

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ГРУНТОВ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
1.1. Предмет, задачи и методы	6
2. МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ГРУНТОВ.....	9
2.1. Физико-механические методы	9
2.2. Физические методы	22
2.3. Химические методы	30
2.4. Методы армирования грунтовых массивов и грунтов.....	50
3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ГРУНТОВ	60
3.1. Инженерно-геологический контроль качества работ по технической мелиорации грунтов.....	61
3.2. Обследование грунтов оснований зданий и сооружений после их технической мелиорации	62
Библиографический список.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Основной проблемой, решаемой при проектировании и строительстве, является обеспечение долговечности капитальных долговременных сооружений (зданий, тоннелей, мостов, различного типа подземных сооружений, метрополитенов, автомобильных дорог и т.п.). Существующая тенденция снижения устойчивости зданий и сооружений обусловлена сложными инженерно-геологическими условиями возведения объектов, а также ухудшения инженерно-геологических условий при эксплуатации сооружений из-за влияния техногенных факторов.

Целью инженерной геологии является изучение природной геологической обстановки местности до начала строительства, а также прогнозирование изменений в природно-техногенной системе, которую образуют возводимое сооружение и природная среда в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

В процессе изыскательских работ до начала строительства (при принятии решения о строительстве, об инвестировании проекта и т.д.) решаются следующие задачи:

- выбор оптимального (благоприятного) в геологическом отношении места (площадки, района) строительства данного объекта;
- определение наиболее рациональных конструкций фундаментов сооружений с учетом инженерно-геологических условий объекта;
- выбор технологии строительства;
- разработка рекомендаций по необходимым мероприятиям инженерной защиты территорий и охране геологической среды при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

В связи с бурным развитием строительства выбор наиболее благоприятных площадок стремительно сокращается, а также в связи с ухудшением геоэкологической обстановки возникает необходимость использования площадок с неблагоприятными условиями для строительства, то есть со структурно-неустойчивыми грунтами, а также восстановление устойчивости зданий и сооружений в процессе эксплуатации. В связи с этим возникает необходимость использования защитных мероприятий, с привлечением, в том числе, методов технической мелиорации.

Техническая мелиорация грунтов — инженерно-геологическая дисциплина, объектом исследования которой являются грунты, а задачей — искусственное изменение свойств грунтов, используемых в строительстве.

Учебное пособие разработано для магистрантов и аспирантов, изучающих дисциплину «Техническая мелиорация грунтов» по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. Целью освоения дисциплины «Техническая мелиорация» является углубление уровня освоения компетенций обучающегося в области инженерной защиты территорий и сооружений от опасных геологических процессов, связанных с инженерно-геологическим и экологическим обеспечением проектирования, строительства и эксплуатации объектов и их влияния на окружающую среду.

Для обеспечения надежности эксплуатации зданий и сооружений, создания экологических безопасных условий жизнедеятельности человека необходимо освоение ряда компетенций:

- способность проводить анализ результатов инженерных изысканий и инженерных решений в области строительства для минимизации природно-техногенных опасностей;
- способность осуществлять обоснование проектных решений в области строительства на основе результатов инженерных изысканий с целью применения методов технической мелиорации.

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ГРУНТОВ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. ПРЕДМЕТ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ

Техническая мелиорация грунтов — прикладное направление инженерной геологии, занимающееся разработкой теории и методов целенаправленного улучшения состава, структуры, состояния и свойств грунтов в связи с запросами разных видов строительства, инженерной защиты территорий от опасных экзогенных и эндогенных процессов, решением ряда экологических задач и др.

Предметом исследования технической мелиорации грунтов является установление закономерностей и создание геотехнических массивов пород (грунтовых толщ) с заданными прочностными, деформационными, фильтрационными, теплофизическими и другими свойствами.

Теоретические основы технической мелиорации базируются на фундаментальных научных теориях и дисциплинах физики, химии, грунтоведения, математики, механики, геологии.

Образование новых структурных связей в грунтах при улучшении свойств обусловлено рядом сложных химических реакций и процессов, к которым относятся: адсорбция, ионообмен, коагуляция, диспергация, адгезионное взаимодействие, полимеризация, поликонденсация, кристаллизация, гидратация, гидролиз, электроосмос, электрофорез, спекание, плавление и ряд других сложных химических реакций. В связи с этим выделением групп методов технической мелиорации достаточно сложно выделить группы методов из-за комплексности их воздействия на грунтовые массивы.

В настоящее время можно выделить основные группы методов технической мелиорации грунтов и массивов: I — физико-механические, II — физические, III — химические, IV — методы армирования грунтовых массивов и грунтов.

Физико-механическая группа методов в зависимости от вида воздействия объединяет механические и физические подгруппы методов.

Основным видом воздействия при этом служит механическая энергия динамических и статических нагрузок уплотнения, вибрации, взрывов, давления, разряджения, гравитационного поля, физических полей. Теоретической основой их является взаимодействие частиц грунта в различном состоянии (плотности и влажности) и закономерности изменения структурно-текстурных особенностей грунтов во времени.

Физические методы, основанные на приложении физических полей (электрического, температурного, магнитного), направлены на увеличение плотности, прочности, водо- и морозостойкости, устранение просадочности за счет изменения характера структурных связей в грунтах.

Химические методы основаны на введении в грунт химических реагентов (вяжущих веществ как органических, так и неорганических) более 1–5 %. Характер изменения свойств грунтов при этом сводится в первую очередь к значительному увеличению прочности, водо- и морозостойкости, уменьшению водопроницаемости грунтов в результате изменения состава и характера структурных связей. Среди этой группы методов можно выделить подгруппу физико-химических методов. Физико-химическая подгруппа методов улучшения свойств грунтов помимо уплотнения пород преследует сохранение, стабилизацию данной структуры грунтов или частичное изменение их свойств при использовании комплексных добавок. Физико-химические методы наиболее эффективны для суглинков и глин различного состава и генезиса. Они основаны на введении небольших количеств химически и поверхностно-активных веществ (не более 1–3 %). Теоретической основой этой группы методов являются поверхностные процессы, среди которых ведущее место занимают процессы адсорбции и ионообмена, происходящие в дисперсных грунтах. Физико-химические методы используются для снижения водопроницаемости, пылимости, пучинистости, изменения уплотняемости в результате изменения поверхности минеральных частиц грунта и, в первую очередь, их обменной способности. Эти методы часто используются в сочетании с другими методами при комплексных способах упрочнения пород.

Методы армирования грунтовых массивов объединяют методы для создания пространственных разноуровневых конструкций за счет каркасообразования в теле грунтового массива путем внедрения системы элементов повышенной прочности.

Грунтовые условия зданий и сооружений являются одним из ведущих факторов, определяющих выбор способа улучшения грунтов методами технической мелиорации (рис. 1). Основными факторами при выборе метода улучшения свойств грунтов являются: дисперсность, химико-минеральный состав, проницаемость.

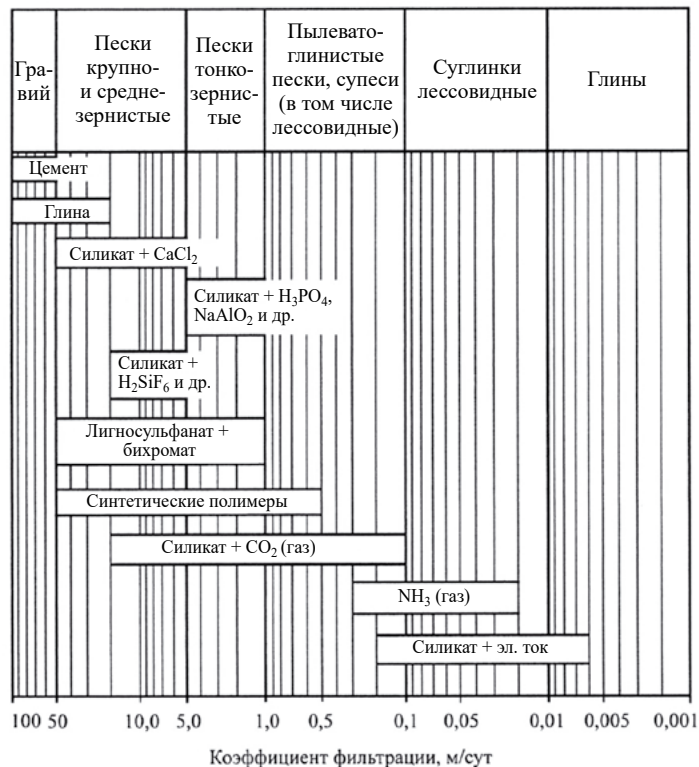


Рис. 1. Зависимость способа инъекционного закрепления от типа дисперсности грунтов

На рис. 2 приведены области применения методов технической мелиорации грунтов.



^{*)} — используются для улучшения скальных и полускальных грунтов

Рис. 2. Диапазоны применения методов технической мелиорации грунтов

Поверхностные методы улучшения грунтов с нарушенным строением используются в целях укрепления грунтов для дорожного, аэродромного и гидротехнического строительства (основания и покрытия дорог и аэродромов, водонепроницаемые экраны при создании каналов, подземных сооружений, плотин и т.п.). Объектами поверхностного укрепления грунтов являются в основном почвы и разнообразные по генезису дисперсные грунты четвертичного возраста.

Глубинные методы укрепления грунтов в массиве с ненарушенным строением реализуются при инъекции разных по дисперсности растворов или вязко-жидких суспензий и применяются для укрепления грунтов в гражданском и гидротехническом строительстве, в горном деле и других отраслях.

Методы технической мелиорации грунтов нашли широкое применение при инженерной защите территорий от различных экзогенных и природных процессов: противозерозионные мероприятия, при защите территорий и сооружений от оползней, обвалов, селей, карстовых процессов, при борьбе с криогенными процессами, при разработке противосейсмических мероприятий, при защите от поверхностных и подземных вод от загрязнения и т.д.

Методами технической мелиорации можно решать сложные задачи в процессе эксплуатации зданий и сооружений: усиление оснований зданий и сооружений; устройство противофильтрационных завес, экранов, стенок; стабилизация склонов и откосов; увеличение несущей способности свай и анкерных устройств; защита поверхностных и подземных вод от загрязнения; стабилизация стенок горных выработок и тоннелей и борьба с водопритоками; создание материалов с заданными свойствами; устройство набивных и инъекционных свай; возведение земляных сооружений (плотин, дамб, перемычек); создание оснований, стенок откосов на основе предварительно напряженных (армированных) грунтовых систем.

Важную роль при локализации загрязнений играют искусственные геохимические барьеры. С этой целью наиболее эффективно применяются полупроницаемые обратимые экраны и искусственные (защитные) геохимические барьеры (рис. 3–5).



Рис. 3. Классификация искусственных геохимических барьеров по механизму поглощения токсиканта [12]

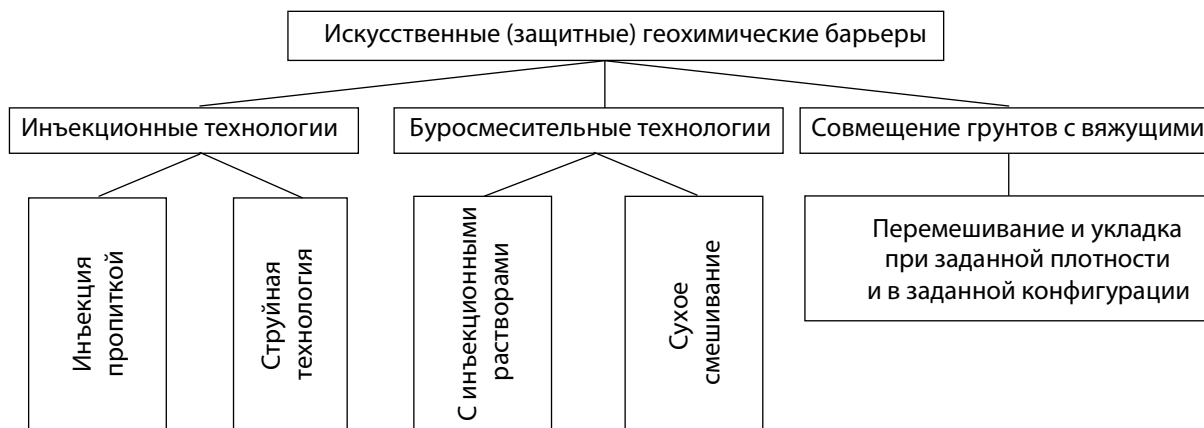


Рис. 4. Технические приемы устройства искусственных геохимических барьеров методами технической мелиорации [12]

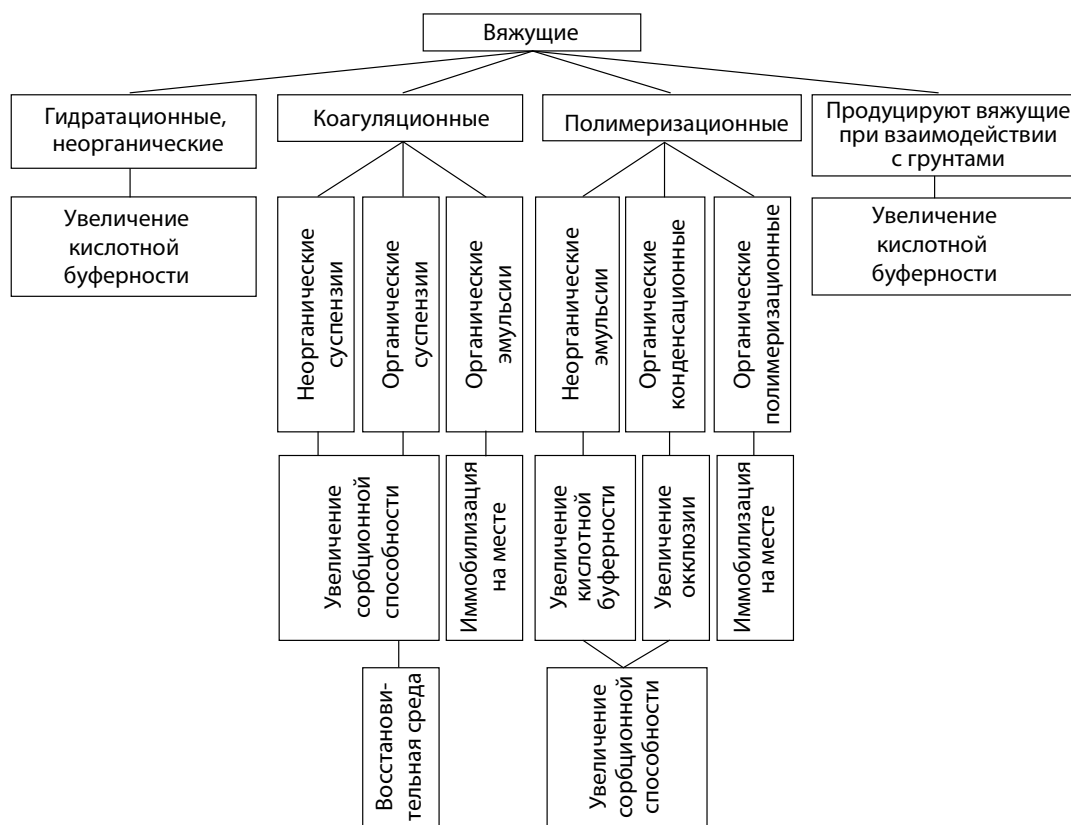


Рис. 5. Схема функциональных возможностей применения инъекционных материалов для создания искусственных поглощающих барьеров или иммобилизации токсичных соединений в местах их складирования [12]

Методами технической мелиорации также широко решаются различные задачи, связанные с реализацией природоохранных проектов (рис. 5): иммобилизация загрязняющих компонентов путем отверждения отходов при их полигональном захоронении; обеспечение экранирующего эффекта грунтовых слоев в системе барьерной защиты при защите берегов водохранилищ; при защите растворимых грунтов в основании водохранилищ от утечек воды; создание геомембран (фильтры, сорбенты) на основе местных грунтов и материалов при дренировании гидроотвалов и хвостохранилищ; контроль миграции металлов-загрязнителей и газов в сфере влияния очагов источников; создание бактерицидных и антисептических зон для подавления активности микроэлементов; гидроизоляция мест хранения и захоронения опасных отходов.

2. МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ГРУНТОВ

2.1. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Улучшения строительных свойств грунтов за счет механического воздействия применяются для увеличения их несущей способности, уменьшения фильтрационной способности, сжимаемости, просадочности, ликвидации разжижения. Изменение свойств грунтов происходит в основном в результате изменения их структурно-текстурных особенностей, что способствует повышению физико-механических свойств массивов грунтов.

Уплотнение статическими и динамическими нагрузками применяется для дисперсных грунтов: лессов, рыхлых насыпных и намытых грунтов, а также рыхлых свежесажженных морских, озерных и речных илов, торфяников. Различают следующие виды уплотнения:

- 1) гравитационное уплотнение рыхлых отложений (илов, торфяников и пр.) статической нагрузкой: а) наземное, б) подводное;
- 2) уплотнение грунтов укаткой;
- 3) уплотнение грунтов трамбованием;

4) уплотнение массива грунтов сваями.

При наземном уплотнении для нагрузки используют песок, гравий или гальку в виде слоя мощностью 2–3 м (рис. 6, 7).

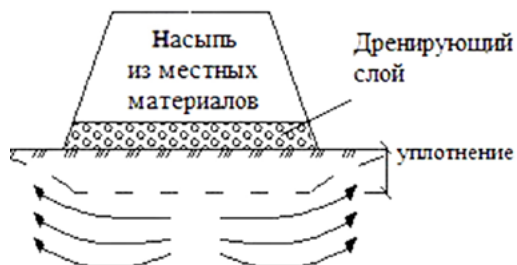


Рис. 6. Схема гравитационного уплотнения слабых водонасыщенных грунтов в основании земляной насыпи

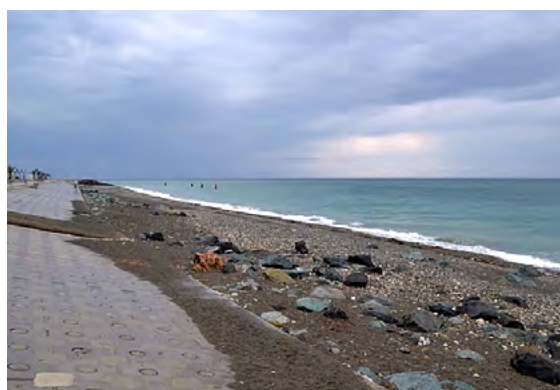


Рис. 7. Береговая линия морского порта Сочи в устье р. Мзымта. Фото А.В. Куприна

Нагрузку производят постепенно, малыми порциями, с перерывами во времени. Под действием нагрузки из грунта отжимается вода, грунт уплотняется, улучшаются его физико-механические свойства, что позволяет уменьшить его осадку от сооружений.

Способ подводного гравитационного уплотнения применяется при строительстве морских, речных, в частности портовых, сооружений на глинистых илах отсыпкой песка.

Передний откос пляжа включает гравийно-галечниковый пляж шириной 50 м. Для достройки пляжа до требуемой ширины была произведена отсыпка песка для подводного склона. Для отсыпки рекомендуются мелкозернистые пески без примесей. Это обусловлено необходимостью свободного выхода воды через тело песчаной подушки и отсутствием выноса мелкозернистых частиц.

2.1.1. Уплотнение грунтов укаткой

В формировании строения грунта существенную роль играет метод уплотнения (статический, динамический, сейсмический, вибрационный). Влияние метода уплотнения сказывается при влажности выше оптимальной влажности грунта. Различные результаты уплотнения грунта в зависимости от методов уплотнения их объясняются временем, площадью и характером контакта между уплотняющим элементом и грунтом.

Таблица 1

Технические параметры послойного уплотнения грунта в зависимости от вида оборудования и дисперсности грунта

Вид оборудования	Масса, т	Толщина уплотненного слоя, см	Число заходов или ударов на один заход для получения максимальной плотности грунтов 0,95			
			Глина	Суглинок	Супесь	Песок
Каток кулачковый	5	30	12	9	6	–
Каток гладкий	–	15	–	–	–	6
Каток на пневмошинах	25	25	12	10	8	6
	40	30	10	8	6	4
Виброкаток	3	50	–	6	5	4
Трамбующая машина с падающей плитой в 1 м	1,5	65	6	5	4	3

Для уплотнения грунтов укаткой применяются самоходные и прицепные катки весом от 5 до 100 т и более. Необходимая степень уплотнения грунтов устанавливается соответствующими техническими условиями в зависимости от назначения насыпей. Критерием степени уплотнения грунта является показатель плотности скелета грунта и оптимальная влажность.

Для эффективного уплотнения грунтов катками и трамбованием напряжения на поверхности грунтов не должны превышать предела прочности, а составлять 80–90 % его величины. Предельная глубина действия нагрузки составляет $3-3,5d_{ш}$ ($d_{ш}$ — диаметр штампа), а оптимальная толщина слоя может быть равной $1,5-2d_{ш}$. При переувлажненных грунтах эта оптимальная толщина слоя равняется $1,0d_{ш}$.

Уплотнение дисперсных глинистых грунтов ввиду их упруго-пластично-вязких свойств осуществляется повторными циклическими нагрузками в результате многократного деформирования.

К числу недостатков метода укатки надо отнести: невозможность уплотнения грунтов слоями большой толщины, а также необходимость иметь широкий фронт работ (не менее 150 см). Толщина слоя уплотненного грунта обычно не превышает 15–25 см. Катки с гладкими барабанами и на пневматических шинах пригодны для уплотнения как связных, так и несвязных грунтов (рис. 9).



Рис. 8. Вид кулачкового катка



Рис. 9. Виброкаток ДУ-97. Ширина уплотнения — 1500 мм, глубина уплотнения — 40–100 мм, частота вибрации — 50 Гц

Кулачковые катки могут уплотнять в основном только связные грунты (рис. 8). Эффект укатки в большой степени зависит от правильного выбора параметров катков (табл. 1).

При вибрационном уплотнении достигаются более высокая плотность и глубина уплотнения, чем при статическом уплотнении, и при этом полное уплотнение достигается при меньшем числе проходов.

Уплотнение грунтов укаткой широко применяется при строительстве автомобильных и железных дорог, аэродромов, а также при вертикальной планировке местности, устройстве массивов из насыпных пород для строительства оснований. При возведении различного рода дамб, плотин и других гидротехнических сооружений уплотнение производят в целях увеличения несущей способности грунтов во избежание неравномерности в осадках, а также для понижения водопроницаемости грунтов.

2.1.2. Уплотнение грунтов трамбованием

Уплотнение тяжелыми трамбовками является распространенным методом поверхностного уплотнения (рис. 10), получившим наиболее широкое распространение в практике фундаментостроения и обеспечивающим практически одинаковую эффективность уплотнения песчаных и глинистых грунтов до объемного веса скелета грунта, близкого к максимальному значению.

Трамбование широко применяется для уплотнения различного рода насыпей (подушек, дамб, плотин, валов), грунтовой одежды, покрытий, экранов и т.п. Возможная глубина уплотнения грунтов трамбовками зависит от их диаметра, веса и высоты сбрасывания. Применение трамбовок весом 200 т позволяет уплотнять насыпные, водонасыщенные, заиленные грунты на глубину до 40 м.

Глубина уплотнения возрастает с увеличением площади трамбовок и количества ударов. Уплотнение грунтов трамбованием приводит к уменьшению пористости и влажности грунта, увеличению объемного веса, что обеспечивает повышение сопротивления сжатию и сдвигу и возрастание несущей способности. С глубиной напряжения в грунтах уменьшаются, и более интенсивно в песчаных и рыхлых грунтах, чем в глинистых и плотных. Влажность грунта на падение напряжений с глубиной оказывает незначительное влияние.



Рис. 10. Уплотнение трамбовками строительного котлована в лессовых грунтах

В настоящее время существуют разнообразные трамбуемые машины. К числу основных параметров рабочих органов трамбуемых машин относятся: вес трамбуемого органа, высота падения, площадь его основания (площадь контакта с грунтом). Количество ударов рассчитывается в связи с конструктивными особенностями машины и характером грунта.

Трамбованием могут уплотняться как связные, так и несвязные грунты. Главным преимуществом трамбования по сравнению с укаткой является возможность уплотнения грунтов слоями большей мощности (до 1–1,5 м, а в некоторых случаях до 2 м).

К числу недостатков метода трамбования следует отнести более низкую производительность машин, а также их сложность. Эти факторы приводят к повышению стоимости работ. В связи с этим трамбование по сравнению с укаткой в ряде случаев является менее экономичным методом уплотнения. Оптимальная толщина уплотняемого слоя в несвязных грунтах составляет 0,7–0,8 м, а в связных грунтах — 0,5–0,6 м. Работа машины невозможна на очень рыхлых грунтах и очень больших уклонах.

Процесс уплотнения грунта с точки зрения физико-химических явлений сложный, поэтому при уплотнении и особенно при трамбовании грунта необходим дифференцированный подход с учетом литологических и структурно-текстурных особенностей грунта, режима и технологии уплотнения. При проектировании уплотнения пород, особенно лессов, необходимо учитывать специфику инженерно-геологических и климатических условий. В каждом случае массовому производству по уплотнению должны предшествовать опытные полевые работы по выбору диаметра и веса трамбовок, количества ударов и определения толщины уплотняемого слоя.

2.1.3. Уплотнение массива грунтовыми сваями

Все виды свай, погруженных в породу без ее выемки, оказывают уплотняющее действие на массив породы за счет уменьшения пористости породы. Набивные сваи устраивают путем приготовления отверстий в породе и заполнения их более плотным и устойчивым, чем сама порода, материалом или цементирующим веществом. В зависимости от состава заполнителя набивные сваи бывают бетонными, железобетонными, песчаными, цементно-песчаными и т.п.

При помощи набивных свай улучшают рыхлые малопрочные песчаные, торфяно-илистые, глинистые (неустойчивой консистенции) породы в активной зоне оснований сооружений до глубины 30 м и более. Сваями обычно прошивают всю уплотняемую толщу и не менее чем на 1 м подстилающий слой. Набивные сваи — высокоэффективный, но дорогой способ.

Технология глубинного (до 100 м) уплотнения грунтов с применением станков ударно-канатного бурения

Данная технология состоит из следующих операций:

- 1) пробивка скважин диаметром 0,5–0,6 м до проектной глубины (вес штанги 1700–2700 кг, диаметр 30–50 см);
- 2) транспортировка и засыпка грунтового материала в скважины порциями по 300–400 кг;
- 3) трамбование грунта в скважине до плотности 1,7–1,8 т/м³;
- 4) послеоперационный контроль качества выполненных работ.

При общем весе штанги с наконечником 2,5–3,0 т уплотнение производится 12 ударами из расчета 7–8 т/м работы на 100 кг грунта. Скважины располагаются в шахматном порядке с расстоянием 1,0; 1,2 и 1,5 м.

Применяется метод уплотнения за счет создания в грунтовой толще свай из грунта и цемента. С помощью вращающейся штанги с лопастями в скважину подаются равномерно цемент, грунт и вода. В результате перемешивания и уплотнения смеси в скважине создаются цементно-грунтовые сваи-столбы.

Виброметод глубинного уплотнения используется для слабых водонасыщенных грунтов (илов).

2.1.4. Уплотнение грунтов замачиванием

Уплотнение грунтов замачиванием применяется для просадочных и набухающих грунтов. Просадка лессов обусловлена их рыхлым строением, агрегативно-зернистой структурой, карбонатно-глинистым цементом, необратимыми в воде структурными связями. Увлажнение лессов приводит к нарушению структурных связей, строения лесса и к проявлению просадки. В предпостроечный период строительства проводится замачивание котлована водой для устранения просадочности. Метод замачивания лессов сравнительно прост, но при методе предварительного замачивания в массиве возникают многочисленные террасообразные перепады с рядом параллельных или концентрических трещин, а также осадка лесса протекает медленно и не достигает максимальных величин (рис. 11).



Рис. 11. Вид котлована после предварительного замачивания просадочных лессовых грунтов

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru