колонны труб, набранных из звеньев длиной 1,0...1,5 м, и перфорированного звена длиной 0,5...1,0 м. Нагнетание жидкого стекла в грунт производя через отверстия диаметром 2... 3 мм в перфорированном звене, которые обычно располагают в шахматном порядке в количества 60...80 отверстий на 1 м длин трубы.

Прочность закрепленного грунта существенно превышает прочность природного массива и при одноосном сжатии составляют 0,5 и 3,5 МПа.

Для однорастворной однокомпонентной силикатизации применяют раствор силиката натрия плотностью 1,13...1,20 г/см³. Для двухкомпонентной силикатизации плотность раствора составляет 1,10...1,17 г/см³. Раствор нагнетают в грунт в количестве, равном 80 % объема пор. Углекислый газ подают в грунт в два приема. Сначала на каждый кубометр грунта расходуют 2...3 кг газа, затем, после нагнетания раствора силиката натрия вводят еще 3,0...4,5 кг газа.

Эффективность силикатизации водонасыщенных грунтов существенно ниже. При скорости движения грунтовых вод свыше 5 м/сут иньекционное химическое закрепление обычно не рекомендуют.

Для составления проекта закрепления грунтов методом силикатизации производят на начальном этапе обычные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания с использованием проектных материалов по объекту. На последующих этапах выполняют специальные изыскания и исследования,

включающие лабораторные испытания грунтов, а при объеме закрепления свыше 5000 м³ - опытные работы в натурных условиях. В состав специальных лабораторных исследований входит определение емкости поглощения грунтов, пробное закрепление грунтов с последующим определением их прочности, водостойкости, морозостойкости и деформируемости при различных удельных расходах силиката натрия. Исследования должны выявить оптимальный расход силиката натрия, и сделать вывод о целесообразности и эффективности применения метода закрепления лессовых грунтов силикатизацией в конкретном случае.

Закрепление грунта под фундаментом может быть по следующим схемам (рис. 6.4). Для закрепления лессовых просадочных грунтов I и II типа по просадочности под фундаментами зданий применяют схемы **а** и **б**. **б** используют при площади подошвы фундамента свыше 10 м². Для уменьшения расхода жидкого стекла закреплённому массиву придают форму перевернутого стакана. Схема 6.4, **в** рекомендуют для закрепления лессовых грунтов II типа по просадочности с целью устранения их просадочных: свойств от внешней нагрузки - в деформируемой зоне и на глубине - от собственного веса грунта.

При восстановлении деформированных зданий или реконструкции применяют и другие схемы закрепления грунтов методом силикатизации.

Проектирование технологического процесса силикатизации осуществляют с учетом радиуса закрепления, зависящего от коэффициента фильтрации грунта. Для ориентировочных расчетов радиус закрепления грунта **Г** можно принять по табл. 6.8.

Объем закреплённого

грунтового массива от единичной инъекции принимается в форме условного цилиндра радиусом **Г** и высотой **h_з**, равновеликой объёму фактически закреплённого массива в виде эллипса вращения (рис. 6.5). Радиус цилиндра считают радиусом

закрепления, а его высоту, соответствующую величине перемещения перфорированной части инъектора вдоль его оси от одной инъекции к другой, называют заходкой **h_з**. Длину перфорированной части инъектора или инъекционной скважины **l** принимают для грунтов однородных равной **l** м, неоднородных - 0,5 м. С учетом закрепления грунта за пределами длины перфорированной части инъектора величину заходки определяют по формуле (6.12): **h_з = l + 0,5 м**

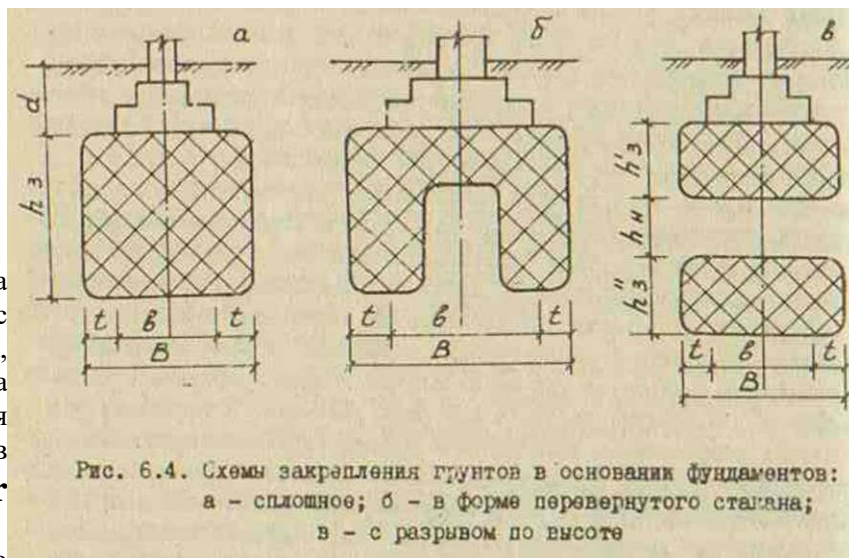


Таблица 6.8

Радиус закрепления лессового грунта силикатизацией
в зависимости от коэффициента фильтрации

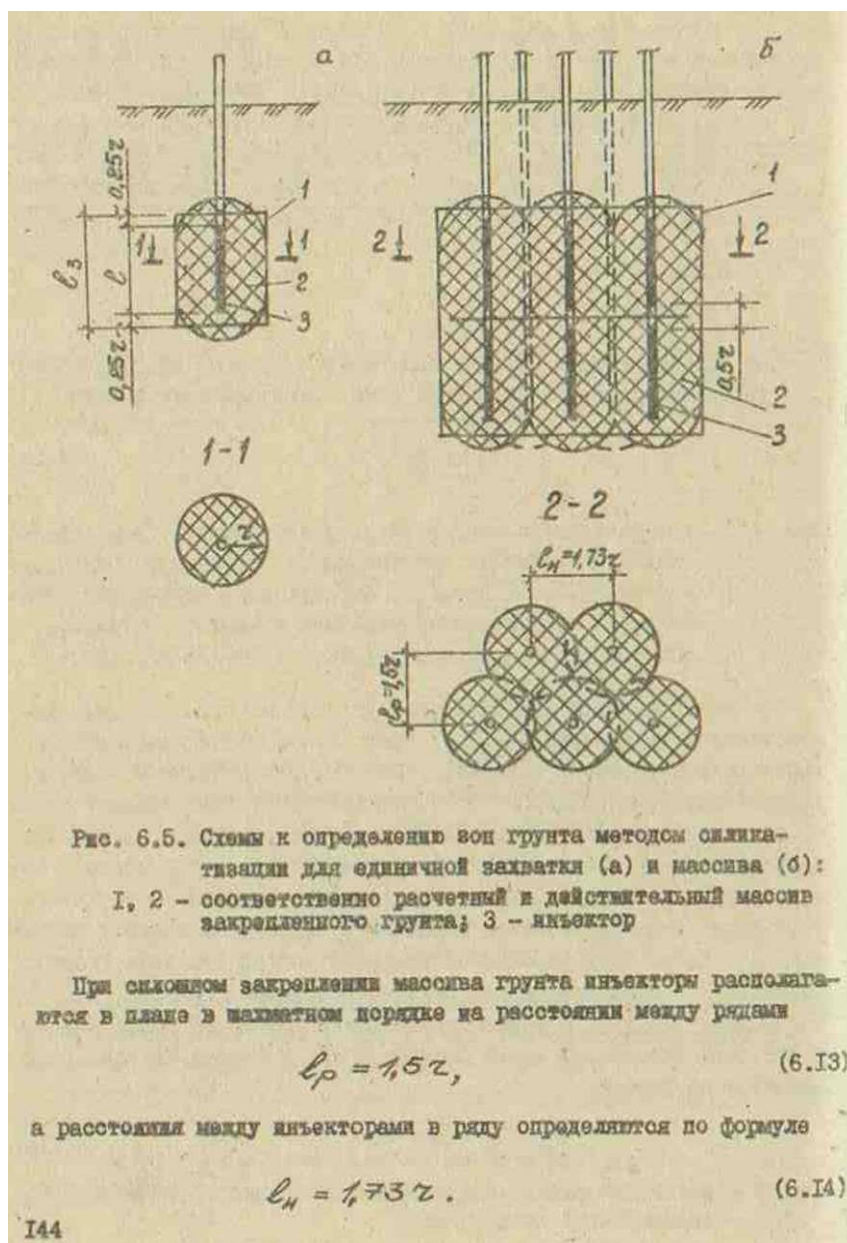
| Коэффициент фильтрации, м/сут | Радиус закрепления грунта Г , м |
|----------------------------------|---|
| 0,2...0,3 | 0,4...0,7 |
| > 0,3...0,5 | 0,7...0,8 |
| > 0,5...2,0 | 0,8...1,0 |

При наличии данных полевых испытаний о радиусе инъецирования **Г_н** расчетный радиус закрепления можно определить по формуле

$$Г = \frac{Г_n}{f_c} \quad (6.11)$$

где **f_c** - коэффициент условий работы, учитывающий возможность снижения прочности закреплённого грунта при увеличении его влажности в процессе эксплуатации сооружения. Значения **f_c** обычно колеблются для зданий I и II класса капитальности в пределах 1,10...1,20 [5; 53; 56].

где Γ — расчетный радиус закрепления от единичной инъекции, м;



В зависимости от требуемой глубины закрепления находят число заходов m_3 . Объем закрепленного грунта от единичной инъекции в одну заходку вычисляют по формуле (6.15)

Проектирование фундамента на силикатированном лессовом основании ведут с учетом принятой системы закрепления грунтов.

Последовательность проектирования закрепления грунта под отдельно стоящим фундаментом.

1. Определяют усилия, действующие на фундамент, в наиболее невыгодном сочетании. Усилия вычисляются с учетом требований СП для проектирования по I и II грунтам предельных состояний.

2. В первом приближении вычисляют площадь подошвы фундамента

$$A = \frac{N_d}{R_0 - \gamma d} \quad (6.19)$$

Зная A задают соотношение сторон подошвы фундамента и находят размеры большей l и меньшей b сторон, и округляют с учетом модальных размеров.

3. Расчетное сопротивление закрепленного методом силикатизации грунта уточняют по формуле (2.2), в которую подставляют значения коэффициентов и характеристик силикатированного грунта в водонасыщенном состоянии (табл. 6.10).

4. Определяют давление по подошве фундамента для принятых размеров l и b и сравнивают со значением расчетного сопротивления закрепленного грунта R^1 по формуле (2.2).

При этом давление под краями подошвы фундамента не должно превышать $1,2 R^1$. В случае перенапряжения (более 5 %) или недонапряжения (более 10 %) изменяют размеры подошвы фундамента.

5. Назначают габариты силикатированного массива грунта в плане. Соблюдают минимальный вынос t закрепления за контуры

$Q_{y2} = \pi r^2 l_3 \quad (6.15)$

а общий объем закрепляемого грунта рассчитывается по формуле

$Q_{y2} = \pi r^2 l_3 m_3 \quad (6.16)$

Объем раствора силиката натрия Q при неполном заполнении им пор грунта можно найти из следующего равенства

$Q = Q_{y2} \cdot n \cdot a_c' \quad (6.17)$

где n — расчетная пористость закрепляемого грунта в долях единицы;

a_c' — коэффициент заполнения пор, принимаемый для лессовых грунтов равным 0,7.

Т а б л и ц а 6.10

Нормативные значения характеристик закрепленных методом силикатизации лессовых грунтов [56]

| Показатель | Значения характеристик, закрепленных грунтов при их прочности R_c , МПа | | | | | | | |
|------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 |
| С у п е с и | | | | | | | | |
| σ , МПа | 0,047 | 0,056 | 0,065 | 0,073 | 0,086 | 0,096 | 0,11 | 0,13 |
| φ , град | 24 | 25 | 26 | 28 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| E , МПа | 42 | 53 | 65 | 75 | 85 | 100 | 120 | 150 |
| ν | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,20 |
| С у г л и н к и | | | | | | | | |
| σ , МПа | 0,040 | 0,050 | 0,061 | 0,068 | 0,075 | 0,090 | 0,095 | 0,11 |
| φ , град | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 38 | 42 |
| E , МПа | 38 | 50 | 60 | 70 | 80 | 95 | 115 | 145 |
| ν | 0,35 | 0,30 | 0,30 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |

При вычислении R^1 коэффициент $f_{or} = 0,7$, а значение коэффициента f_{c2} принимается по таблицам СНиПа [62] как для пылевато-глинистых грунтов с показателем консистенции $I_L < 0,5$.

фундамента в долях от ширины (табл. 6.II). В грунтовых' условиях II типа по просадочности размеры закрепленного массива в плане не должны быть менее 1/4 Hsl.

6. Расчет осадки фундамента на закрепленном методом силикатизации отдельно стоящем массиве выполняют с учетом типа грунтовых условий по просадочности.

В грунтовых условиях I типа по просадочности осадку определяют с учетом расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства по методу послойного суммирования. Распределения вертикальных нормальных напряжений по глубина основания принимают согласно приведенным в главе 4 формулам. Находят нижнюю границу сжимаемой толщи (рис. 6.6), и по формуле (4.4) рассчитывают осадку. В случае сплошного закрепления грунта основания с выносом за контуры фундамента осадку i-го слоя вычисляют с использованием значения модуля деформации закрепленного грунта по табл. 6.10 в водонасыщенном состоянии.

Если нижняя граница сжимаемой толщи расположена ниже подошве закрепленного массива (рис. 6.6), при расчете осадки слоев высотой Hс – hз учитывают модуль деформации непросадочного грунта при прогнозируемой влажности.

Расчет осадки фундамента на отдельно стоящем массиве закреплен-ного грунта II тип - по просадочности осуществляют с учетом нагружающего трения по боковой поверхности массива.

Выделяют часть закрепленного массива, испытывающего воздействие сил нагружающего трения T0 (рис. 6.7). Для этого, как и при проектировании свайных фундаментов в грунтовых условиях II типа по просадочности, строят интегральный график изменения по глубине деформация просадки от собственного веса грунта Sslg. Силы нагружающего трения действуют по боковой поверхности силикатированного массива на участке высотой hsl от подошвы фундамента до глубины, на которой просадка от собственного веса грунта Sslg = 5 см. Нине глубины hsl осадку закрепленного массива считают как условного фундамента.

Осадку закрепленного массива до глубины hsl рассчитывают следующим образом. По формулам (4.7), (4.8) находят дополнительное давление по подошве фундамента P0 и дополнительные на-пряжения Gzp. В отличие от расчета осадки на естественном грунте, определение Gzp производят по формуле (4.7) до глубины h0 , на которой (6.22):

Т а б л и ц а 6.II

Минимальный вынос закрепления грунта за контуры подошвы фундамента z

| Начальное просадочное давление P_{se} , МПа | Вынос z в долях от ширины фундамента при давлении под подошвой P , МПа | | | |
|---|--|------|------|------|
| | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| 0,05 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 |
| 0,10 | 0,15 | 0,15 | 0,20 | 0,30 |
| 0,15 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| 0,20 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,10 |

Ширина закрепленного массива

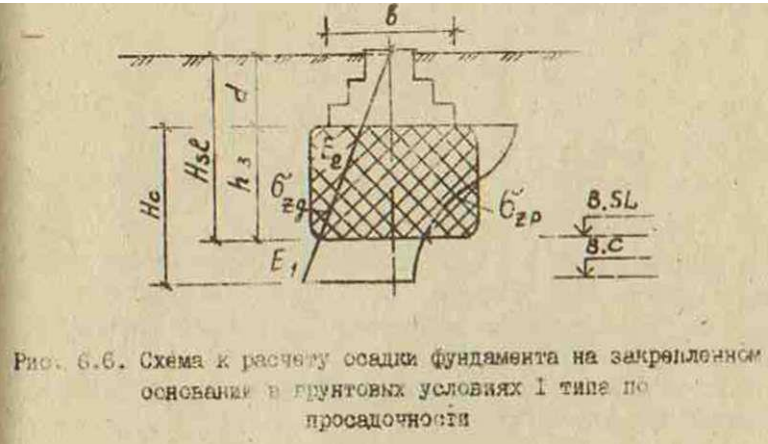
$$b_3 = b(1 + 2z),$$

(6.20)

длина

$$l_3 = l + 2 \cdot b \cdot z.$$

(6.21)



(6.22)

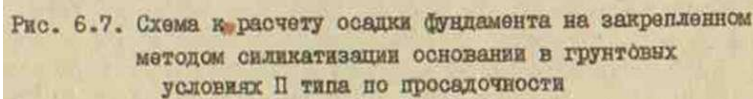
A_m — площадь горизонтального сечения закрепленного массива грунта.

Осадка закрепленного массива до глубины h_{ze} (плоскости CD) определяется по формуле

(6.23)

n - число слоев, на которые разделен массив закрепленного грунта от подошвы фундамента до глубины заложения условного фундамента k_{se} ;

$Gzpi$ - среднее дополнительное к природному напряжение в i -м слое массива, равное полусумме напряжения Gzr на его верхней и нижней границах;
 h_i, E_i - соответственно толщина и модуль деформации закрепленного грунта i -го слоя.



Дополнительное напряжение G_{zp} в массиве от сил нагружающего трения на глубине от подошвы фундамента определяют по формуле

$$\bar{\sigma}_{zp} = \frac{0,012m}{\alpha \cdot A_m} (100\sigma_{zg} - k_z \cdot p_1). \quad (6.24)$$

Здесь u_m - периметр горизонтального сечения закрепленного массива грунта, м;

α - параметр, принимаемый для отдельно стоящих массивов равным

$$\alpha = \frac{40L}{L_{sz}^2}; \quad (6.25)$$

L - единица длины, м;

σ_{zg} - природное напряжение от собственного веса грунта на глубине $d+Z$ от его поверхности;

k_z - безразмерный коэффициент, принимаемый для отдельных массивов в зависимости от приведенной глубины $m' =$

$\alpha(d+Z)$ и средневзвешенного значения угла внутреннего трения φ_f водонасыщенного грунта естественной структуры по табл. II приложения;

p_1 - давление, МПа, определяемое по формуле

$$p_1 = \frac{0,11\bar{c} - 100\alpha \cdot c_f}{\alpha}, \quad (6.26)$$

где \bar{c} , c_f - средневзвешенные значения соответственно удельного веса грунта, кН/м³, и сцепления, МПа, от отметки планировки до глубины заложения условного фундамента.

Осадка условного фундамента, начиная с уровня плоскости CD , зависит от дополнительного давления, действующего по его подошве

$$p_{0y} = \sigma_{zp} + \bar{\sigma}_{zp}. \quad (6.27)$$

152

Ниже глубины $d + hsl$ основание разделяют на слои грунта толщиной $h_j = 0,4b_y$. Здесь b_y - ширина условного фундамента, принимаемая, равной ширине закрепленного массива b_z .

Дополнительное напряжение в основании на глубине Z_1 от подошвы условного фундамента рассчитывают по формуле: $G_{zpy} = A P_{0y}$ (6.28)

Нижнюю границу сжимаемой толщи находят в зависимости от соотношения G_{zpy} и G_{zg} по формуле (4.3).

Осадку условного фундамента вычисляют по формуле:

Осадка фундамента здания или сооружения на закрепленном методом силикатизации лессовом грунте П типа по просадочности в случае его замачивания определяется по формуле:

$$S_n^1 = S_0 + S_c \quad (6.30)$$

Условие расчета фундамента на закрепленном основании считают удовлетворенным при соблюдении требований согласно формуле (6.2). В случае их несоблюдения вносят соответствующие коррективы в проект.

$$S_c = 3 \sum_{j=1}^m \frac{\sigma_{zpy} \cdot h_j}{E_j}, \quad (6.29)$$

где m - число слоев, на которое разделена сжимаемая толща под подошвой условного фундамента;

σ_{zpy} - среднее дополнительное к природному напряжение в L -м слое, равное полусумме напряжений σ_{zpy} на его верхней и нижней границах;

h_j, E_j - соответственно толщина и модуль деформации закрепленного и природного грунта j -го слоя.