МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ (СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В В УСЛОВИЯХ МОЛДАВСКОЙ ССР

Москва 1975

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ (СОЮЗДОРНИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В В УСЛОВИЯХ МОЛДАВСКОЙ ССР

Одобрены Министерством строительства и эксплуатации автомобильных дорог Молдавской ССР

Москва 1975

УДК 625.731.4:624.137

Предисловие

"Методические рекомендации по противооползневым мероприятиям на автомобильных дорогах в условиях Молдавской ССР" разработаны для условий Молдавской ССР на основе анализа результатов полевых, лабораторных и теоретических исследований, проведенных Союздорнии в период 1970–1973 гг.

"Методические рекомендации" предназначены для проектных организаций в качестве методического пособия при разработке комплекса мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна, располагаемого на склонах с различной степенью устойчивости.

"Методические рекомендации" могут быть также полезны для некоторых других регионов, непосредственно примыкающих к территории Молдавской ССР, в частности, юго-запада Украины, некоторых районов Закарпатья и других горных районов.

"Методические рекомендации" составили канд. техн. наук Э.М.Добров, инженеры А.П.Аксенов, Ю.М.Львович, Ю.В.Пудов с участием специалистов Молдгипроавтодора Э.Н.Цукермана и И.А.Михайлова.

Замечания и пожелания по "Методическим рекомендациям" просим присылать по адресу: 143900, Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии.

© СОЮЗДОРНИИ, 1975 г.

Принципы трассирования автомобильных дорог в оползневых районах

1. При трассировании и проектировании автомобильных дорог в сильнопересеченной местности следует учитывать следующие общие требования:

а) трасса автомобильной дороги должна прокладываться по кратчайшим направлениям между населенными пунктами;

б) трасса автомобильной дороги должна обеспечить выполнение основных требований по геометрии автомобильной дороги и пространственному развитию в плане и продольном профиле с соблюдением требуемых значений радиусов вертикальных и горизонтальных кривых в зависимости от категории дороги и в полном соответствии с требованиями СНиП II-Д.5-72;

в) трасса автомобильной дороги должна обеспечить комфортабельность и безопасность движения транспортных средств при расчетных скоростях.

2. Общие требования при трассировании автомобильных дорог могут быть соблюдены:

а) прокладкой трассы автомобильной дороги в виде пространственной линии, вписывающейся в наиболее общие контуры геоморфологических элементов рельефа местности;

б) отказом от сложившейся традиции вписывания трассы автомобильной дороги в микроскладки рельефа местности;

в) сооружением земляного полотна автомобильной дороги на устойчивых участках склонов в обход существующих природных оползней.

3. В случае, когда технические нормативы проектируемой автомобильной дороги не позволяют обойти оползневый склон искривлением ее трассы в плане, то трасса прокладывается через данный оползневый участок, пересекая различные части оползня:

а) головную;

б) среднюю;

в) языковую.

4. При пересечении головной части оползня следует предусматривать такой конструктивный вариант перехода (насыпь, выемка, эстакада и т.п.), при котором либо отсутствует дополнительная загрузка склона вообще, либо он разгружается.

5. При прохождении трассы в языковой части оползневого склона следует предусматривать, как правило, вариант дополнительной пригрузки и повышения общей устойчивости оползня устройством насыпей и использованием их в качестве удерживающего контрбанкета.

6. Устройство земляного полотна в средней части оползневого участка может выполняться как в выемке, так и в насыпи, но при условии использования всего комплекса инженерно-геологических мероприятий, обеспечивающих общую и местную устойчивость конструкций земляного полотна и оползневого участка в целом, и исключения значительной перегрузки и подрезки склона.

Требованиия к проектно-изыскательским работам

7. Автомобильные дороги в оползневых районах следует проектировать в три стадии с составлением:

а) технико-экономического обоснования (ТЭО)строительства противооползневых сооружений;

б) технического проекта;

в) рабочих чертежей.

8. Проектирование противооползневых сооружений на участках существующих автомобильных дорог либо при опытном строительстве может быть одностадийным и предусматривает разработку технорабочего проекта.

9. При разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) противооползневых сооружений выбирают оптимальный вариант расположения

трассы автомобильной дороги и определяют перечень и объем противооползневых мероприятий на каждом конкретном ее участке.

ТЭО относится к предпроектной стадии и применительно к каждому опасному участку склона должно содержать:

архивные, картографические и литературные материалы по степени оползневой активности участка;

план участка склона, выполненный по результатам топографической или аэрофотосъемки в масштабе не менее 1:500–1:1000;

карту-схему, составленную на основе предварительной инженерно-геологической рекогносцировки и геофизических работ;

варианты проложения трассы автомобильной дороги на топографическом плане;

результаты рекогносцировочных инженерно-геологических обследований каждого из намеченных вариантов трассы дороги с данными выборочных лабораторных испытаний грунтов и химическими анализами подземных вод;

продольные и поперечные профили оползневого склона с нанесенными вариантами трассы автомобильной дороги;

ориентировочные объемы и стоимость строительных работ (земляное полотно, искусственные сооружения и т.п.) по каждому варианту;

анализ причин нарушения устойчивости склона, его классификации по типу оползания, расчеты устойчивости по каждому варианту с оценкой коэффициента запаса устойчивости $K_{зап}$;

предварительный перечень противооползневых мероприятий по всем вариантам;

сравнение вариантов трассы с учетом противооползневых мероприятий по технико-экономическим показателям;

пояснительную записку с обоснованием рекомендуемого для проектирования и строительства варианта автомобильной дороги;

программу инженерно-геологических изысканий по рекомендуемому варианту для составления технического проекта.

10. В техническом проекте разрабатывают комплекс противооползневых мероприятий, обеспечивающих устойчивость земляного полотна автомобильной дороги на выбранном участке склона.

Технический проект должен содержать:

топографический план участка, дополненный инженерно-геологической съемкой;

результаты инженерно-геологических изысканий с геологическими разрезами по пройденным горным выработкам (скважины, шурфы, расчистки) и данными испытаний физико-механических свойств грунтов;

инженерно-геологические карты (М 1:500 - 1:1000) с указанием направлений потоков грунтовых вод и результатов опытных откачек воды из скважин;

генеральный план (М 1:500 - 1:1000), содержащий весь комплекс намечаемых противооползневых сооружений;

конструкции сооружений;

объем строительных работ и смету;

пояснительную записку с обоснованием принятых решений, организации работ и указанием последовательности постройки объектов и сроков их осуществления.

11. В рабочих чертежах детально разрабатываются проектные решения противооползневых мероприятий. При этом проводятся дополнительные топографо-геодезические работы и инженерно-геологические обследования участка трассы автомобильной дороги.

12. В процессе разработки рабочих чертежей следует уточнить на местности положение всех сооружений, предусмотренных в генеральном плане, и запроек-

тировать их положение на продольных и попереч н ы х профилях.

13. Кроме того, в процессе разработки рабочих чертежей необходимо:

выдавать одновременно чертежи всего комплекса противооползневых сооружений;

включать в состав документации проект организа - ции работ с указанием очередности выполнения каждого объекта в зависимости от его важности , климати - ческих условий, времени года, способа осуществле н и я и средств механизации;

дополнять документацию указаниями о порядке эксплуатации противооползневых сооружений, о создании охранной зоны и введении в ней специального строи - тельного и эксплуатационного режима;

передавать в период приемки в эксплуатацию всю документацию местным дорожно-эксплуатационным организациям.

Требования к инженерно - геологическим изысканиям

14. Объем инженерно-геологических изысканий для строительства автомобильных дорог в оползневых районах зависит от стадии проектирования.

Стадия технико - экономического обоснования (ТЭО)

15. При инженерно-геологических изысканиях на стадии ТЭО:

изучают природные условия района проложения трассы, характер и степень развития оползневых процес - сов;

определяют условия, способствующие развитию оползней при строительстве автомобильной дороги;

обследуют состояние существующих дорожных, водо-

пропускных, противооползневых, водоотводных и других инженерных сооружений и оценивают их эффективность.

16. На стадии изучения природных условий района проложения трассы следует собрать и изучить литературные и фондовые материалы, дополненные инженерно-геологической рекогносцировкой, которая включает обследование существующих сооружений и склонов в районе трассирования дороги и организацию стационарных наблюдений за динамикой геологических процессов.

17. Инженерно-геологические изыскания на стадии ТЭО следует завершать составлением пояснительной записки об инженерно-геологических условиях проложения трассы автомобильной дороги.

К пояснительной записке следует прикладывать схематические геологические разрезы и схематическую инженерно-геологическую карту.

18. Геологические разрезы следует делать вдоль оси движения оползня с захватом оползневого склона целиком.

19. На схематической инженерно-геологической карте следует выделить участки: устойчивые, условно-устойчивые и оползневые.

20. Основой для разделения участков по условиям устойчивости могут служить: геолого-структурные признаки, геолого-литологическое строение, генезис пород, гидрогеологические особенности, геоморфологические условия, интенсивность развития современных физико-геологических процессов и т.п.

21. Строительство земляного полотна автомобильных дорог на устойчивых склонах осуществляется, как правило, с минимальными затратами. В условиях Молдавской ССР устойчивые склоны обычно сложены породами с повышенной прочностью. К этим породам могут быть отнесены: известняки, пески с прослоями песчаников, четвертичные глины и т.п. Устойчивые склоны находятся в допредельном (по проч-

ности) состоянии и имеют большой коэффициент запаса общей устойчивости ($K_{зап} > 2$).

22. Условно-устойчивые склоны находятся обычно в предельном (по деформированию в режиме ползучести) состоянии. Деформации ползучести на этих склонах отсутствуют, но вероятность их развития чрезвычайно велика, поэтому строительство земляного полотна на таких склонах требует предварительной подготовки территории и применения комплексных противооползневых мероприятий. В условиях Молдавии эти склоны сложены глинистыми грунтами.

23. Для оползневых склонов требуется разработка специального комплекса противооползневых мероприятий по каждому из вариантов проложения трассы.

Стадия технического проекта

24. Инженерно-геологические изыскания на стадии технического проекта следует выполнять в пределах полосы принятого варианта трассы дороги, искусственных сооружений и проектируемых противооползневых мероприятий.

25. При инженерно-геологических изысканиях на данной стадии оценивают:

возраст оползней, причины их образования, тип, степень распространения, геологическое строение, степень активности и т.п.;

устойчивость природного склона и его состояние после сооружения земляного полотна автомобильной дороги.

26. Инженерно-геологические изыскания включают:

инструментальную инженерно-геологическую съемку в масштабе 1:500 – 1:1000;

разведочные, буровые и геофизические работы;

полевые гидрогеологические работы;

полевые и лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов;

стационарные наблюдения.

27. Инженерно-геологические изыскания на оползневых и условно-устойчивых склонах должны обязательно включать крупномасштабную съемку, детальную разведку и стационарные наблюдения за реперами.

28. При проведении инженерно-геологической съемки следует особое внимание уделять описанию и картированию следующих элементов:

местонахождению оползня, его ориентировке и положению базиса;

границе оползня, его форме, размерам, превышению отметки бровки головного срыва над базисом, среднему уклону оползневого участка;

характеру границ оползня (стенки срыва, борта, язык), характеру и состоянию срывов (свежие, выветренные, задернованные), их профилю, крутизне, высоте бровок, амплитуде смещения, наличию подмыва или подрезки языка оползня;

рельефу и характеру поверхности ниже языка оползня;

характеру пород, слагающих оползневый склон, мощности оползневого тела, состоянию пород в зоне смещения;

характеру оползневого смещения (по контакту коренных пород и делювия, по прослойкам, по ослабленным зонам и т.п.);

режиму грунтовых вод, источникам питания оползня водой (колодцы, родники и их дебит, бессточные площади, заболоченности, мочажины, уровень воды в скважинах, овраги с постоянными и временными водотоками и т.п.).

29. Программу инженерно-геологической разведки на оползневых и условно-устойчивых склонах следует разрабатывать индивидуально на основании материалов инженерно-геологической съемки.

30. Разведочные буровые и зондировочные работы заключаются в проходке буровых скважин, шурфов и производстве расчисток.

В процессе бурения скважин извлекают образцы пород с нарушенной и ненарушенной структурой, определяют геологическое строение склона, уточняют поверхность скольжения оползневых накоплений, определяют мощность водоносных слоев и глубину залегания вод.

Шурфы служат для отбора больших монолитов пород и визуального изучения оползневой толщи, а расчистки – для обследования обнажений горных пород на оползневых склонах.

31. Все горные выработки должны быть занивелированы и по координатам нанесены на топографическ и й план.

32. Разведочные выработки на оползневом склоне следует располагать параллельно направлению движения оползня (осевой и продольный створы), а также по линиям, перпендикулярным этому направлению (поперечные створы).

На продольных створах часть скважин следует располагать на участках склона, не нарушенного оползнем, т.е. выше головного срыва и ниже языка оползня (не менее чем по одной скважине).

Поперечные створы также должны заходить за контуры оползня и содержать необходимое для этого количество выработок.

33. Количество горных выработок (скважины, шурфы и расчистки) и расстояние между ними следует назначать из расчета построения достоверного геологического разреза, построения объемного контура оползневого тела и определения степени устойчивости склона в целом.

34. Разведочные скважины следует заглублять ниже зоны скольжения оползня не менее чем на 3–5 м.

35. Данные инженерно-геологической разведки, вы-

полненной на основе горных выработок, могут быть дополнены, особенно в случае труднодоступных участков склонов, геофизическими методами разведки (микро - сейсморазведка, электроразведка).

36. В результате полевых и лабораторных исследований физико-механических свойств оползневых грунтов (и склонов вообще) должно быть получено полное представление о зерновом составе грунта, его характерных влажностях, объемном весе и влажности при естественном залегании и, наконец, его прочностн ы х характеристиках.

Существенным моментом в этом плане является оценка длительной прочности грунта и его реологических характеристик.

На стадии рабочих чертежей

37. При инженерно-геологических изысканиях на оползневых и условно-устойчивых склонах уточняют полевые материалы, полученные на предыдущих стадиях проектирования.

По результатам уточнений следует составлять инженерно-геологические карты и разрезы, в которых должна быть отражена вся динамика оползневого процесса за весь период изысканий. Полученные материалы следует использовать в качестве основы для обоснования проектируемых конструкций земляного полотна, конструкций дренажей и технологии производства работ.

38. Для обоснования технорабочего проекта инженерно-геологические изыскания следует проводить по более современной программе, разрабатываемой специально для каждого конкретного случая.

Учет особенностей инженерно - геологических и гидрогеологических условий Молдавской ССР

39. При проектировании земляного полотна на склонах необходимо тщательно и в комплексе учитывать специфические условия Молдавской ССР, а именно: геоморфологические условия; геологическое строение и физико-механические свойства пород; климатические и гидрогеологические условия; современные геологические процессы.

40. Учет геоморфологических условий основан на выборе наиболее устойчивой формы склона (форма склонов влияет на условия дренирования, на характер склоновой эрозии и напряженное состояние в слагающих их породах). В Молдавской ССР оползнями максимально поражены склоны крутизной от 8 до 20°.

41. При учете геологического строения, а также физико-механических свойств пород следует иметь в виду, что оползневые деформации развиваются главным образом на склонах, сложенных глинистыми породами.

На севере республики оползни развиты в меловых глинистых породах и нижнесарматских глинах, к югу они связаны с выходами глинистых отложений среднего сармата, верхнего сармата и меотических континентальных образований, на юге - спонтическими глинами. Наиболее широко оползни развиты в среднесарматских отложениях, на выходах трех глинистых толщ: серовато-зеленой, голубовато-серой и желтой, переходящей в пестроцветную.

42. Климатические условия влияют непосредственно на изменение равновесия земляных масс склонов, а

также на усиление воздействий других процессов, вызывающих оползни.

При этом необходимо иметь в виду, что значительное усиление оползневой деятельности приурочено к влажным - осеннему и весеннему периодам и суровым многоснежным зимам после жаркого сухого лета.

Влияние атмосферных осадков проявляется в виде увлажнения пород склонов, а также образования временных и повышения уровней постоянных водоносных горизонтов. Средняя многолетняя годовая сумма осадков влияет на частоту развития оползней при наличии расчлененного рельефа и малоустойчивых пород в строении склонов. Кроме того, следует учитывать экспозицию склона. В Молдавии к западу от водоразделов Днестра и Прута оползни преобладают на склонах западного направления, а к востоку от него - западного и северного направлений.

43. Гидрогеологические условия связаны с изменением гидростатического и гидродинамического давления в толще склонов, способствующих возникновению оползневых явлений. Изменение гидрогеологических условий внутри склона происходит обычно периодически при длительных дождях и снеготаянии в осенне-весенние периоды.

44. В зависимости от преобладания в механизме формирования оползня того или иного фактора оползневые склоны на территории Молдавской ССР могут быть подразделены на две большие группы.

1. Оползни, связанные с изменением формы и размеров склона:

а) оползни выдавливания;

б) оползни - обвалы.

II. Оползни, вызванные изменением прочности пород и гидрогеологического режима:

а) оползни - потоки;

б) оплывы;

в) оплывины.

Оценка длительной прочности глинистых грунтов

45. Начальная ($t = 0$) прочность глинистых грунтов определяется общим сопротивлением их сдвигу и выражается следующей зависимостью:

$$S_o = S_{pw} = \rho \ tg\varphi_w + \Sigma_w + C_c \ , \qquad (1)$$

где φ_w – угол внутреннего трения грунта при влажности W ;

Σ_w – связность;

C_c – структурное сцепление.

46. При оценке длительной ($t = \infty$) прочности глинистых грунтов следует прежде всего исходить из учета:

а) разновидности глинистого грунта и природы его прочности;

б) условий проявления возможных длительных деформаций ползучести.

47. Различают две основные и наиболее часто встречающиеся в практике дорожного строительства разновидности глинистых грунтов:

а) скрытопластичные;

б) пластичные.

Прочность скрытопластичных грунтов определяется формулой (1).

Для пластичных глинистых грунтов характерно практическое отсутствие угла внутреннего трения и жестких структурных связей, т.е. $\varphi_w = 0$, $C_c = 0$, поэтому их прочность определяется зависимостью

$$S_o = S_w = \Sigma_w \ . \qquad (2)$$

48. Деформации ползучести глинистых грунтов во времени развиваются под воздействием касательных напряжений τ при условии, когда

$$\left.\begin{aligned} \tau &< p \cdot tg\,\varphi_w + \Sigma_w + C_c \\ \tau &> p \cdot tg\,\varphi_w + C_c \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

и одновременно

Ползучесть пластичных глинистых грунтов развивается практически при любой величине τ, но при соблюдении условия

$$0 < \tau < \Sigma_w . \qquad (4)$$

49. Длительная прочность S_∞ пластичных глинистых грунтов при неизменных параметрах их плотности-влажности является величиной постоянной и совпадает с их начальной прочностью, т.е.

$$S_\infty = S_0 = S_w . \qquad (5)$$

50. При оценке длительной прочности S_∞ скрытопластичных глинистых грунтов следует различать два основных случая их возможной работы в сооружении:

а) отсутствие деформаций ползучести, когда

$$\tau < p \cdot tg\,\varphi_w + C_c . \qquad (6)$$

б) наличие деформаций ползучести, когда имеет место соотношение (3).

Длительная прочность скрытопластичных глинистых грунтов S_∞ при условии отсутствия деформаций ползучести совпадает с их начальной прочностью S_0 и определяется зависимостью (1), т.е.

$$S'_{\infty} = S_0 = S_{pw} \qquad (7)$$

Длительная прочность скрытопластичных глинистых грунтов S''_{∞} в условиях проявления деформаций ползучести снижается за счет разрушения жестких структурных связей и соответствует величине

$$S''_{\infty} = \rho \cdot tg\,\varphi_w + \Sigma_w . \qquad (8)$$

Расчет устойчивости природных склонов и откосов земляного полотна

51. Степень устойчивости природных склонов (как с учетом земляного полотна, так и без него) должна оцениваться уже на предпроектной стадии ТЭО при выборе наиболее экономически и технически оправданного варианта проложения трассы.

Наиболее подробный расчет устойчивости склонов производится на стадии разработки технического проекта применительно к выбранному варианту расположения земляного полотна после получения достаточно полных данных по инженерно-геологическому строению склонов и физико-механическим свойствам грунтов.

52. Устойчивость природного склона следует рассчитывать прежде всего исходя из наиболее вероятной формы нарушения его устойчивости (скол при просадке, срез с вращением, оползень-поток и т.п.) и обязательно применительно ко всему природному склону, а не к его локальной части, расположенной в зоне возведения земляного полотна.

Для природного оползневого склона форма нарушения его устойчивости определяется наиболее просто по четким признакам, сопровождающим оползневую ак-

тивность (стенки срыва, трещины растяжения, локальная заболоченность, валы выпирания и т.п.) и отделяющим оползневое тело от здоровой части склона.

В случае, когда склон устойчивый или условно-устойчивый и трудно заранее с достаточной достоверностью определить наиболее вероятную форму нарушения его устойчивости, следует исходить из предполагаемой в данном случае формы деформации, принимая во внимание особенности геологического строения толщи склона и факторы, связанные со строительством автомобильной дороги (подсечка, перегрузка, разгрузка и т.п.). При этом следует выполнять проверочные расчеты для нескольких возможных схем. Наиболее вероятной схемой будет та, которая дает минимальную величину коэффициента запаса устойчивости.

53. Устойчивость склонов следует рассчитывать по поперечнику, в котором наиболее неблагоприятно сочетаются такие факторы, как крутизна склона, наличие ослабленных зон, мощность смещающихся грунтов и т.п.

54. Устойчивость склонов и откосов рассчитывают по двум предельным состояниям (плоская задача):

а) по прочности (1-е предельное состояние);

б) по деформируемости (2-е предельное состояние).

55. Расчет устойчивости откосов и склонов по прочности сводится к определению коэффициента запаса устойчивости $K_{зап}$ и сравнению его с требуемой величиной.

При этом коэффициент запаса устойчивости определяется как отношение суммы сил, удерживающих откос или склон в устойчивом состоянии, к сумме сил, нарушающих это состояние.

Для расчета суммарного воздействия удерживающих сил при оценке величины $K_{зап}$ используются прочностные характеристики грунта, а именно: его сопротивляемость сдвигу, определяемая силами внутреннего трения грунта φ_w и общего структурного сцепления C_w.

56. Устойчивость откосов и склонов по деформируемости следует рассчитывать, если обеспечена их устойчивость по прочности ($K_{зап} > 1$), но есть опасность развития длительных деформаций ползучести во времени.

В этом случае дополнительно в качестве исходных характеристик грунта следует оценивать коэффициент динамической вязкости η.

57. Проверку устойчивости оползневых склонов по критериям деформируемости необходимо осуществлять особенно в тех случаях, когда угол внутреннего трения грунтов, слагающих склон, близок к нулю, а общее структурное сцепление обусловлено главным образом силами связности.

Расчет устойчивости оползневых склонов с фиксированной поверхностью скольжения

Расчет по прочности (I-е предельное состояние)

58. Для оценки устойчивости природных оползневых склонов с фиксированной поверхностью скольжения следует использовать метод горизонтальных сил (метод Маслова-Берера).

59. Степень устойчивости склона в этом случае оценивается коэффициентом запаса устойчивости, определяемым по формуле

$$K_{зап} = \frac{\Sigma T}{\Sigma(\pm H)}, \qquad (9)$$

где

$$T = H - R = Q\left[tg\alpha - tg(\alpha - \psi_p)\right], \qquad (10)$$

T – часть распора, воспринимаемая трением и сцеплением грунта по поверхности скольжения;

H – распор (давление на стенку блока) при отсутствии в грунте между блоками сил трения и сцепления;

R – непогашенная (активная) часть распора;

Q – вес блока;

φ_p – угол сопротивления сдвигу на поверхности скольжения при нормальном напряжении P от веса блока;

α – угол наклона поверхности скольжения расчетного блока к горизонту.

60. Расчет по методу горизонтальных сил выполняется в такой последовательности:

на основе анализа инженерно-геологических условий намечают наиболее вероятные поверхности скольжения (рис.1);

каждый из предполагаемых отсеков обрушения разбивается на отдельные блоки с таким расчетом, чтобы границы блоков соответствовали местам перелома поверхности скольжения и в пределах каждого блока на поверхности скольжения сохранялись постоянными значения сдвиговых характеристик грунта;

в пределах каждого расчетного блока графически или аналитически определяют силы активного давления, направление которых принимается горизонтальным. При графическом решении откладывают в масштабе вес блока Q, от середины поверхности скольжения в пределах рассматриваемого блока проводят нормаль к этой поверхности и графически определяют величину распора H, который действует на стенку блока, при допущении, что трение между блоками отсутствует.

Аналитически величина H выражается формулой

$$H = Q \, tg\alpha . \qquad (11)$$

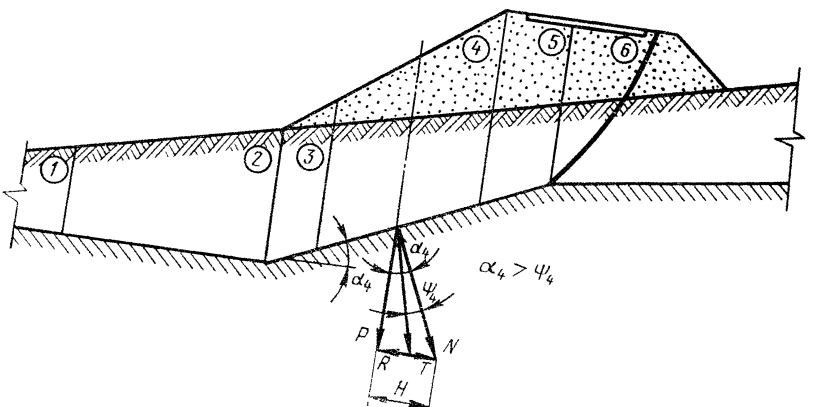


Рис.1 . Схема к оценке устойчивости склона по методу горизонтальных сил (ме - тод Маслова-Берера)

Далее в сторону скольжения отсека откладывают угол сопротивления сдвигу:

$$\psi_p = arctg F_p = arctg\left(tg\varphi_w + \frac{C_w}{p}\right), \qquad (12)$$

где F_p – коэффициент сопротивления сдвигу.

Под этим углом проводят линию до пересечения с направлением силы H, получают силу E и силу T.

При практическом использовании метода горизонтальных сил напряжение p определяют по "гидростатическому принципу":

$$p = \gamma_w \; h, \qquad (13)$$

где γ_w – объемный вес грунта;
h – средняя высота расчетного блока.

Фильтрационное давление грунтовых вод W_{Φ_i} учитывают в условиях плоской задачи по выражению

$$W_{\varphi_i} = \Delta_\beta \cdot J_i \cdot \omega_i, \qquad (14)$$

где Δ_β – объемный вес воды;
J_i – гидравлический градиент, действующий в пределах расчетного блока;
ω_i – площадь сечения выделенного расчетного блока.

Расчет по деформируемости (2-е предельное состояние)

61. Для оценки скорости смещения поверхности оползневого (рис.2) склона V_0 может быть использована формула

$$V_0 = \frac{\gamma_w}{\eta}\left\{\left[h(h-G) - \frac{(h-G)^2}{2}\right]\left[\sin\alpha - \cos\alpha \cdot tg\,\varphi_w\right] - \frac{c_c}{\eta}(h-G)\right\}, \quad (15)$$

где h – мощность слоя смещения;

G – "мертвая" зона, характеризуемая постоянством скорости ползучести и представляющая собой блок породы, смещающийся на слое грунта мощностью $(h - G)$;

γ_w – объемный вес грунта;

φ_w, c_c – угол внутреннего трения и структурное сцепление соответственно;

η – коэффициент динамической вязкости грунта.

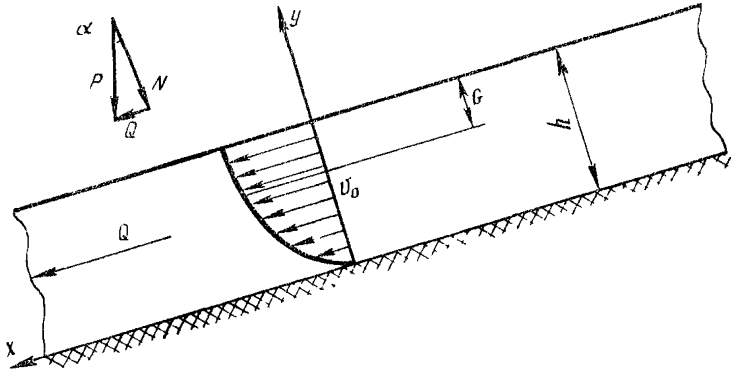


Рис.2. Схема к оценке скорости смещения поверхности оползневого массива

62. Мощность "мертвой" зоны зависит главным образом от величины структурного сцепления c_c и определяется по выражению

$$G = \frac{1}{\gamma_w}\left(\frac{c_c}{\sin\alpha - \cos\alpha\ tg\,\varphi_w}\right). \quad (16)$$

63. В случае, если оползневый склон в зоне активных подвижек сложен пластичными глинистыми грунтами, для которых $\varphi_w = 0$ и $c_c = 0$, то формула (15) упрощается и принимает следующий вид:

$$v_0 = \frac{\gamma_w}{2\eta} \cdot h^2 \cdot \sin\alpha . \qquad (17)$$

Оценка устойчивости насыпей на оползневых склонах

Расчет по прочности (I-е предельное состояние)

64. Для оценки устойчивости насыпей на оползневых склонах, имеющих фиксированную поверхность смещения, следует применять метод горизонтальных сил (метод Маслова–Берера), позволяющий определить величину $K_{зап}$.

65. Наличие насыпи на склоне не вносит принципиальных изменений в методику использования метода горизонтальных сил, поэтому все положения остаются в силе и могут быть применены и в этом случае.

Расчет по деформируемости (2-е предельное состояние)

66. Скорость деформирования контура насыпи на оползневом склоне (рис.3) следует рассчитывать по следующей зависимости:

$$Z(x,t) = \frac{h_1(x-vt)}{2b}\left[\varphi\left(\frac{x-vt}{2\sqrt{at}}\right) - \varphi\left(\frac{x-b-vt}{2\sqrt{at}}\right)\right] + \frac{h_1}{b}\sqrt{\frac{at}{\pi}} \times$$

$$\times \left\{ exp\left[-\frac{(x-vt)^2}{4\lambda t} \right] - exp\left[-\frac{(x-b-vt)^2}{4\lambda t} \right] \right\} + \frac{h_1}{2} \left[\varphi\left(\frac{x-b-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) - \right.$$

$$\left. - \varphi\left(\frac{x-c-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) \right] + \frac{(h_2-h_1)(x-vt)}{2(c-b)} \left[\varphi\left(\frac{x-b-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) - \varphi\left(\frac{x-c-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) \right] + \frac{(h_2-h_1)}{c-b} \sqrt{\frac{\lambda t}{\pi}} \times$$

$$\times \left\{ exp\left[-\frac{(x-b-vt)^2}{4\lambda t} \right] - exp\left[-\frac{(x-c-vt)^2}{4\lambda t} \right] \right\} + \frac{h_2 (\kappa - x - vt)}{2(\kappa - c)} \times$$

$$\times \left[\varphi\left(\frac{x-c-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) - \varphi\left(\frac{x-\kappa-vt}{2\sqrt{\lambda t}} \right) \right] - \frac{h_2}{\kappa - c} \sqrt{\frac{\lambda t}{\pi}} \left\{ exp\left[-\frac{(x-c-vt)^2}{4\lambda t} \right] - \right.$$

$$\left. - exp\left[-\frac{(x-\kappa-vt)^2}{4\lambda t} \right] \right\} , \qquad (18)$$

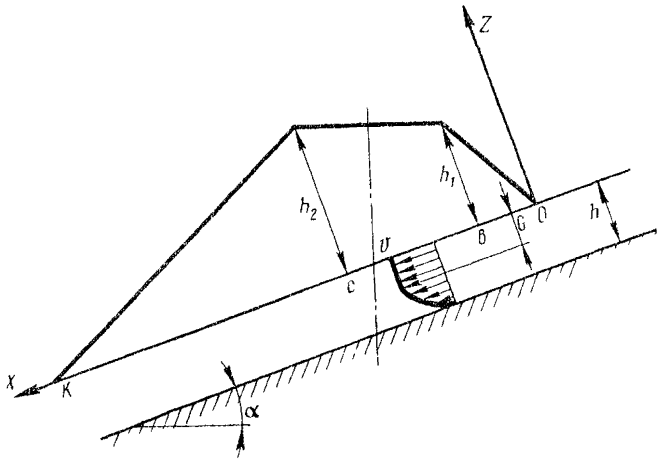


Рис.3. Схема к расчету скорости дефор - мирования контура насыпи на оползневом склоне

где z, x – координаты точек контура насыпи;

v – скорость смещения грунтов оползневого склона;

b, c, h_1, h_2, K – геометрические характеристики насыпи;

$$D = \frac{2\pi f_\gamma}{\eta}, \qquad (19)$$

f_γ – вес единицы объема грунта, дин, $f_\gamma = g\,\gamma_w$;

η – коэффициент динамической вязкости, пуаз;

$\Phi_{(z)}$ – интеграл вероятности, определяемый в соответствии с табл.1 приложения 2

$$\Phi_{(z)} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-\mu^2} d\mu .$$

67. Скорость смещения оползневого склона v может быть оценена по формуле

$$v = \frac{1}{\eta}\left\{\left[h(h-G) - \frac{(h-G)^2}{2}\right]\gamma_w + Q(h-G)\right\}\left[\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi_w\right] - \frac{c_c}{\eta}(h-G), \qquad (20)$$

где G – мощность (рис.4) "мертвой" зоны;

Q – нагрузка от веса насыпи;

α – угол наклона склона к горизонту;

h – мощность оползневого слоя грунта.

Мощность "мертвой" зоны определяется по формуле

$$G = \frac{1}{\gamma_w}\left[\frac{c_c}{\sin\alpha - \cos\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi_w} - Q\right]. \qquad (21)$$

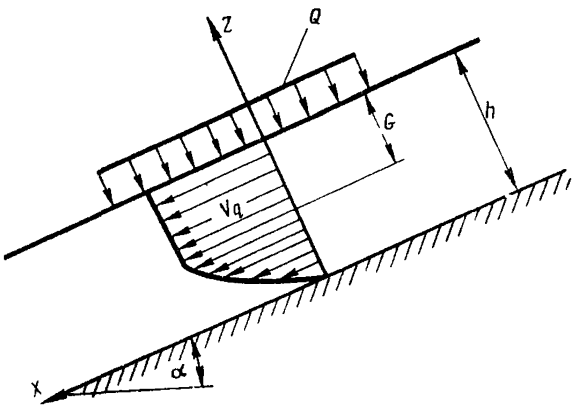


Рис.4. Схема к оценке скорости смещения оползневого склона

Оценка общей устойчивости откосов насыпей автомобильных дорог

68. По известным значениям прочностных характеристик глинистых грунтов φ_w, C_w определяется мощность критического слоя грунта $H_{кр}$, эквивалентного величине раздавливающей нагрузки при одноосном сжатии

$$H_{кр} = \frac{2 C_w}{\gamma_w (1 - \sin \varphi_w)} , \qquad (22)$$

69. Далее определяется величина безразмерного параметра по формуле

$$n = \frac{h}{H_{кр}} , \qquad (23)$$

где h – высота откоса.

Очертание откоса земляного полотна строится в системе координат ZOX (рис.5) по формуле

$$Z(x) = \frac{H}{2} \left[1 - \phi_{(z)} \left(\frac{x}{\lambda} \right) \right] , \qquad (24)$$

где λ – параметр, зависящий от упруго-вязких свойств глинистого грунта;

$\Phi_{(z)}$ – интеграл вероятности, определяемый по табл.1 приложения 2.

70. В зависимости от величины параметров n и λ возможны три основных случая состояния откоса земляного полотна:

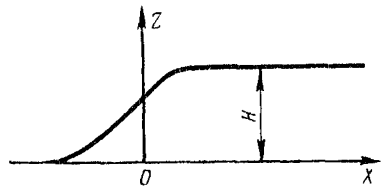


Рис.5. Система координат для построения очертания откоса земляного полотна

а) нарушение общей устойчивости откоса в результате потери прочности грунта ($K_{зап} < 1$);

б) общая устойчивость откоса по прочности обеспечена ($K_{зап} = K_{треб}$), однако не исключены деформации его ползучести;

в) обеспечена общая устойчивость откоса по прочности, и отсутствуют деформации ползучести.

Предварительно состояние откоса по степени его устойчивости оценивают по графику $n = f(\lambda)$ (рис.6).

Кривая (1) соответствует коэффициенту общей устойчивости, равной единице ($K_{зап} = 1$), а кривая (2) отвечает случаю, когда практически отсутствуют деформации ползучести.

71. В случае, когда точка пересечения значений n и λ (см.рис.6) попадает в область между кривыми (1) и (2), следует оценивать устойчивость откосов земляного полотна по деформируемости их во времени в результате ползучести грунта.

При этом величину деформаций откосов насыпи во времени (рис.7) определяют

$$Z_{(x,t)} = \frac{H}{2}\left\{\Phi\left(\frac{x+b}{2\sqrt{\lambda t}}\right) - \Phi\left(\frac{x-b}{2\sqrt{\lambda t}}\right) + \left(1 - \frac{x-b}{c-b}\right)\left[\Phi\left(\frac{x-b}{2\sqrt{\lambda t}}\right) - \Phi\left(\frac{x-c}{2\sqrt{\lambda t}}\right)\right] +$$

$$+\left(1+\frac{x+в}{c-в}\right)\left[\Phi\left(\frac{x+c}{2\sqrt{\mathcal{D}t}}\right)-\Phi\left(\frac{x+в}{2\sqrt{\mathcal{D}t}}\right)\right]\Bigg\}+\frac{h}{c-в}\sqrt{\frac{\mathcal{D}t}{\pi}}\Bigg\{exp\left[-\frac{(x-c)^2}{4\mathcal{D}t}-\right.$$

$$\left.-exp\left[-\frac{(x-в)^2}{4\mathcal{D}t}\right]+exp\left[-\frac{(x+c)^2}{4\mathcal{D}t}\right]-exp\left[-\frac{(x+в)^2}{4\mathcal{D}t}\right]\right\}. \quad (25)$$

72. Приближенно величину деформации ползучес т и бровки откоса насыпи (см.рис.7) можно определить по формуле

$$\Delta z=\sqrt{\frac{\mathcal{D}t}{\pi}}\cdot tg\alpha, \quad (26)$$

где α – угол наклона образующей откоса к горизонту.

73. Откос насыпи следует считать устойчивым, если $K_{зап}\geq 1$, а деформации ползучести не превышают в течение срока службы дорожной конструкции и и допустимой величины.

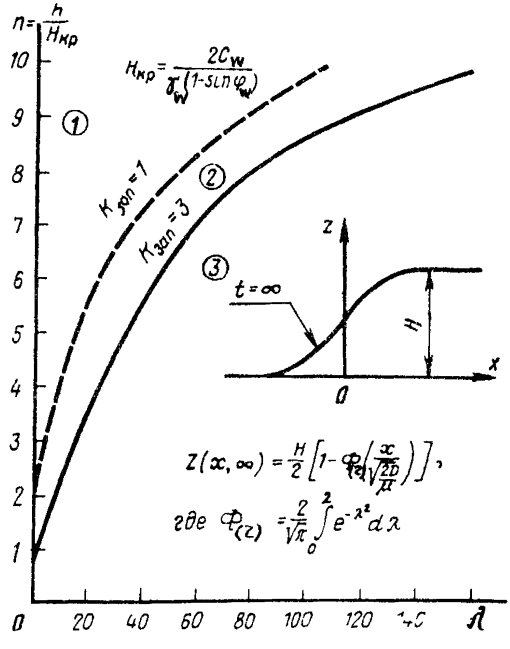


Рис.6. Взаимосвязь проектных характеристик грунта с геометрией откоса:

1–зона запредельного по прочности состояния ($K_{зап}\sim 1{,}0$), 2–зона ползучести откосов; 3–зона отсутствия ползучести откосов

Применительно к дорогам I и II категории земляное полотно можно считать устойчивым, если за период расчетного срока его службы деформации земляного полотна не захватывают края дорожной одежды.

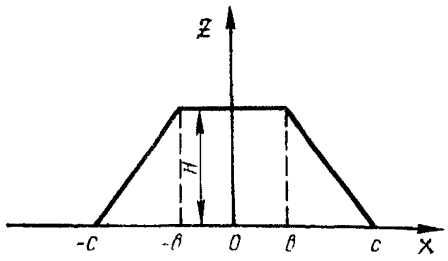


Рис.7. Схема насыпи

Принципы назначения противооползневых конструкций

74. Противооползневые удерживающие конструкции (подпорные стены, свайные поля, анкерные конструкции и т.п.) являются одним из элементов всего комплекса противооползневых мероприятий, осуществляемых для обеспечения устойчивости как склона при сооружении на нем земляного полотна, так и конструкции самого земляного полотна.

75. Тип удерживающей конструкции следует назначать исходя из типа оползня, видов грунта, инженерно-геологического строения склона, мощности оползневых накоплений, физико-механических свойств грунтов и т.п.

76. Подпорные стены применяют:

при наличии устойчивых коренных пород, на которых можно закрепить основание стенки;

если грунты оползневого склона находятся в консистенции, при которой исключена возможность переползания их через стенку;

если есть возможность дополнительно обеспечить устойчивость стенки с помощью свайных и анкерных конструкций.

77. Анкерные конструкции используют:

для профилактики существующих конструкций подпорных стен ;

при наличии прочных и устойчивых коренных пород, подстилающих толщу смещающихся грунтов склона и при достаточной прочности самих оползневых накоплений во избежание вдавливания в грунт анкерных плит;

при разгрузке свайных конструкций.

78. Свайные конструкции рекомендуется применять на оползневых склонах при наличии хорошо выражен - ной поверхности скольжения. Основным элементом свайных конструкций являются железобетонные сваи, которые в зависимости от конкретных грунтовых условий могут быть забивными или буронабивными.

79. Свайные конструкции могут иметь следующие основные конструктивные схемы (рис.8):

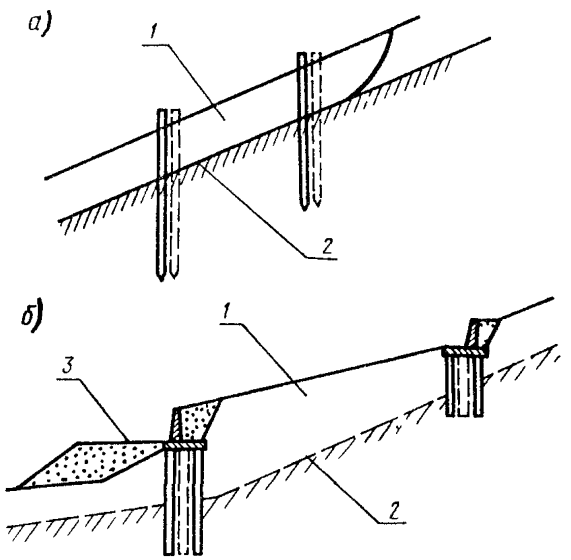


Рис.8. Примеры применения свайных конструкций для удержания оползневых масс:
а - свайные частоколы из забивных свай на оползнях небольшой мощности; б-подпорные стены на основании из буронабивных свай; 1 - оползневое тело; 2 - устойчивый грунт; 3 - насыпь

отдельные свайные поля с рядовым или шахматным расположением свай, объединенных поверху железобетонной плитой ростверка;

система расположенных на разных ярусах свайных полей;

подпорные стены с фундаментом из буронабивных свай.

Если мощность оползневых накоплений не превышает 1,5–2,0 м, то целесообразно применять конструкции из забивных железобетонных свай, представляющих собой 2–4 ряда свай, расположенных в шахматном порядке.

80. Для обеспечения устойчивости оползневых склонов при мощности оползневых накоплений от 5–6 до 20–25 м рекомендуется использовать удерживающие конструкции из буронабивных железобетонных свай.

Для получения гарантированных прочностных характеристик бетона буронабивных свай рекомендуется применять сваи диаметром 750–860мм.

Свайные конструкции

81. Предварительно для расчета коэффициента запаса устойчивости склона следует использовать метод горизонтальных сил Маслова–Берера.

$$K_{зап} = \frac{\Sigma T}{\Sigma (\mp H)}, \qquad (27)$$

где H – давление грунта при отсутствии трения и сцепления,

$$H = P \cdot tg\alpha;$$

R – непогашенная часть давления (активное давление),

$$R = P \cdot tg(\alpha - \varphi_p);$$

T – часть общего давления, воспринимаемая трением и сцеплением в грунте,

$$T = H - R = P\left[tg\alpha - tg(\alpha - \varphi_p)\right].$$

82. Проектируемая свайная конструкция рассчитывается на величину активного оползневого давления R, при расчете определяют:

а) давление на одиночную сваю;

б) количество свай в конструкции;

в) прочность сечения сваи;

г) величину заделки сваи в устойчивые коренные породы.

83. Принимая, что активное оползневое давление распределяется равномерно между рядами свай и сваями в ряду, а эпюра давления на одиночную сваю носит равномерно распределенный характер по высоте ее в пределах оползневой толщи, величину оползневого давления, воспринимаемого одиночной сваей, следует определять по формуле

$$q_{св} = \sigma_{кр} \cdot d \cdot h , \qquad (28)$$

где d – диаметр сваи, м;

h – мощность оползневых накоплений в месте установки свайного ряда, м;

$\sigma_{кр}$ – критическое удельное давление, определяемое зависимостью вида

$$\sigma_{кр} = \frac{\gamma \cdot \frac{d}{2}}{tg^4\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)} + \gamma \frac{d}{2} \frac{\left[1 - tg^4\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)\right]}{tg^5\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)} + \frac{2c_w\left[1 + tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)\right]}{tg^3\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)}, \qquad (29)$$

γ – объемный вес грунта, т/м^3;

φ – угол внутреннего трения грунта, град;

c_w – сцепление, тс/м^2.

84. Расстояние между осями свай в ряду (рис. 9) для однорядной свайной конструкции находят по формуле

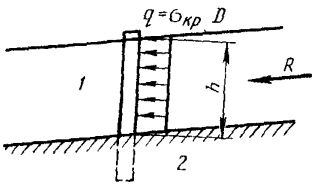
$$\ell = \frac{q}{R} , \qquad (30)$$

а общее количество свай – по формуле

$$n = \frac{B}{\ell}, \qquad (31)$$

где B – ширина оползня в месте установки свайного ряда.

85. Для многорядной свайной конструкции расстояние между осями свай в ряду определяют по формуле



$$\ell = \frac{N \cdot q}{R}, \qquad (32)$$

где N – количество рядов свай.

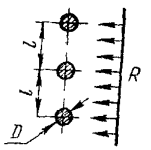


Рис.9. Расчетная схема к определению расстояния между осями свай в ряду:
1 – оползневый массив;
2 – устойчивые грунты

86. Для исключения переползания грунта оползневого массива через свайную конструкцию (рис.10) необходимо соблюдать условие

$$R < E_o, \qquad (33)$$

где E_o – пассивное сопротивление грунта, определяемое по формуле

$$E_o = \frac{1}{2}\gamma h^2 tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot h\, tg\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right). \qquad (34)$$

87. Учитывая вместе с тем, что обеспечение устойчивости оползневого массива с помощью свайных конструкций по критериям первого предельного состоя-

ния не может исключить для малых значений угла внутреннего трения φ_w и жесткого структурного сцепления C_c возможность проявления деформаций ползучести грунта, скорость обтекания свай грунтом во времени в процессе вязкого и вязкопластического деформирования грунта может быть оценена по выражению

$$v(t) = v_к - (v_к - v_o)\, e^{-ct}, \quad (35)$$

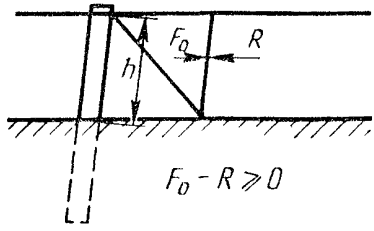


Рис.10. Схема к проверке свайной удерживающей конструкции на возможность переползания ее грунтом оползневого массива

где v_o и $v_к$ – соответственно начальная и конечная скорости ползучести оползневого массива,

$$v_к = \frac{R}{4\pi \cdot \eta \sqrt{d \cdot h} \cdot N \cdot n}; \quad (36)$$

t – время от момента ввода удерживающего сооружения в эксплуатацию;

η – динамическая вязкость грунта;

c – параметр,

$$c = \frac{4\pi \cdot \eta \cdot N\, n \sqrt{d \cdot h}}{m}; \quad (37)$$

m – масса грунта оползневого массива.

88. В случае, если

$$R - Q = 0, \quad (38)$$

где $$Q = 4\pi\eta \cdot N \cdot n\sqrt{d \cdot h}\ ,$$ (39)

то расчетная формула для скорости ползучести оползневого массива во времени будет иметь следующий вид:

$$v(t) = v_o \cdot e^{ct}.$$ (40)

Анкерные конструкции

89. Анкерные конструкции типа анкерного корсета относятся к противооползневым удерживающим сооружениям. Анкерный корсет состоит из одного или нескольких рядов анкерных затяжек, располагаемых поперек оползневого массива. Каждая анкерная затяжка в свою очередь состоит из трех элементов (рис.11):

а) анкерной тяги, закрепляемой нижним (до плоскости скольжения оползня) концом в прочных устойчивых породах;

б) анкерной плиты, укладываемой на поверхность оползневого массива над устьем скважины;

в) верхнего анкера, с помощью которого анкерная тяга закрепляется в анкерной плите.

90. Статический расчет необходимого для укрепления оползня усилия в анкерной тяге производится с использованием какого-либо известного метода расчета устойчивости откосов или склонов. В том случае, если наиболее вероятной формой обрушения является обрушение со срезом и вращением, устойчивость откоса рассчитывают по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения.

После нахождения наиболее вероятной поверхности скольжения (рис.12) откос разделяется на две части.

Одна его часть (заштрихованная) будет находиться в состоянии равновесия, а другая должна быть закреплена анкерными затяжками, так как сдвигающие силы вызывают ее вращение относительно точки "0".

91. Для определения размеров устойчивой части откоса может быть использовано следующее уравнение:

$$б_1 \cdot z_1 = б_2 \cdot z_2 , \qquad (41)$$

где $б_1$ – равнодействующая веса блока (АИК), расположенного слева от центра "0";

$б_2$ – равнодействующая веса блока K и dc расположенного справа от центра "0";

z_1, z_2 – плечи векторов $б_1$ и $б_2$.

92. Расчет необходимого усилия в анкерной затяжке основан на обеспечении равенства сдвигающих и удерживающих сил. При требуемом коэффициенте запаса устойчивости $K_{зап}$ откоса необходимое усилие в анкерной тяге S_0 можно определить по следующей формуле:

$$S_0 = \frac{K_{зап} \sum_1^{10} P_i \sin\alpha_i - \left(\sum_1^{10} P_i \cos\alpha_i \cdot tg\alpha + \sum_1^{10} c_i l_i\right)}{\cos\beta\left(\cos\alpha \cdot tg\varphi - \sin\alpha\right) + \sin\beta\left(\sin\alpha \cdot tg\varphi + \cos\alpha\right)}, \qquad (42)$$

где P_i – вес блока;

α_i – угол наклона касательной к поверхности скольжения блока к горизонту;

φ – угол внутреннего трения грунта;

c_i – сцепление грунта;

l_i – длина дуги скольжения;

i – номер блока;

α – угол наклона касательной к поверхности скольжения оползня к горизонту в месте установки анкерной затяжки;

β – угол наклона анкерной тяги к вертикали;

$K_{зап}$ – коэффициент запаса устойчивости.

После определения величины S_o назначают количество и места размещения анкерных затяжек в плане откоса или склона. Обычно анкерные затяжки располагают в 2–3 ряда в шахматном порядке.

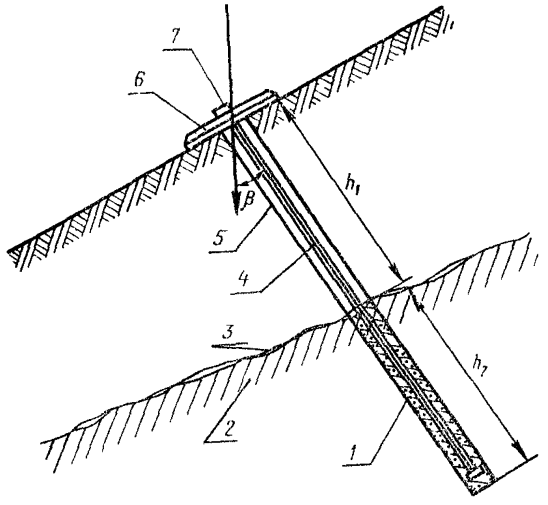


Рис.11. Схема анкерной затяжки:
1 – нижний анкер; 2 – коренные породы; 3 – оползневые грунты; 4 – анкерная тяга; 5 – скважина; 6 – анкерная плита; 7 – верхний анкер

При расчете количества анкерных плит и их размеров в плане следует исходить из величины удельной нагрузки на грунт оползневого массива, которую можно допустить с учетом его физико-механических свойств. Величину удельной безопасной нагрузки $p_{без}$, при которой отсутствуют зоны предельного состояния в основании плиты, можно определить по формуле

$$p_{без} = \frac{\frac{c_w}{tg\varphi}}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} \cdot \qquad (43)$$

93. Расстояние a в плане между анкерными затяжками в ряду находят по выражению

$$\lambda = 2h \cdot tg\varphi_w + b, \qquad (44)$$

где h – мощность оползневого массива;
φ_w – угол внутреннего трения грунта;
b – ширина анкерной плиты.

94. Технология изготовления каждой анкерной затяжки состоит из ряда последовательных операций:

а) предварительное изготовление анкерных плит и анкерных тяг;

б) бурение анкерных скважин, а в ряде случаев и разбуривание нижней части скважины под нижнее анкерное крепление;

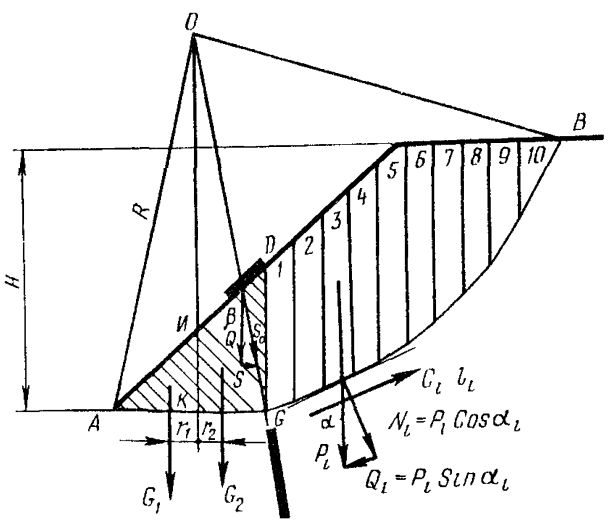


Рис.12. Схема расчета анкерного усилия

в) размещение анкерных тяг в скважинах и закрепление в коренных породах их нижней части каким-либо способом (цементацией, механическими устройствами, химическими смолами, камуфлетным взрыванием с одновременной заливкой цементо-песчаного раствора и т.п.);

г) монтаж анкерных плит над устьем скважин с пропуском арматуры анкерных тяг через центральное отверстие в плитах;

д) натяжение анкерных тяг с закреплением их в анкерной плите верхним анкером;

е) гидроизоляционные работы, включающие защиту арматуры анкерных тяг от коррозии.

Стержневая анкерная тяга имеет в верхней своей части нарезанную или накатанную резьбу и натяжение арматуры осуществляется при помощи завинчивания гайки.

Для натяжения пучковой арматуры наиболее эффективным типом крепления является конусное закрепление с рифленой или гладкой поверхностью конуса. Конструкция анкера такого типа является простой в изготовлении и дает возможность, не изменяя размеров конуса, закреплять пучки из проволоки различного диаметра.

При использовании пучковой арматуры с конусным закреплением натяжение арматуры и запрессовку конуса выполняют с помощью гидравлических домкратов двойного действия.

Мероприятия по защите поверхности участков склонов, на которых расположено земляное полотно автомобильных дорог

95. В комплекс мероприятий по обеспечению устойчивости земляного полотна на склонах следует включать специальные конструкции, предотвращающие процессы, связанные с изменением напряженного состояния склонов (выветривание, эрозия, изменение уровня подземных вод), а также технологию по инженерной защите примыкающих с низовой и верховой стороны участков склонов.

96. Для защиты земляного полотна на устойчивых склонах целесообразно применять планировку поверх -

ности, нарушенную производством работ на участках склонов, с последующим посевом трав по растительному грунту, посадкой кустарника или отдельных деревьев.

Для защиты земляного полотна в местах сопряжения его откосных частей с верховой стороной склона необходимо регулировать поверхностный сток водоотводами и нагорными канавами, водосбросными устройствами в пониженные места рельефа, водотоки и т.п.

97. Для защиты земляного полотна на неустойчивых склонах в комплекс защитных устройств необходимо включать мероприятия по изменению напряженного состояния склона (террасирование или уменьшение крутизны участков склона, примыкающих к земляному полотну).

Площадки (бермы) террас (или ярусов) против развития процессов выветривания и эрозии целесообразно укреплять грунтами, обработанными вяжущими. На отдельных местах берм могут быть высажены кустарники и деревья. Откосы террас следует укреплять решетчатыми конструкциями из сборных элементов в тех случаях, когда длина откоса (по образующей) больше или равна 3 м. При небольших длинах откосов их поверхность укрепляют путем посева трав методом гидропосева.

98. В тех случаях, когда на примыкающих к земляному полотну участках склона имеются выходы глинистых грунтов, необходимо их поверхность спланировать, затампонировать трещины и устроить защитное покрытие из морозостойких, ненабухающих и неусадочных грунтов с последующим укреплением его посевом трав, кустарников и деревьев. В наиболее опасных случаях глинистый грунт (выходы глинистых грунтов третичного возраста) укрепляют вяжущими веществами или решетчатыми конструкциями.

При наличии в грунтовой толще неустойчивых скло-

нов водоносных горизонтов в пределах земляного полотна необходимо устроить дренажные вертикальные и горизонтальные конструкции с выводом подземных вод в лотки и водоотводные и нагорные канавы.

99. Для защиты земляного полотна на оползневых склонах необходима тщательная планировка поверхности оползневых накоплений, устранение отдельных глыб грунта, заделка и тампонирование трещин. В отдельных случаях устраивают ярусы (террасы) в оползневом грунте. Оползневую часть склона после планировки и создания ярусов укрепляют решетчатыми конструкциями, растительным грунтом с посевом трав, посадкой кустарников и деревьев. На укрепленной поверхности устраивают сеть лотков, дренажных конструкций для регулирования поверхностного стока и уровня подземных вод.

Профилактика оползневых процессов и деформаций земляного полотна

100. При расположении земляного полотна на склоне запрещается:

а) снимать дерновой, растительный покров со всей полосы отвода, а также на расстоянии 50 м вправо и влево от земляного полотна;

б) корчевать лес, кустарники, переносить деревья распахивать поверхности склонов;

в) устраивать временные подъездные пути и коммуникации в пределах полосы отвода;

г) устраивать поля фильтрации, очистные сооружения, испарительные бассейны и т.д.;

д) застраивать оползневую зону (особенно устраивать котлованы, поглощающие колодцы, мойки и т.п.);

е) срезать склон для сооружения выемок, котлованов, углубления русел;

ж) дополнительно пригружать склон отвалами, кавальерами и пр.;

з) поливать и орошать угодья и пахотные земли на поверхности склона.

101. При устройстве земляного полотна автомобильных дорог на естественном склоне предварительно необходимо:

а) обеспечить строительный водоотвод в местах выклинивания грунтовых вод путем устройства гравийных (щебеночных) обсыпок, водоотводных лотков, а также сопряжения откосов земляного полотна с поверхностью склона;

б) провести укрепительные работы низовой и верховой частей склона (если в результате смыва, сплыва и т.п. обнажены глинистые грунты, особенно серо-зеленые третичные глины) в виде планировки и укладки супесчаных грунтов на обнаженные поверхности с последующей планировкой слоя растительного грунта толщиной не менее 15-20 см и посевом трав, посадкой кустарника и деревьев.

102. После сооружения земляного полотна необходимо немедленно укрепить откосы и водоотводные каналы, обеспечив сброс воды со склона и дальнейшее удаление воды за пределы полосы отвода в специальные места.

103. Дренажные сооружения следует устраивать только в сухой летний период.

104. При эксплуатации земляного полотна, расположенного на склоне, необходимо:

а) следить за сплошностью полосы отвода, нарушением растительного грунта, обнажением поверхности глинистых грунтов, внезапным выклиниванием горизонтов подземных вод;

б) убирать снеговой покров до начала снеготаяния, следить за тем, чтобы не образовывалось отдельных мочажин на поверхности склона;

в) в период снеготаяния обеспечивать нормальную работу временного и постоянного водоотвода, расчи-

щать водоотводные канавы от сплывшего грунта, снега, мусора и т.д.

105. При обнаружении трещин, пазух, заколов на поверхности земляного полотна, откосе, обочине, покрытии, а также на самом склоне необходимо немедленно затампонировать их, поставить ограждения, предупреждающие знаки и проследить в весенний период за характером их развития.

106. При наличии трещин и заколов на склоне в летний период необходимо также следить за тем, чтобы они не были источником сбора воды и последующего увлажнения глинистых грунтов склона.

107. В тех случаях, когда склон захвачен оползневыми процессами вблизи земляного полотна, необходимо:

а) удалить грунт с головы оползня с планировкой поверхности (в летний период);

б) удалить полностью оползневые массы при небольших объемах их и незначительной обводненности участка с последующей планировкой и подсыпкой дренирующего грунта (с обеспечением надлежащего водоотвода);

в) подсыпать грунт у подошвы оползня и создать контрбанкеты из дренирующего грунта;

г) обеспечить отвод поверхностных вод путем устройства нагорных канав;

д) провести мероприятия по осушению западин и мочажин путем устройства неглубоких прорезей, дно которых должно быть укреплено щебнем или шлаком от размывов;

е) обеспечить каптаж родников и источников дренажными трубами с отводом воды в кюветы и канавы;

ж) забить и затрамбовать трещины на оползневом теле или земляном полотне мятой глиной с последующей изоляцией поверхности над трещинами битумной обмазкой.

108. На аварийных оползневых участках необходима немедленная установка предупредительных знаков о снижении скорости движения транспортных средств.

109. В процессе эксплуатации земляного полотна, расположенного на естественном склоне, необходимо осуществлять своевременный уход за существующими противооползневыми сооружениями, производить их ремонт, а также подготовку к весеннему и осеннему периоду.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Методика определения коэффициента динамической вязкости глинистых грунтов

Метод длительных сдвигов

1. Глинистые грунты испытывают на сдвиговых приборах конструкции Маслова-Лурье. Это испытание отличается от методики проведения обычного сдвига использованием зазора между подвижной и неподвижной обоймами увеличенных размеров (до 2-3см).

2. Для предотвращения подсыхания образца грунта в период длительного сдвига на него надевается перед заправкой в сдвиговой прибор резиновая цилиндрическая рубашка (рис.1).

3. Для исключения раздавливания образца грунта вертикальной нагрузкой поверх резиновой оболочки на образец надевается пакет металлических колец (толщиной 1,5 мм) с некоторым зазором между кольцами с целью обеспечить возможность деформации образца при сдвиге.

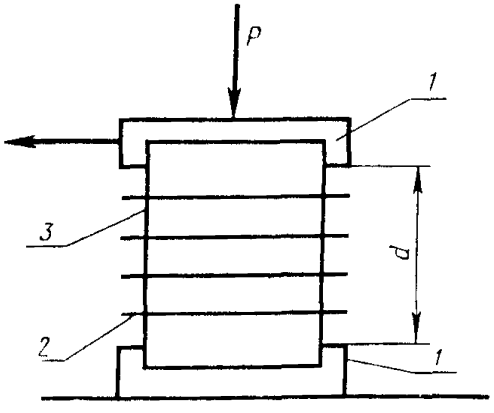


Рис.1. Резиновая цилиндрическая рубашка для образца:
1 - верхняя и нижняя обоймы;
2 - металлическое кольцо;
3 - резиновая оболочка

4. Каждая серия опытов на длительный сдвиг (3 образца) проводится при постоянной вертикальной нагрузке P. При этом на образцы прикладывается ступенями сдвигающая нагрузка T. Каж-

дая ступень сдвигающей нагрузки выдерживается до момента, когда скорость ползучести во времени оказывается постоянной (рис.2). В случае, если скорость ползучести снижается до нуля (деформация затухает и прекращается совсем), прикладывается, как и в предыдущем варианте, следующая ступень нагрузки.

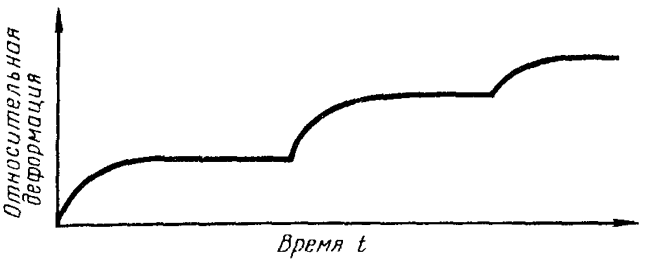


Рис.2. График относительной деформации во времени при длительном сдвиге

5. По результатам испытаний образцов глинистого грунта на длительный сдвиг при различных значениях вертикальной нагрузки ρ строят график зависимости скорости ползучести v от величины касательного напряжения τ (рис.3).

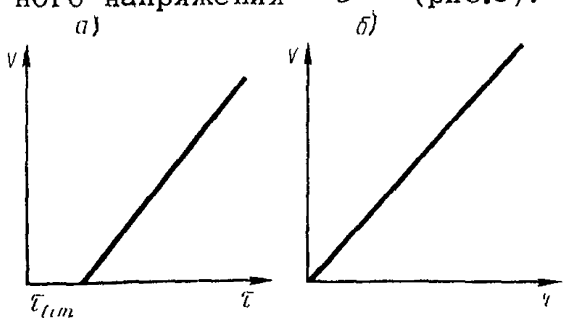


Рис.3. Зависимость скорости ползучести от касательного напряжения для скрытопластичных глинистых грунтов (а) и пластичных (б)

6. Исходя из зависимости $v = f(\tau)$, определяется коэффициент динамической вязкости η:

а) для скрытопластичных грунтов (рис.3,а) по формуле Бингама-Шведова

$$\eta = \frac{\tau - \tau_{eim}}{v} \cdot d, \qquad (1)$$

где τ_{eim} – порог ползучести;

d – величина зазора между обоймами (см рис.1);

б) для пластичных глинистых грунтов (рис.3,б) по формуле Ньютона

$$\eta = \frac{\tau}{v} d . \qquad (2)$$

7. При проведении испытаний глинистых грунтов на длительный сдвиг необходимо обеспечивать постоянство температурно-влажностного режима в помещении и отсутствие всякого влияния на результаты исследований динамических нагрузок (вибрации, сотрясений, ударов).

Метод „шарика"

1. Наблюдение за скоростью погружения стального шарика в глинистый грунт осуществляется путем приложения к шарику внешней нагрузки. Прибор для испытания (рис.4) состоит из металлической станины и кронштейна, во втулках которого свободно передвигается в вертикальном направлении шток. Нижний конец штока заканчивается иглой и шариком диаметром от 0,5 до 1,5 см. На верхнем торце штока закреплена загрузочная площадка. Вертикальные перемещения штока с шариком фиксируются мессурой.

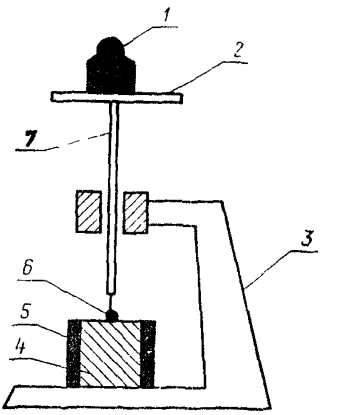


Рис.4. Прибор для испытания методом "шарика": 1-груз; 2-нагрузочная площадка; 3 - станина; 4-образец; 5 - кольцо; 6 - шарик; 7 - шток

2. При достижении шариком постоянной (во времени) скорости погружения в грунт величину коэффициента динамической вязкости определяют по формуле Стокса:

$$\eta_{стокса} = \frac{\gamma_ш - \gamma_2}{18\, v} d^2 \cdot 10^3, \qquad (3)$$

где d – диаметр шарика, см;
v – скорость погружения шарика, см/сек;
$\gamma_г$ – плотность грунта, г/см^3;
$\gamma_ш$ – плотность шарика, г/см^3.

Плотность шарика с учетом величины приложенного груза $P_{гр}$ находят по формуле

$$\gamma_ш = \frac{P_{гр}}{V_ш}, \qquad (4)$$

где $V_ш$ – объем шарика, см^3.

Усовершенствованный метод „шарика"

1. Определение коэффициента вязкости глинистых грунтов по методу "шарика" проводится с помощью пенетрационного прибора, в котором нагрузка на стальной шарик передается с помощью динамометра (рис.5).

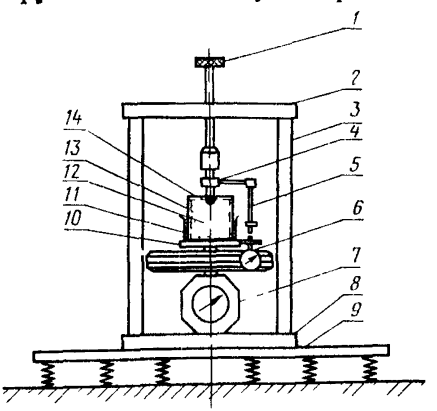


Рис.5. Пенетрационный прибор: 1-нагрузочный винт; 2-верхнее основание; 3-стойка; 4-шток с шариком; 5-рычажок; 6-индикатор смещения шарика; 7-динамометр; 8-нижнее основание; 9-виброизолирующее основание; 10-площадка для образца; 11-полиэтиленовая пленка; 12-образец; 13-металлическая обойма; 14-слой солидола

2. Предварительно подготовленный образец грунта (с нарушенной или ненарушенной структурой) устанавливается на площадку прибора, жестко соединенную с упругим элементом динамометра. По индикатору динамометра берется начальный отсчет P_o в единицах деформации упругого элемента динамометра.

3. Первоначально в установленный образец грунта с помощью нагрузочного винта вдавливается стальной шарик строго на половину его диаметра. При этом глубина вдавливания фиксируется по индикатору смещения шарика. По окончании начального вдавливания снимается отсчет $P_{вдавл}$ по индикатору динамометра.

4. В последующем наблюдают за изменением усилия действующего на шарик (реакция упругого элемента), во времени от величины $P_{вдавл}$ до момента полной стабилизации его. По динамометру определяется усилие на шарик $P_{ст} \geq 0$, при котором скорость его погружения $\frac{\Delta \lambda}{\Delta t} = 0$.

5. По данным наблюдений строится график (рис.6)

$$P = f(t),$$

где P – усилие упругого элемента динамометра, действующее на шарик, выраженное в единицах его деформации;

t – время, сек.

6. На различных участках полученного графика определяется скорость изменения усилия $\frac{\Delta \lambda}{\Delta t} = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P^i - P^{i+1}}{t^{i+1} - t^i}$, которая в то же время является скоростью смещения шарика в грунте, так как изменение усилия

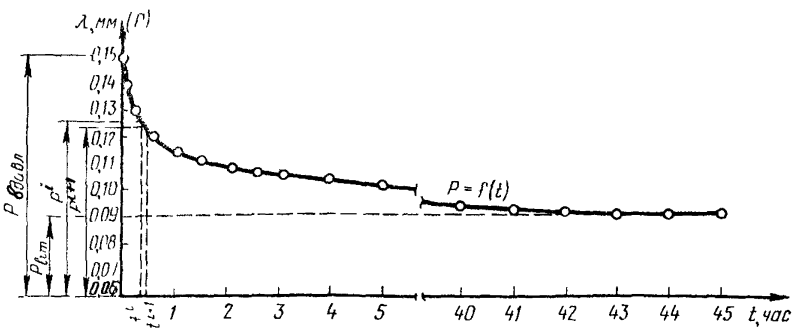


Рис.6. Изменение усилия, действующего на шарик во времени

P прямо пропорционально линейной деформации упругого элемента динамометра $\Delta\lambda$. Число вышеуказанных определений должно быть не менее 10.

7. Величина $\Delta\lambda$ не должна превышать 0,001 – 0,002 мм. Это позволяет рассмотреть процесс изменения усилия на шарик в данном интервале как процесс смещения шарика в грунте с постоянной скоростью $v = \frac{\Delta\lambda}{\Delta t}$ при действии на него постоянной нагрузки, равной

$$P_{cp}^{i} = \frac{P^{i} + P^{i+1}}{2}$$

8. Величины эффективных коэффициентов вязкости испытуемого глинистого грунта η определяются по формуле Стокса

$$\eta_{стокса} = \frac{\gamma_{ш} - \gamma_{г}}{v} d^{2}, \quad (5)$$

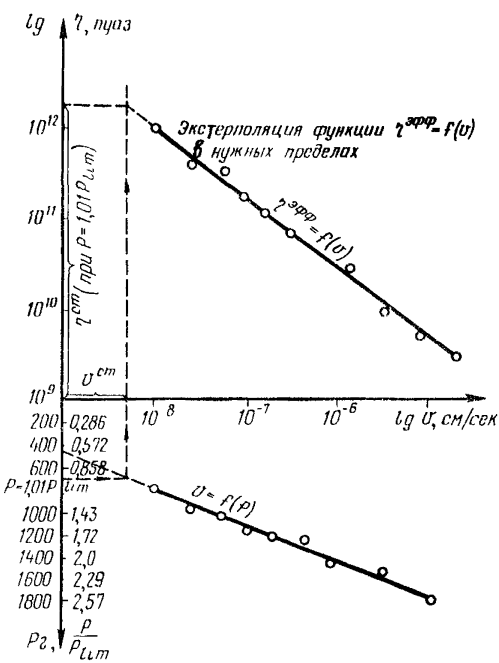


Рис.7. Зависимость эффективного коэффициента вязкости и нагрузки на шарик от скорости погружения шарика

где $\gamma_ш$ – фиктивная плотность шарика, г/см^3;
$\gamma_г$ – плотность грунта, г/см^3;
v – скорость смещения шарика, см/сек;
d – диаметр шарика, см.

9. Фиктивная плотность шарика $\gamma_ш$ определяется по формуле

$$\gamma_ш = \frac{\left[\left(\frac{P^i + P^{i+1}}{2} - P_0\right)(P_{lim} - P_0)\right] \cdot q}{v_ш}, \quad (6)$$

где q – цена деления индикатора динамометра, г;
$v_ш$ – объем шарика при радиусе η, см^3, $v_ш = \frac{4}{3}\pi r^3$

Примечание. Цена деления индикатора динамометра q определяется по тарировочному графику.

10. На основании произведенных расчетов строится график $\eta = f(v)$ в логарифмическом масштабе и график $v = f(P)$ в полулогарифмическом масштабе (рис.7). По этим графикам определяется коэффициент вязкости глинистого грунта η при нагрузке P, действующей на шарик, равной 1,01 P_{lim}.

Приложение 2

Таблица I

Интеграл ошибок

$$\Phi(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-u^2} du$$

z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)	z	Φ(z)
0,00	0,0000	0,40	0,4284	0,80	0,742I	I,20	0,9I03
0,0I	0,0II3	0,4I	0,4380	0,8I	0,7480	I,2I	0,9I30
0,02	0,0226	0,42	0,4475	0,82	0,7538	I,22	0,9I55
0,03	0,0338	0,43	0,4569	0,83	0,7595	I,23	0,9I8I
0,04	0,045I	0,44	0,4662	0,84	0,755I	I,24	0,9205
0,05	0,0564	0,45	0,4755	0,85	0,7707	I,25	0,9229
0,06	0,0676	0,46	0,4847	0,86	0,776I	I,26	0,9252
0,07	0,0789	0,47	0,4937	0,87	0,78I4	I,27	0,9275
0,08	0,090I	0,48	0,5027	0,88	0,7867	I,28	0,9297
0,09	0,I0I3	0,49	0,5II7	0,89	0,79I8	I,29	0,93I9
0,I0	0,II25	0,50	0,5205	0,90	0,7969	I,30	0,9340
0,II	0,2336	0,5I	0,5292	0,9I	0,80I9	I,3I	0,936I
0,I2	0,I348	0,52	0,5379	0,92	0,8068	I,32	0,938I
0,I3	0,I459	0,53	0,5465	0,93	0,8II6	I,33	0,9400
0,I4	0,I569	0,54	0,5549	0,94	0,8I63	I,34	0,94I9
0,I5	0,I680	0,55	0,5633	0,95	0,8209	I,35	0,9438
0,I6	0,I790	0,56	0,57I6	0,96	0,8254	I,36	0,9456
0,I7	0,I900	0,57	0,5798	0,97	0,8299	I,37	0,9473
0,I8	0,2009	0,58	0,5879	0,98	0,8342	I,38	0,9490
0,I9	0,2II8	0,59	0,5959	0,99	0,8385	I,39	0,9507
0,20	0,2227	0,60	0,6039	I,00	0,8427	I,40	0,9523
0,2I	0,2335	0,6I	0,6II7	I,0I	0,8468	I,4I	0,9539
0,22	0,2443	0,62	0,6I94	I,02	0,8508	I,42	0,9554
0,23	0,2550	0,63	0,6270	I,03	0,8548	I,43	0,9569
0,24	0,2657	0,64	0,6346	I,04	0,8586	I,44	0,9583
0,25	0,2763	0,65	0,6420	I,05	0,8624	I,45	0,9597
0,26	0,2869	0,66	0,6494	I,06	0,866I	I,46	0,96II
0,27	0,2974	0,67	0,6566	I,07	0,8698	I,47	0,9624
0,28	0,3079	0,68	0,6633	I,08	0,8733	I,48	0,9637
0,29	0,3I83	0,69	0,6708	I,09	0,8768	I,49	0,9649
0,30	0,3286	0,70	0,6778	I,I0	0,8802	I,50	0,966I
0,3I	0,3389	0,7I	0,6847	I,II	0,8835	I,5I	0,966I
0,32	0,349I	0,72	0,69I4	I,I2	0,8868	I,6	0,9763
0,33	0,3593	0,73	0,698I	I,I3	0,8900	I,7	0,9838
0,34	0,3694	0,74	0,7047	I,I4	0,893I	I,8	0,989I
0,35	0,3794	0,75	0,7II2	I,I5	0,896I	I,9	0,9928
0,36	0,3893	0,76	0,7I75	I,I6	0,899I	2,0	0,9953
0,37	0,3992	0,77	0,7238	I,I7	0,9020	2,I	0,9970
0,38	0,4090	0,78	0,7300	I,I8	0,9048	2,2	0,998I
0,39	0,4I87	0,79	0,736I	I,I9	0,9076	2,3	0,9989

Значения e^{-x}

x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}	x	e^{-x}
0,000	0,000	0,20	0,819	0,50	0,607	0,80	0,449
0,001	0,999	0,21	0,811	0,51	0,601	0,81	0,445
0,002	0,998	0,22	0,803	0,52	0,595	0,82	0,440
0,003	0,997	0,23	0,795	0,53	0,589	0,83	0,436
0,004	0,996	0,24	0,787	0,54	0,583	0,84	0,431
0,005	0,995	0,25	0,779	0,55	0,577	0,85	0,427
0,006	0,994	0,26	0,771	0,56	0,571	0,86	0,423
0,007	0,993	0,27	0,763	0,57	0,566	0,87	0,419
0,008	0,992	0,28	0,756	0,58	0,560	0,88	0,415
0,009	0,991	0,29	0,748	0,59	0,554	0,89	0,411
		0,30	0,741	0,60	0,549	0,90	0,407
0,010	0,990	0,31	0,733	0,61	0,543	0,91	0,403
0,02	0,980	0,32	0,726	0,62	0,538	0,92	0,399
0,03	0,970	0,33	0,719	0,63	0,533	0,93	0,394
0,04	0,961	0,34	0,712	0,64	0,527	0,94	0,391
0,05	0,951	0,35	0,705	0,65	0,522	0,95	0,387
0,06	0,942	0,36	0,698	0,66	0,517	0,96	0,383
0,07	0,932	0,37	0,691	0,67	0,512	0,97	0,379
0,08	0,923	0,38	0,684	0,68	0,507	0,98	0,375
0,09	0,914	0,39	0,677	0,69	0,502	0,99	0,372
0,10	0,905	0,40	0,670	0,70	0,497	1,00	0,368
0,11	0,896	0,41	0,664	0,71	0,492	1,01	0,364
0,12	0,887	0,42	0,657	0,72	0,487	1,02	0,351
0,13	0,878	0,43	0,651	0,73	0,482	1,03	0,357
0,14	0,869	0,44	0,644	0,74	0,477	1,04	0,353
0,15	0,861	0,45	0,638	0,75	0,472	1,05	0,350
0,16	0,852	0,46	0,631	0,76	0,467	1,06	0,346
0,17	0,844	0,47	0,625	0,77	0,463	1,07	0,343
0,18	0,835	0,48	0,619	0,78	0,458	1,08	0,340
0,19	0,827	0,49	0,613	0,79	0,454	1,09	0,336

Таблица 2

в зависимости от X

X	e^{-X}	X	e^{-X}	X	e^{-X}	X	e^{-X}
1,10	0,333	1,40	0,247	1,70	0,183	2,00	0,135
1,11	0,330	1,41	0,244	1,71	0,181	2,01	0,134
1,12	0,326	1,42	0,242	1,72	0,179	2,02	0,133
1,13	0,323	1,43	0,239	1,73	0,177	2,03	0,131
1,14	0,320	1,44	0,237	1,74	0,176	2,04	0,130
1,15	0,317	1,45	0,235	1,75	0,174	2,05	0,129
1,16	0,313	1,46	0,232	1,76	0,172	2,06	0,127
1,17	0,310	1,47	0,230	1,77	0,170	2,07	0,126
1,18	0,307	1,48	0,228	1,78	0,169	2,08	0,125
1,19	0,304	1,49	0,225	1,79	0,167	2,09	0,124
1,20	0,301	1,50	0,223	1,80	0,165	2,10	0,122
1,21	0,298	1,51	0,221	1,81	0,164	2,15	0,116
1,22	0,295	1,52	0,219	1,82	0,162	2,20	0,111
1,23	0,292	1,53	0,217	1,83	0,160	2,25	0,105
1,24	0,289	1,54	0,214	1,84	0,159	2,30	0,100
1,25	0,286	1,55	0,212	1,85	0,157	2,35	0,095
1,26	0,284	1,56	0,210	1,86	0,156	2,40	0,091
1,27	0,281	1,57	0,208	1,87	0,154	2,45	0,086
1,28	0,278	1,58	0,206	1,88	0,152	2,50	0,082
1,29	0,275	1,59	0,204	1,89	0,151	2,55	0,078
1,30	0,273	1,60	0,202	1,90	0,150	2,6	0,074
1,31	0,270	1,61	0,200	1,91	0,148	2,7	0,067
1,32	0,267	1,62	0,198	1,92	0,147	2,8	0,061
1,33	0,264	1,63	0,196	1,93	0,145	2,9	0,055
1,34	0,262	1,64	0,194	1,94	0,144	3,0	0,050
1,35	0,259	1,65	0,192	1,95	0,142	4,0	0,018
1,36	0,257	1,66	0,190	1,96	0,141	5,0	0,007
1,37	0,254	1,67	0,188	1,97	0,140	6,0	0,002
1,38	0,252	1,68	0,186	1,98	0,138	7,0	0,001
1,39	0 249	1,69	0,185	1,99	0,137	10,0	0,000

Оглавление

Стр.

Предисловие 2

Принципы трассирования автомобильных дорог в оползневых районах 3

Требования к проектно-изыскательским работам. . . 4

Требования к инженерно-геологическим изысканиям. 7

Учет особенностей инженерно-геологических и гидрогеологических условий Молдавской ССР. 13

Оценка длительной прочности глинистых грунтов . . 15

Расчет устойчивости природных склонов и откосов земляного полотна 17

Расчет устойчивости оползневых склонов с фиксированной поверхностью скольжения 19

Оценка устойчивости насыпей на оползневых склонах 24

Оценка общей устойчивости откосов насыпей автомобильных дорог 27

Принципы назначения противооползневых конструкций 30

Свайные конструкции. 32

Анкерные конструкции 36

Мероприятия по защите поверхности участков склонов, на которых расположено земляное полотно автомобильных дорог 40

Профилактика оползневых процессов и деформаций земляного полотна, расположенного на естественных склонах 42

Приложения

1. Методика определения коэффициента динамической вязкости глинистых грунтов 48

2. Интеграл ошибок 55

Ответственный за выпуск инж. В.Е.Губанов

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Ж.П.Иноземцева

Подписано к печати 5/XI 1974г. Формат 60x84/16
Л 81678
Заказ 15-5 Тираж 650 2,3 уч.-изд.л. Цена 40 коп.
3,7 печ.л.

Ротапринт Союздорнии

УДК 625.731.4:624.137

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫМ МЕРОПРИЯТИЯМ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ МОЛДАВСКОЙ ССР

М., Союздорнии, 1975.

Обобщены результаты научно-исследовательских и экспериментальных работ, проведенных в Союздорнии с 1970 по 1973 гг. В ряде разделов изложены требования к проектно-изыскательским и инженерно-геологическим работам в условиях Молдавской ССР. Приведены также расчеты устойчивости природных склонов и откосов земляного полотна. Даны оценка устойчивости насыпей на оползневых склонах, принципы назначения противооползневых конструкций - свайных и анкерных, простейшие способы профилактики оползневых процессов и явлений.

Табл.2, рис.19.

gost.e-ecolog.ru