С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТРАНСПОРТНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

ГЛАВТРАНСПРОЕКТ

ГПИ СОЮЗДОРПРОЕКТ

У К А З А Н И Я

ПО РАСЧЕТУ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

г.Москва - 1964 г.

gost.e-ecolog.ru

С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ТРАНСПОРТНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

ГЛАВТРАНСПРОЕКТ

ГПИ СОЮЗДОРПРОЕКТ

У К А З А Н И Я

ПО РАСЧЕТУ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Рекомендуются Союздорпроектом в качестве пособия при изысканиях и проектировании автомобильных дорог

ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР СОЮЗДОРПРОЕКТА /МОРОЗ И.П./

30 января 1964г.

г.Москва - 1964 г.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Разделы	Наименование	Стр.
	Предисловие	4
I	Общие положения	5
II	Нагрузки и коэффициенты	6
III	Инженерно-геологические данные, необходимые для расчета устойчивости насыпей и выемок	IO
IУ	Расчет устойчивости откосов	I2
У	Расчет несущей способности и осадки основания насыпи	23
УI	Указания по конструированию высоких насыпей и глубоких выемок	26
УII	Графические материалы (чертежи)	3I
УIII	Приложения:	
	I. Определение очертания устойчивого откоса по приближенному графику ВОДГЕО	47
	2. Расчет устойчивости откоса по круглоцилиндрической поверхности скольжения	48
	3. Расчет устойчивости откоса насыпи на слабом основании	50
	4. Расчет устойчивости косогорной насыпи из камня на сдвиг по основанию	54
	5. Расчет устойчивости расширяемой насыпи при возведении земляного полотна из суглинка	56
	6. Расчет устойчивости откоса с учетом гидродинамических сил	60
	7. Проверка устойчивости основания на выдавливание	62

I	2	3
	8. Расчет осадки насыпи за счет уплотнения основания	63
	9. Определение длительности уплотнения слоев водонасыщенной глины в основании насыпи	65
	IO. Справочные данные по геотехническим свойствам грунтов	67

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие "Указания" рекомендуются для руководства при индивидуальном проектировании насыпей и выемок в случаях, не предусмотренных типовыми решениями.

Кроме расчета устойчивости земляных сооружений, в "Указания" включены методика определения нагрузок и основные требования к исходным инженерно-геологическим данным, которые необходимы для проведения расчета, а также основные конструктивные мероприятия по повышению устойчивости насыпей и выемок.

При составлении "Указаний" использованы нормативные и инструктивные данные, проекты и отчеты проектных организаций, а также соответствующая научная литература.

В "Указания" включены расчетные схемы, нашедшие в настоящее время наиболее широкое применение в практике проектирования земляных сооружений транспортного и гидротехнического строительства, правильность которых в достаточной мере подтверждается опытными данными.

"Указания" составлены ГПИ "Союздорпроект" /автор - к.т.н. И.Е.Евгеньев, расчеты в примерах выполнены инж. Г.С.Гусаровым/.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Земляное полотно автомобильных дорог должно быть прочным, устойчивым и долговечным. При индивидуальном проектировании назначенная конструкция земляного полотна должна быть проверена расчетом.

2. Расчеты назначенной конструкции должны выполняться: при трехстадийном проектировании - при разработке технического проекта и рабочих чертежей, а при двухстадийном - при разработке рабочих чертежей. При двухстадийном проектировании в сложных условиях, а также в тех случаях, когда конструктивное решение земляного полотна может оказать влияние на выбор дорожной трассы, рекомендуется на стадии проектного задания проводить предварительные расчеты устойчивости с целью установления основных технико-экономических показателей принятого варианта.

3. Настоящие указания применяются при индивидуальном проектировании земляного полотна на глинистых /глины, суглинки, супеси/ или песчаных грунтах в следующих случаях:

Для насыпей:

а/ высотой более 12м /независимо от вида грунтов основания/;

б/ пересекающему поймы рек, староречья, озера, заливы морей, при временном или постоянном их подтоплении

в/ на слабых грунтах;

г/ на косогорах круче 1:3;

д/ высотой более 6м, в случае уширения существующих насыпей /независимо от вида грунтов основания/.

Для выемок:

а/ глубиной более 12м;

б/ в переувлажненных грунтах, при вскрытии водоносных горизонтов;

в/ с наклонным залеганием грунтовых слоев, пересекаемых выемкой, с уклоном их круче 1:3.

4. Указания не распространяются на проектирование

земляных сооружений в особых грунтах: в скальных породах, каменистощебенистых грунтах, лессах, торфяных и мерзлых грунтах.

В сложных природных условиях, при наличии физико-геологических явлений /оползни, карсты, осыпи, сплывы и т.п./ рекомендуемые расчетные схемы могут применяться при условии дополнительного проведения соответствующих специальных исследований и расчетов.

5. Расчетами определяются:

а/ устойчивость откосов насыпей и выемок против обрушения и оплывания;

б/ устойчивость основания насыпей на слабых грунтах против выпирания;

в/ осадка насыпей вследствие уплотнения грунтов основания;

г/ устойчивость насыпей на косогорах против скольжения по контактной поверхности;

д/ фильтрационная устойчивость откосов подтопляемых насыпей и откосов выемок при вскрытии водоносных горизонтов.

6. В основу расчета устойчивости земляного полотна должны быть положены следующие факторы:

а/ нагрузки и силовые воздействия, отвечающие каждому конкретному случаю;

б/ геотехнические характеристики грунтов тела и основания земляного полотна;

в/ условия предполагаемой работы и эксплуатации сооружения в конкретной природной обстановке.

7. В расчетах предполагается, что плотность грунта насыпей, включая откосы, во всех случаях соответствует нормативным требованиям[x/]. Слои насыпей автомобильных дорог, находящихся ниже 12м от поверхности покрытия, должны иметь коэффициент уплотнения не менее 0,95.

---

x/ Инструкция по определению требуемой плотности и контролю за уплотнением земляного полотна автомобильных дорог /ВСН 55-61 Минтрансстроя СССР/.

8. Для возведения высоких насыпей и насыпей в сложных гидрогеологических условиях следует отдавать предпочтение однородным дренирующим грунтам. Пылеватые и связные грунты, а также засоленные грунты, могут применяться для возведения насыпей при условии соблюдения соответствующих требований нормативных документов /ВСН 55-6I, ВСН 6I-89/:

II. Нагрузки и коэффициенты

9. При расчете устойчивости дорожного земляного полотна учитываются возможные для данного сооружения нагрузки и воздействия, величина которых определяется проектом:

№№ пп	Наименование нагрузок и воздействий	Примечания
I	2	3
	А. Постоянные нагрузки и воздействия	
I	Собственный вес конструкции земляного полотна и дорожной одежды	
2	Отдельные сооружения и кавальеры, расположенные вблизи бровок откосов выемок	
3	Гидростатические и гидродинамические воздействия	Для пойменных насыпей и мокрых выемок
	Б. Временные подвижные нагрузки и их воздействия	
4	Давление от воздействия временной подвижной нагрузки, в виде эквивалентной нагрузки	
	В. Прочие временные нагрузки и воздействия	
5	Сейсмическая нагрузка	Учитывается при балле сейсмичности 7-9

1	2	3
6	Строительная нагрузка	Складирование строительных материалов и конструкций, размещение кранов и механизмов для установки пролетных строений, устройства дорожной одежды и т.п.

Нагрузки должны приниматься при расчетах в наиболее опасных сочетаниях, возможных при эксплуатации и строительстве.

IO. Собственный вес земляного полотна определяется при нормативной плотности материала насыпи /см. п.7/. В подтопляемых насыпях, возводимых из несвязных грунтов, объемный вес грунта, находящегося ниже расчетного уровня затопления, уменьшается на величину гидростатической силы взвешивания.

Объемный вес природных наслоений грунта определяется при плотности, соответствующей бытовому давлению на данной глубине.

Гидродинамические и гидростатические воздействия учитываются непосредственно в расчетных схемах /см.ч.IУ/.

II. Расчеты устойчивости постоянно или периодически подтопляемых откосов насыпей и берм выполняются при расчетном горизонте подтопления с учетом подпора и ветрового нагона.

Помимо основного расчета надлежит производить проверку устойчивости откоса:

а/ при наинизшем и среднем меженнем горизонтах;

б/ при наиневыгоднейшем горизонте - промежуточном между наивысшим и меженным горизонтами воды, отвечающем минимальному значению коэффициента устойчивости /с построением эпюры коэффициентов устойчивости на расчетной схеме насыпи/.

I2. Полученная в результате расчетов крутизна откосов подтопляемых насыпей подлежит дополнительной проверке по условиям обеспечения устойчивости крепления откоса

/мощение, бетонные, железобетонные, каменные и т.п./ против сползания его под действием собственного веса.

При проверке на сползание крепления по подстилающему грунту коэффициент трения принимается наименьший из коэффициентов трения соприкасающихся слоев. В обоснованных случаях этот коэффициент может снижаться на 20-25% при глинистых грунтах в суровых климатических условиях /при среднемесячной температуре воздуха в наиболее холодный месяц года ниже -15°С/.

I3. Учет воздействия временной подвижной нагрузки при проектировании автомобильных дорог производится путем приведения ее к эквивалентному слою грунта земляного полотна. За расчетную принимается величина нормативной для заданной категории дороги гусеничной нагрузки - НГ при наиболее невыгодном ее расположении.

I4. Сейсмические воздействия вводятся в расчет при проектировании земляного полотна в районах с сейсмичностью в 7 баллов и более. В этих случаях при расчете устойчивости откосов сила Т, вызывающая обрушение /см.п.30 ф-ла 8/ увеличивается на сейсмический коэффициент Кс, величина которого принимается:

сейсмичность в баллах	7	8	9
величина коэффициента Кс	I,03	I,05	I,I0

При этом коэффициент запаса устойчивости для постоянных сооружений принимается не менее I,2.

I5. Коэффициент запаса при расчетах устойчивости земляного полотна автомобильных дорог принимается по табл.I.

табл.I

Категория автомобильной дороги	Песчаные грунты с постоянной влажностью	Глинистые грунты с постоянной влажностью и песчаные с переменной влажностью	Глинистые грунты с переменной влажностью
I-II-III	I,2	I,4	I,5
дороги IУ-У кат. и временные сооружения	I,I	I,2	I,3

Инженерно-геологические данные, необходимые для расчета устойчивости насыпей и выемок

16. В результате инженерно-геологических изысканий для индивидуального проектирования насыпей и выемок должны быть представлены следующие данные:

а/ топографический план участка сооружения в масштабе I:500-I:200;

б/ геотехнический разрез по трассе в масштабе не менее I:200, на котором должны быть нанесены:

границы расчетных пластов грунта с однородными геотехническими свойствами,

литологическое описание грунтов, составляющих расчетные слои,

расчетные горизонты грунтовых вод, а при наличии водоемов - меженных и паводковых вод, и сведения об их колебании;

в/ геотехнические разрезы на каждом расчетном поперечнике в масштабе не менее I:200 с нанесением данных, перечисленных в п."б";

г/ расчетные физико-механические характеристики каждого выделенного на разрезах расчетного слоя, а также карьерных грунтов, применяемых для возведения насыпи;

д/ общее инженерно-геологическое описание с характеристикой природных условий района строительства и геотехнической оценкой грунтов;

е/ материалы по изысканию карьеров /проводимому согласно Инструкции по поискам и разведке месторождений дорожно-строительных материалов при изысканиях автомобильных дорог - Союздорпроект 1961г./.

17. В состав расчетных физико-механических характеристик, необходимых для индивидуального проектирования насыпей и выемок, входят:

а/ влажность и объемный вес при плотности, соответствующей естественным условиям залегания, для грунтов насыпей до 12м при оптимальной плотности, определяемой на

приборе Союздорнии, и влажности /$\gamma_{опт}$, W_1 / ;

б/ объемный вес грунтов, находящихся ниже уровня грунтовых вод – в состоянии взвешенности в воде / $\gamma_в$ /;

в/ расчетные величины угла внутреннего трения / $\varphi_р$ / и сцепления / $C_р$ /;

г/ для грунтов основания насыпей – графики компрессии;

д/ по дополнительному заданию /в случае необходимости консолидационных расчетов /должен быть определен коэффициент консолидации /C/, а при фильтрационных расчетах – коэффициент фильтрации /K/.

I8. Для общей геотехнической оценки грунтов необходимы следующие характеристики:

а/ данные гранулометрического анализа;

б/ пределы пластичности связных грунтов;

в/ естественная влажность;

г/ пористость;

д/ коэффициент водонасыщения;

е/ полная влагоемкость;

ж/ количество органических примесей /в %/;

з/ процент и состав содержащихся в грунтах легкорастворимых в воде солей.

I9. Для грунтов, применяемых для возведения насыпи, сопротивление сдвигу определяется на образцах с нарушенной структурой в зависимости от плотности – влажности. Результаты испытаний оформляются в виде графиков зависимости угла внутреннего трения и сцепления от влажности в интервале между максимально возможной в естественных условиях и влажностью, соответствующей оптимальной плотности.

Для грунтов выемки и основания насыпи сопротивление сдвигу определяется на образцах ненарушенной структуры. График зависимости угла внутреннего трения и сцепления от влажности строится в интервале между максимально возможной в естественных условиях влажностью /недренированный сдвиг/ и влажностью, соответствующей полному уплотнению

грунта проектной нагрузкой /консолидированный сдвиг/.

За расчетные принимаются величины сопротивления сдвигу при наибольшей влажности, возможной в реальных условиях работы сооружения.

20. Все расчетные характеристики должны получаться методами статистической обработки результатов лабораторных испытаний грунтов.

21. Лабораторные испытания могут быть дополнены полевыми исследованиями, проводимыми по специальной методике /определение сопротивления сдвигу крыльчаткой, испытания штампом и т.д./.

В особо сложных случаях следует проводить специальное моделирование сооружений.

22. При проведении расчетов на стадии проектного задания расчетные характеристики могут быть определены по данным общей геотехнической оценки грунтов с использованием соответствующих справочных таблиц и графиков. /см.приложение 10/.

IУ. Расчет устойчивости откосов

23. Расчет устойчивости откосов выемок и насыпей заключается в определении равнопрочного, наиболее экономичного, с обеспечением заданного коэффициента запаса устойчивости, поперечного сечения сооружения.

24. Исходными данными при расчете откосов служат:

а/ величина и характер внешних нагрузок;

б/ заданные отметки подошвы и бровки откоса;

в/ геотехнические разрезы по расчетным сечениям;

г/ расчетные характеристики грунтов основания и грунтов, используемых для возведения насыпи, а для выемок – грунтов откосной части;

д/ гидрогеологические данные /горизонт грунтовых вод, уровень возможного подтопления и т.п./.

25. Расчеты устойчивости выполняются в условиях плоской задачи – для элемента сооружения, имеющего протяженность в 1 п.м. За расчетные должны приниматься сечения насыпи /выемки/:

а/ в наиболее высокой /глубокой/ части;

б/ в местах, где грунты основания или откоса имеют наименьшее сопротивление сдвигу;

в/ в местах наличия внешних сосредоточенных нагрузок;

г/ в местах подтопления или наличия грунтовых вод.

26. Расчет откосов ведется в следующей последовательности:

а/ приближенным методом определяется ориентировочное устойчивое очертание откоса /см. п.27/;

б/ в соответствии с существующими нормативными указаниями, с учетом рекомендаций ч.УI, намечается конструктивный профиль насыпи или выемки;

в/ устойчивость намеченных откосов насыпи или выемки проверяется из условия равновесия оползающей массы грунта, ограниченной определенной поверхностью скольжения /круглоцилиндрической, плоской, составной/;

г/ принятое по приближенному методу расчета конструктивное сечение корректируется таким образом, чтобы коэффициент запаса устойчивости, определенный по п."в", в любом месте откоса был близок к заданному нормативному значению.

Проектирование равноустойчивого откоса следует вести, начиная расчеты устойчивости с верхней части откоса, постепенно переходя к нижним, через определенные интервалы - 6-I2м.

27. Средний угол[x/] устойчивого откоса в однородных грунтах приближенно может быть определен по графику института Водгео /рис.I/ по заданным величинам: сцепления Ср т/м2; объемного веса γ т/м3 и заданной высоте откоса Н.

По вертикальной оси откладывается величина $\frac{C}{\gamma H}$, где $C = \frac{C_p}{n}$ /I/.

По существующей кривой φ°, где $tg\varphi = \frac{tg\varphi_p}{n}$ /2/ на горизонтальной оси находится средний

---

x/ угол между линией, соединяющей подошву и бровку откоса, и горизонтом

угол устойчивого откоса

Здесь $C_р$ и φ - расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения; n - коэф.запаса устойчивости /см.п.15/. Пример расчета см.в приложении № I.

28. Проверка устойчивости предварительно запроектированного откоса производится путем определения коэффициента запаса устойчивости, равного отношению суммы сил, удерживающих оползающую массу грунта, к сумме сил, способствующих сдвигу. При этом в расчетах принимается, что оползание грунта происходит по определенной /круглоцилиндрической, плоской или составной/ поверхности скольжения.

29. Поверхность скольжения считается круглоцилиндрической для всех связных грунтов при крутизне откосов меньше 60^0 /рис.2а/.

Плоской считается поверхность скольжения:

а/ для несвязных грунтов,

б/ для всех грунтов при крутизне откосов более 60^0 /рис.2б/,

в/ для насыпей на косогорах /если грунт основания имеет большее сопротивление сдвигу, чем грунт насыпи/ /рис.2в/,

г/ при обнижении откосом выемки слоев плотного грунта с кровлей, наклонной в сторону откоса /рис.2г/.

Составной поверхность скольжения считается при наличии кровли плотного слоя ниже подошвы насыпи или дна выемки /рис.2д/.

В тех случаях, когда отсутствует уверенность в определенной форме поверхности скольжения, следует проверять расчетом все возможные варианты-наихудшие с точки зрения устойчивости.

При форме поверхности скольжения, установленной в натуре инженерно-геологическими исследованиями, коэффициент устойчивости откоса определяется только по данной кривой или плоскости.

30. При ограниченном любой поверхностью скольжения сползающем объеме грунта, коэффициент запаса устойчивости

откоса определяется по формуле:

$$n = \frac{\Sigma N \operatorname{tg} \varphi_p + \Sigma C_p \ell}{\Sigma T} \qquad /3/$$

где:

N - нормальная, по отношению к поверхности скольжения составляющая веса вышележащего слоя грунта,

ℓ - длина дуги скольжения,

T - касательная к дуге скольжения /или лежащая в плоскости скольжения/ составляющая силы веса.

При наличии поддерживающих сооружений /подпорные стенки/, воспринимаемые или касательные усилия/T удерж./ входят в числитель.

31. При круглоцилиндрической или составной поверхности скольжения оползающий клин разбивается на 6-10 вертикальных отсеков, для каждого из которых определяется N и T в точке пересечения вертикали, проходящей через центр тяжести отсека с линией скольжения.

При наличии неоднородных слоев границы отсеков по линии скольжения должны совпадать с границами пластов /рис.3/.

При плоской поверхности скольжения в однородных грунтах разбивка на отсеки не производится.

32. Для каждого отсека составляющие силы N и T определяются по формулам:

$$N = Q \cos \delta \; ; \qquad T = Q \sin \delta \qquad /4/$$

где Q - вес грунта в объеме отсека /в условиях плоской задачи на 1 п.м. длины откоса/

$$Q = \Omega \gamma \qquad /5/$$

где Ω - площадь отсека,

γ - средний объемный вес грунта отсека

δ - угол отклонения нормальной силы от вертикали.

Характеристики γ_p Ц C_p для каждого отсека принимаются по слою, пересекаемому линией скольжения.

Пример расчета см.приложение 2.

33. Определение вида и центра критической дуги скольжения, при которой коэффициент запаса устойчивости будет минимальным, проводится методом последовательного приближения с повторением расчета устойчивости для нескольких дуг с наименее выгодным соотношением удерживающих и сдвигающих сил.

34. Критическая дуга скольжения по отношению к откосу, как правило, занимает следующее положение:

а/ если угол откоса больше 30^0, а сопротивление сдвигу грунта не снижается по глубине, то критическая дуга скольжения выходит через подошву откоса, не заглубляясь в основание /рис.4а/;

б/ если угол откоса меньше 30^0, то критическая дуга скольжения выходит через подошву откоса с заглублением в основание /рис.4б/ /за исключением случаев, предусмотренных следующими пунктами/;

в/ если угол внутреннего трения грунта основания не превышает 5^0, то критический круг скольжения захватывает часть основания и выходит за пределами подошвы откоса /рис.4в/;

г/ при наличии на некоторой глубине слоя плотных коренных пород дуга скольжения касается их кровли;

д/ в мягких глинистых грунтах, в случае, когда глубина залегания плотных пород не превышает половины высоты откоса, следует дополнительно проводить проверку устойчивости по схеме "плоского сдвига" по составной поверхности скольжения, когда часть кривой заменяется прямой, проходящей по кровле плотных пород /рис.4г/[x/].

35. При отыскивании центра критической дуги скольжения следует пользоваться следующими практическими указаниями:

[x/] по п."б" см.приложение 2, по п.п. в,г,д -приложение 3

а/ для дуг, проходящих через подошву откоса /п.34а, -б/, кроме случаев, когда $\alpha < 18^0$; центр О располагается на линии, проходящей через бровку откоса и точку В, лежащую на глубине Н и расстоянии 5Н от подошвы откоса /рис.5/. Для первого приближения центр критической дуги назначается на пересечении линии СВ с линией АС, проведенной под углом 25^0 к среднему откосу. При последующих этапах проверки центры O_1, O_2, O_3 ... назначаются выше через 0,25 - 0,3Н.

б/ Центр критической дуги, проходящей через основание откоса, а также для дуги, проходящей через подошву откоса, при $\alpha < 18^0$, располагается в зоне между вертикалью и нормалью, проведенными из середины среднего откоса М.

При первом приближении центр назначается на биссектрисе угла FMK на расстоянии Н от точки М. На продолжении линии ОМ через 0,25Н откладываются центры для последующих этапов проверки устойчивости /см.рис.6/. Через центр наименее устойчивой дуги скольжения /при n_{min} / проводится линия ДЕ, перпендикулярная ОМ, на которой также через 0,25Н откладываются центры дуг скольжения для проверочных расчетов. В примерах, показанных на рис.5 и 6, центр O_4 для дуги с наименьшей устойчивостью будет наиболее близок к фактическому центру критической кривой скольжения.

36. При назначении радиуса дуги скольжения, пересекающей основание следует учитывать, что критическая дуга обычно образует центральный угол 100-135°.

37. При пересечении горизонтом грунтовых вод критической дуги скольжения следует учитывать воздействие сил взвешивания и фильтрационных гидродинамических сил, снижающих устойчивость откосов.

Общее уравнение устойчивости откоса при этом будет иметь вид:

$$n = \frac{\Sigma \operatorname{tg} \varphi_p [N - (B + \Phi)] + \Sigma c l}{\Sigma T} \qquad /3а/$$

где: сумма силы взвешения B и фильтрационной силы Φ определяется для каждого соответствующего отсека по формуле:

$$B + \Phi = \frac{\Omega_в \cdot \Delta}{\cos \delta} \qquad /6/$$

$\Omega_в$ - площадь отсека ниже горизонта грунтовых вод, а при определенной кривой депрессии, ниже кривой депрессии;

Δ - объемный вес воды, принимаемый равным 1т/м3

δ - угол между нормалью и вертикалью, проведенными из проекции центра тяжести отсека на кривую скольжения /рис.7/.

Приведенная расчетная схема принимается при проверке устойчивости откоса при быстром снижении постоянного горизонта затопления.

38. При расчете постоянно затопленных откосов следует учитывать влияние гидростатического давления слоя воды.

В формуле /6/ $\Omega_в$ определяется как площадь отсека ниже водного горизонта.

Общее уравнение устойчивости при этом будет иметь вид:

$$n = \frac{\Sigma tg \varphi [N - (B + \Phi)] + \Sigma c l + W \frac{\gamma}{R}}{\Sigma T} \qquad /7/$$

где: горизонтальная сила $W = \frac{\Delta h_в^2}{2}$

$h_в$ - глубина затопления

γ - плечо силы R

R - радиус критической дуги скольжения /см.рис.7/.

39. Расчет устойчивости косогорных насыпей на сдвиг по основанию производится при индивидуальном проектировании земляного полотна:

при поперечном уклоне основания круче 1:3;

при значении углов внутреннего трения грунтов основания или тела насыпи меньше угла наклона основания

косогорной насыпи, при несвязных грунтах; при связных грунтах, кроме того, должны учитываться силы сцепления;

при поперечном уклоне основания круче I:5, в случае залегания в основании переувлажненных глинистых грунтов;

при неблагоприятных геологическом строении и гидрогеологических условиях /наклонное залегание слоев горных пород, выходы источников грунтовых вод, заболачивание ими склона, сложенного глинистыми грунтами и т.п./.

40. В расчетах устойчивости, при смещениях по контактам соприкасающихся слоев разнородного грунта /по заданной поверхности/ коэффициенты трения между различными грунтами должны определяться специальными исследованиями.

При смачиваемой поверхности соприкасания, указанные величины должны соответственно снижаться, если не представляется возможности устранить полностью смачивания контактов до возведения земляного полотна и на весь период его эксплуатации.

В случае отсутствия резкого перехода от одной консистенции связного грунта к другой, в соприкасающихся слоях, в расчет могут вводиться силы сцепления.

4I. Расчеты устойчивости косогорной насыпи на сдвиг по устойчивому основанию производятся в предположении бокового смещения насыпи по плоскости основания ее.[x/]

Устойчивость насыпи определяется соотношением сил сдвигающих/тангенциальных составляющих от сил веса насыпи с подвижной нагрузкой/ и сил удерживающих, равных сумме сил трения /развивающихся под влиянием сил нормальных к плоскости смещения/ и сил сцепления и зацепления грунта.

Для обеспечения равновесия косогорной насыпи должно быть соблюдено следующее условие:

$$Q \sin \alpha \leq f Q \cos \alpha + cl \qquad /8/$$

---

x/ пример см. приложение 4

где: Q - вес насыпи с временной подвижной нагрузкой на единицу длины ее в тоннах,

α - угол наклона основания насыпи к горизонту в градусах,

f - коэффициент трения, равный $tg\,\varphi$, где φ угол внутреннего трения грунта основания или тела насыпи /в расчет принимается наименьшее из двух значений коэффициентов соприкасающихся слоев грунта/,

c - силы сцепления в т/м^2,

l - длина плоскости скольжения в м/длина линии АБ/ /рис.8/

Для несвязных грунтов, при отсутствии сил сцепления /$C = 0$/, это условие будет:

$$Q \sin\alpha \leq f \cos\alpha \qquad /8а/$$

или $tg\alpha \leq f$

или $tg\alpha \leq tg\varphi$

т.е. $\alpha \leq \varphi$

Коэффициент устойчивости насыпи на сдвиг по основанию при связных грунтах определяется по формуле:

$$K = \frac{f \cos\alpha \cdot cl}{Q \sin\alpha}$$

Коэффициент устойчивости насыпи при несвязных грунтах определяется по формуле:

$$K = \frac{f\,Q\,\cos\alpha}{Q \sin\alpha}$$

При наличии в пределах основания насыпи отдельных элементов различной крутизны соответствующие значения определяются отдельно для каждого элемента и затем суммируются при сравнительно небольшой разнице в крутизне смежных элементов ломаной поверхности скольжения.

Для обеспечения устойчивости насыпи на сдвиг по основанию, коэффициент устойчивости ее следует принимать в соответствии с указаниями п.15.

В целях повышения устойчивости насыпи на сдвиг по основанию назначаются следующие наиболее распространенные мероприятия:

а/ осушение основания и тщательный водоотвод с нагорной стороны насыпи, особенно при глинистых грунтах, увлажнение которых способствует снижению значений C и φ;

б/ подготовка основания насыпи в соответствии с требованиями СН 6I-59, в частности, снятие дерна в пределах основания насыпи и нарезка уступов, для лучшего сопряжения насыпи с основанием и для включения в полезную работу сил сцепления при глинистых грунтах основания. Уступы должны иметь уклон в сторону косогора. Уклон этот не должен превышать I-2%. Ширина уступов должна быть не менее 2-3м, для возможности нарезки их соответствующими землеройными механизмами;

в/ вырезка и удаление слабых грунтов из основания косогорной насыпи, в обоснованных расчетами случаях, с соответствующей нарезкой уступов в надежных грунтах, подстилающих слабые грунты /рис.8а, б/.

Как показала практика расчетов, при основании косогорной насыпи положе I:5, в проверке устойчивости насыпи на сдвиг по основанию, как правило, нет необходимости.

42. При уширении существующей насыпи расчетом на устойчивость проверяется присыпаемая часть насыпи, примыкающая к откосу существующей, и вся насыпь вместе с пристраиваемой частью.[x/]

Расчет производится из условия устойчивости досыпаемого массива грунта на сдвиг по плоскостям, крутизна которых обусловливается очертанием откосов существующей насыпи и основания под присыпаемой частью.

Проверка устойчивости должна производиться в предположении возможного сдвига по плоскостям, проходящим:

а/ в грунтах присыпаемого массива по гребням уступов,

б/ в грунтах существующей насыпи по уступам в откосе со срезом их,

x/ пример расчета см. приложение 5

в/ по контакту несвязного и связного грунтов при мощных песчаных шлейфах на откосе существующей насыпи, когда срезка песчаного слоя /шлейфа/ и нарезка уступов технически затруднительна.

Устойчивость пристраиваемой части насыпи определяется по расчетной схеме, приведенной на рис.9.

Коэффициент устойчивости, равный отношению суммы сил удерживающих к сумме сил сдвигающих для всего массива, с достаточной для практических целей степенью точности, определяется по формуле:

$$K = \frac{\Sigma N f + c l}{\Sigma T} \qquad /3/$$

где: N - нормальная к плоскости смещения составляющая силы веса Q ;

$f = tg\varphi$ - коэффициент внутреннего трения грунта;

c - сцепление по поверхности скольжения в т/м2;

l - длина поверхности скольжения, в м;

T - тангенциальная составляющая силы.

Массив разбивается на отсеки в местах изменения крутизны элементов поверхности скольжения.

Для каждого отсека определяется α - угол наклона поверхности скольжения к горизонту, в градусах;

Q - вес в тоннах на единицу длины насыпи

$Q = \Omega\gamma$; Ω - площадь сечения отсека в м2

γ - объемный вес грунта в т/м3

Затем определяются значения -

$$N = Q\cos\alpha \quad \text{и} \quad T = Q\sin\alpha$$

сумма сил трения $\Sigma N f$, а также силы сцепления cl и подставляются в формулу.

Значения коэффициентов трения принимаются наименьшие из значений коэффициентов соприкасающихся слоев с учетом возможности их снижения.

Расчет устойчивости всей насыпи вместе с пристраиваемой частью, а также в необходимых случаях проверка принятой крутизны откоса, производятся общепринятыми

методами.

У. Расчет несущей способности и осадки основания насыпи

43. Конструкция насыпи назначается из условия недопустимости деформаций глубокого сдвига /выпирания/ и пластических деформаций выдавливания грунтов основания.

Возможность глубокого сдвига /выпирания/ основания учитывается при расчете устойчивости откосов по круглоцилиндрической поверхности обрушения /см.ч.IУ/.

44. Проверка возможности разрушения основания вследствие пластических деформаций обязательна при наличии в основании связных грунтов.

Безопасная величина нагрузки на основание из условия недопустимости выдавливания / $P_{без}$ / определяется по формуле:

$$P_{без} = \frac{\pi\gamma\left(B\,tg\,\varphi_p + \frac{c_p}{\gamma\,tg\,\varphi}\right)}{ctg\,\varphi_p + \left(\varphi_p - \frac{\pi}{2}\right)} \qquad /9/$$

где: B - ширина насыпи по основанию,
φ - расчетное значение угла внутреннего трения
c_p - расчетное сцепление грунта основания,
γ - средний объемный вес грунта основания.

В случае заглубления подошвы насыпи предельная величина нагрузки определяется по формуле:

$$P_{без} = \frac{\pi\gamma\left(B\,tg\,\varphi_p + h_з + \frac{c}{\gamma\,tg\,\varphi}\right)}{ctg\,\varphi_p + \left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right)} + \gamma h_з \qquad /10/$$

где $h_з$ - глубина заглубления подошвы насыпи.

45. Величина осадки насыпи за счет сжатия грунта основания не ограничивается при условии, что не менее 90% сжатия произойдет в строительный период, до устройства дорожной одежды.

/для покрытий переходного и низшего типа до укладки покрытия достаточно 75% уплотнения/.

46. Определение величины полной осадки насыпи вследствие сжатия грунта основания ведется в следующей последовательности:

а/ обжимаемая толща грунта основания разбивается в соответствии с литологическим разрезом на ряд расчетных слоев, в пределах которых свойства грунта однородны. Границей обжимаемой толщи считается кровля скальных пород. При глубоком залегании скалы мощность обжимаемой толщи предварительно может быть принята равной высоте насыпи;

б/ определяется нагрузка на поверхность основания в осевом сечении насыпи:

$$P_p = \gamma_н + H_н \qquad /11/$$

Приближенно считается, что сжимающие напряжения по глубине слоя постоянны.

в/ определяется бытовое давление в середине каждого расчетного слоя. $P_б$, соответствующее плотности грунта в естественном залегании и равное давлению вышележащих слоев.

Для точки на глубине z от поверхности грунта бытовое давление равно:

$$P_{бz} = z \cdot \gamma_{ср} \qquad /11а/$$

где: $\gamma_{ср}$ – средний объемный вес вышележащих пластов грунта основания /с учетом взвешивания грунтовыми водами/;

г/ по данным компрессионных испытаний для каждого расчетного слоя определяется $\varepsilon_б$ – коэффициент пористости в условиях естественного залегания и ε_p – коэффициент пористости при нагрузке $P_p + P_б$

д/ для каждого расчетного слоя деформация сжатия будет равна:

$$S_i = h_i \frac{\varepsilon_б - \varepsilon_p}{\varepsilon_б + 1} \qquad /12/$$

где: h_i – толщина расчетного слоя

е/ общая осадка основания S_n равна сумме величин деформации сжатия отдельных слоев

$$S_n = \Sigma S ;$$

При подсчете объемов работ площадь просевшей части насыпи Ω_{oc} определяется по формуле:

$$\Omega_{oc} = 0.85\ B \cdot S_n \qquad /18/$$

47. При наличии в основании слоя водонасыщенного связного грунта малой плотности необходимо учитывать возможное отставание скорости уплотнения грунта весом насыпи /консолидации/ от темпов производства работ.

48. Время, за которое будет достигнуто требуемое /90%/ уплотнение грунта в основании, может быть приближенно определено по формуле:

$$t = 0{,}71\ \frac{h^2}{C_к} \text{ /сут./} \qquad /14/$$

где: h - мощность расчетного слоя

$C_к$ - коэффициент консолидации, определяемый опытным или расчетным путем / $\frac{м^2}{сут.}$ / ;

$C_к = \frac{K\ /\ \varepsilon_o + 1/}{a_{ср}}$ K - коэффициент фильтрации, м/сут.;

ε_o - коэффициент пористости при естественной плотности;

$a_{ср}$ - средний коэффициент сжимаемости, $м^2/т$

49. Если сопротивление сдвигу связного водонасыщенного грунта в состоянии естественной плотности не обеспечивает устойчивости основания при полной проектной нагрузке, возведение насыпи должно производиться по графику, увязанному с графиком консолидации.

При этом, во всех расчетах, где учитывается сопротивление сдвигу грунта основания, величины $tg\,\varphi_p$ и C_p определяются при влажности грунта W_t, соответствующей расчетной степени консолидации

$$W_t = W_o - (W_o - W_p)\,U_t \qquad /15/$$

где: W_0 - влажность грунта в естественном залегании;

W_t - влажность при полном уплотнении расчетной нагрузкой

U_t - степень консолидации, достигнутая за время t

50. Степень консолидации грунта за время t от принятой нагрузки P, в зависимости от вычисленной величины $\frac{Ct}{h^2}$, определяется по табл.4.

Табл.4

U_t	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$\frac{Ct}{h^2}$	0,002	0,008	0,024	0,052	0,097

U_t	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95
$\frac{Ct}{h^2}$	0,17	0,28	0,44	0,55	0,71	1,08

УI. Указания по конструированию высоких насыпей и глубоких выемок

51. Поперечное сечение земляного полотна должно иметь наиболее экономичное очертание при условии обеспечения соответствующего запаса устойчивости.

Конструкция земляного полотна должна обеспечивать возможность полной механизации работ по его возведению.

52. Откосы насыпей и выемок из песчаных и глинистых грунтов /кроме лессов/ в любом сечении сооружения не должны быть круче 1:1,5, независимо от результатов расчета устойчивости и от принятой конструкции.

53. Все приведенные в настоящих указаниях расчетные схемы предусматривают наличие и нормальную работу дренажных и водоотводных устройств, предусмотренных проектом.

Все необходимые дренажные и водоотводные устройства должны входить в первоочередной комплекс проектирования земляных сооружений. В проекте организации работ следует

предусматривать устройство дренажа и водоотвода до отсыпки насыпи или разработки выемки.

54. Повышение устойчивости откосов может производиться как путем уполаживания, так и путем устройства широких контрберм, размер которых определяется величиной необходимой пригрузки внешнего края призм обрушения /см.п.82/, а также соображениями удобства /механизации/ работ, и в выемках - получением дополнительного объема грунта.

В стесненных условиях, на косогорах и т.д. могут применяться подпорные стенки и другие поддерживающие сооружения, проектирование которых ведется по соответствующим указаниям.

55. Для повышения устойчивости основания насыпи против выпора или выдавливания могут применяться следующие конструктивные мероприятия:

а/ уполаживание откосов,

б/ устройство пригрузочных берм,

в/ заглубление подошвы насыпи.

Величина заглубления подошвы насыпи может быть определена из условия предупреждения выдавливания /п.44/.

56. Бермы позволяют механизировать работы по укреплению высоких откосов, а также повышают устойчивость откоса против размыва. Бермы устраиваются, примерно, через каждые 6м /по высоте откоса/ шириной не менее 2,5м. Бермы должны иметь поперечный уклон 2-8% в сторону откоса и лоток в месте сопряжения бермы с откосом. Сечение и продольный уклон лотка должны обеспечивать отвод поверхностных вод с площади водосбора вышележащей части откоса.

Во всех случаях бермы учитываются при определении расчетного сечения насыпи /выемки/.

57. Крепление поверхности откосов проектируется в соответствии с Указаниями по укреплению откосов земляного полотна /вып.15 и 65/.

58. Кавальеры из грунта, полученного при разработке выемки, могут устраиваться только за пределами зоны, влияю-

цей на устойчивость откоса. Минимальное расстояние от бровки откоса до кавальера следует определять расчетом.

59. При наличии в основании связных водонасыщенных грунтов, нижняя часть насыпи на высоту 2-4м должна отсыпаться из хорошо дренирующих грунтов. Высота дренирующего слоя должна быть равной высоте поднятия капиллярной воды, плюс величина ожидаемой осадки, плюс запас 0,5м.

60. В случае, если сроки естественной консолидации слабого водонасыщенного грунта в основании насыпи не соответствуют требуемым срокам производства работ /см.п.49/, могут быть применены следующие конструктивные мероприятия:

а/ частичное или полное удаление связного грунта с заменой хорошо дренирующим грунтом;

б/ устройство вертикальных песчаных дрен;

в/ устройство дренажных прорезей;

г/ интенсивное осушение основания иглофильтрами или другими методами принудительного водопонижения.

61. Ширина земляного полотна поверху принимается в соответствии с нормативными требованиями для данной категории дороги.

62. Очертание поперечного профиля высокой насыпи из связных грунтов рекомендуется назначать с откосами переменной крутизны с постепенным уположением к подошве насыпи по ломанной линии. Верхняя часть насыпи /6м/ обычно проектируется откосом крутизной I:I,5, а ниже, через каждые 4-6м /в зависимости от качества грунта/, с постепенным уположением на 0,25, т.е. I:I,75; I:2 и т.д.

63. На поймах рек бровка земляного полотна подходов к мостам через большие и средние реки в пределах разлива и бровка оградительных дамб должны возвышаться не менее чем на 0,5м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм пойменных насыпей не менее, чем на 0,25м над уровнем воды соответствующем расчетному расходу /1% вероятности для дорог I-II категорий и городских,2% для дорог III-V категорий/ с учетом ветрового нагона воды, подпора, высоты

набега волны на откос, зависящего от крутизны откоса и конструкции крепления его.

Бровка земляного полотна подходов к мостам на малых водотоках и к трубам должна возвышаться над отметкой подпертого уровня воды, определяемого по указанному выше расходу, не менее чем на 0,5м, а для труб отверстием 2м и более при напорном и полунапорном режимах - не менее чем на 1м.

Откосы земляных дамб регуляционных сооружений с речной стороны должны быть не круче 1:2, а с противоположной стороны - не круче 1:1,5. Ширина дамб поверху назначается не менее 2 м.

64. Отметки верха укрепления откосов пойменных насыпей должны быть выше уровня воды, соответствующего расчетному расходу с учетом ветрового нагона, подпора, высоты набега волны на откос, зависящего от крутизны откоса и конструкции крепления его:

у мостов через большие и средние реки не менее 0,5м

у мостов на малых водотоках и у труб не менее 0,25м.

УП. ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ /ЧЕРТЕЖИ/

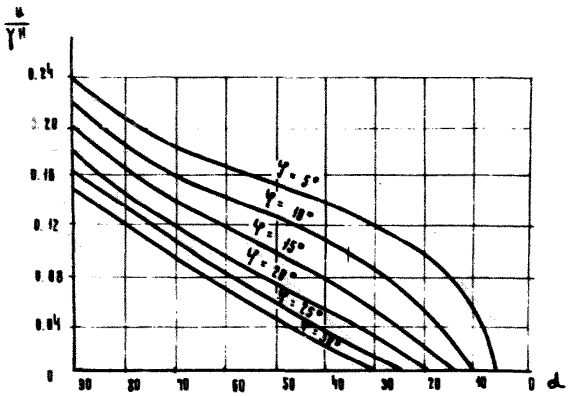


Рис. 1 График института Водгео для ориентировочного определения угла устойчивого откоса

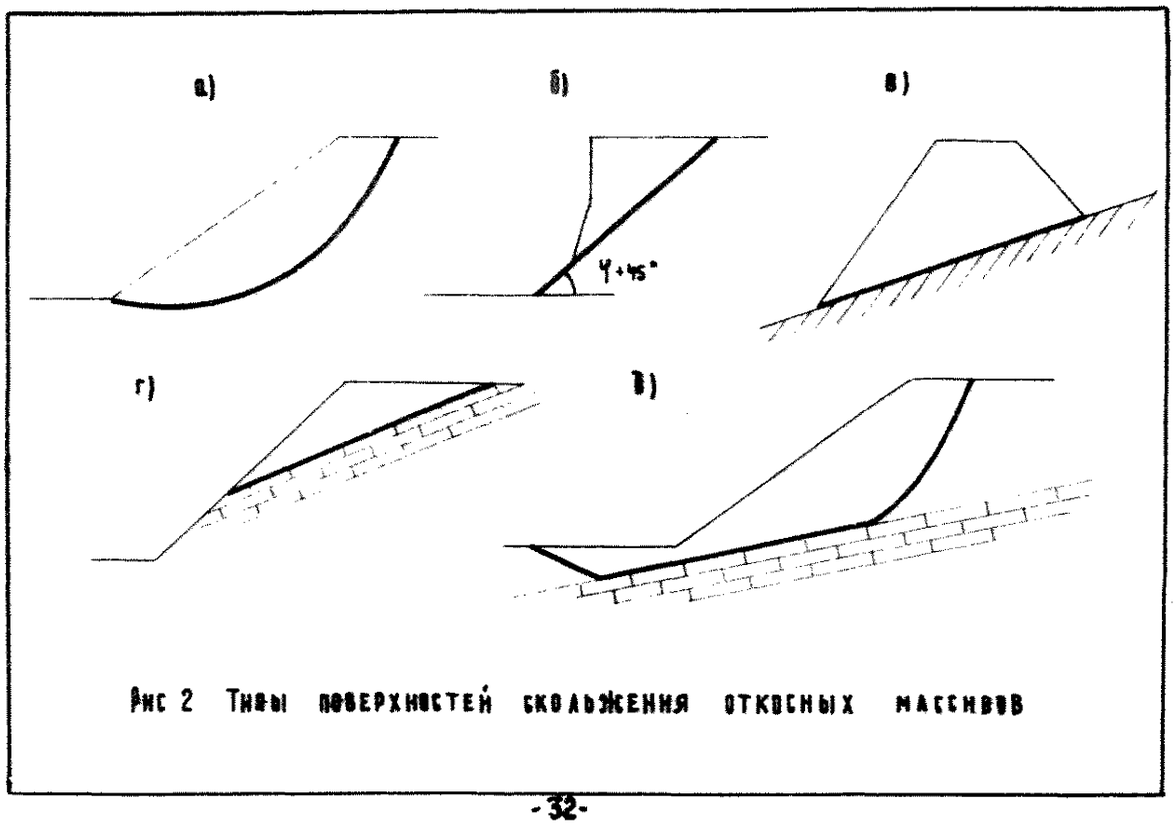


Рис 2 Типы поверхностей скольжения откосных массивов

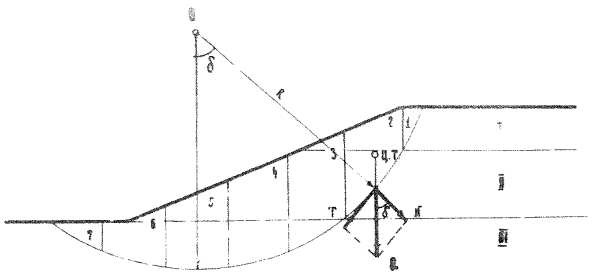


Рис. 3 Расчетная схема для круглоцилиндрической поверхности скольжения

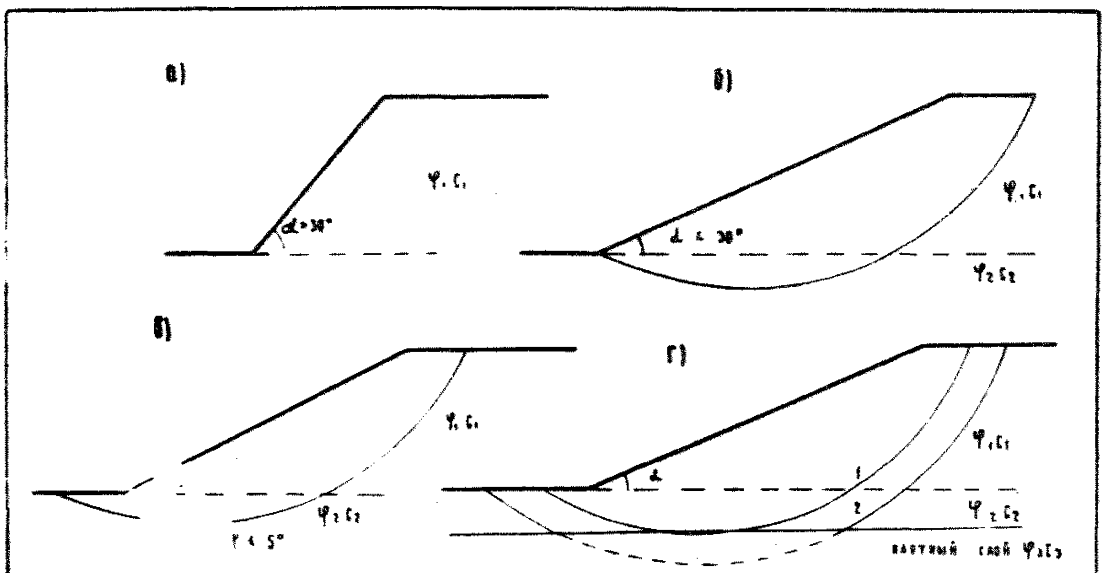


Рис 4. Расположение дуги скольжения по отношению к откосу

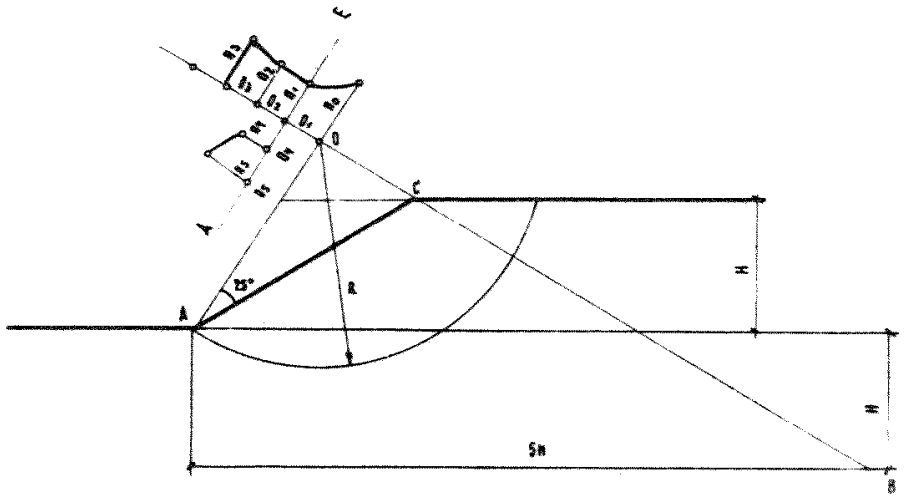


Рис 5. Отыскание центра критической дуги скольжения, проходящей через подошву откоса

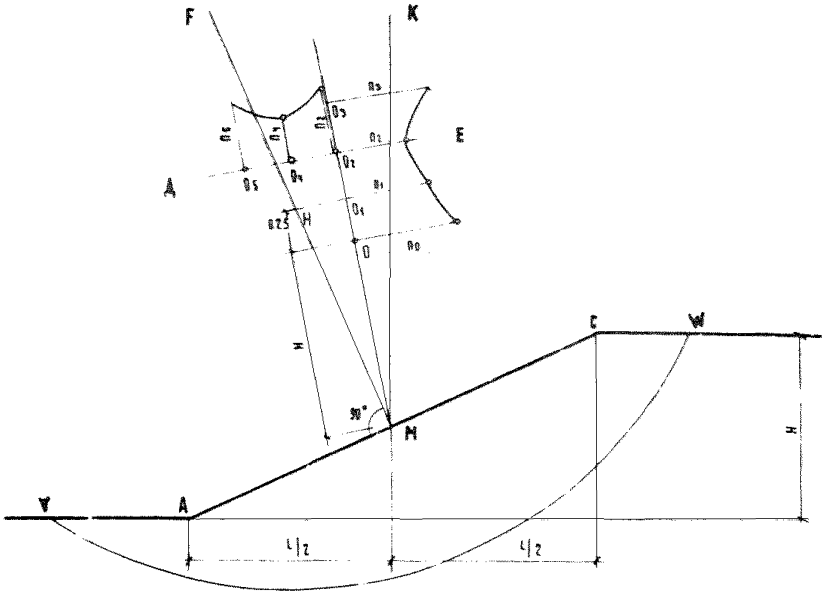


Рис. 6 Отыскание центра критической дуги, проходящей через основание откоса

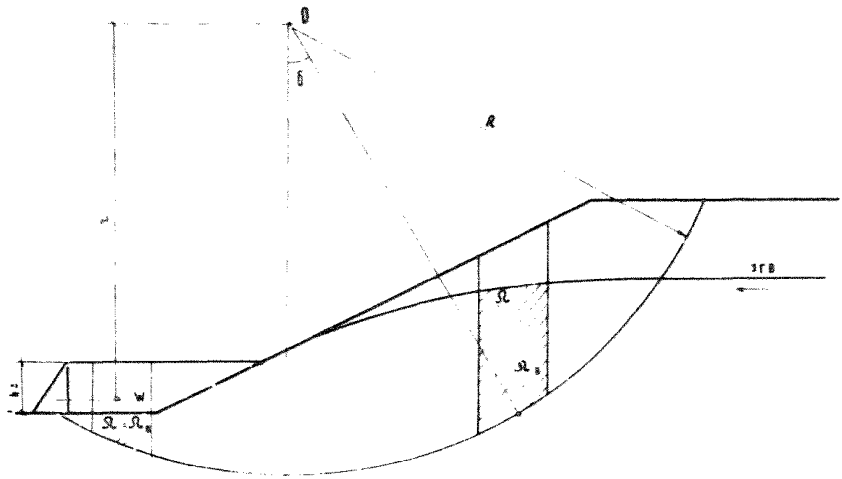


Рис 7. Расчетная схема откоса при учете гидродинамических факторов

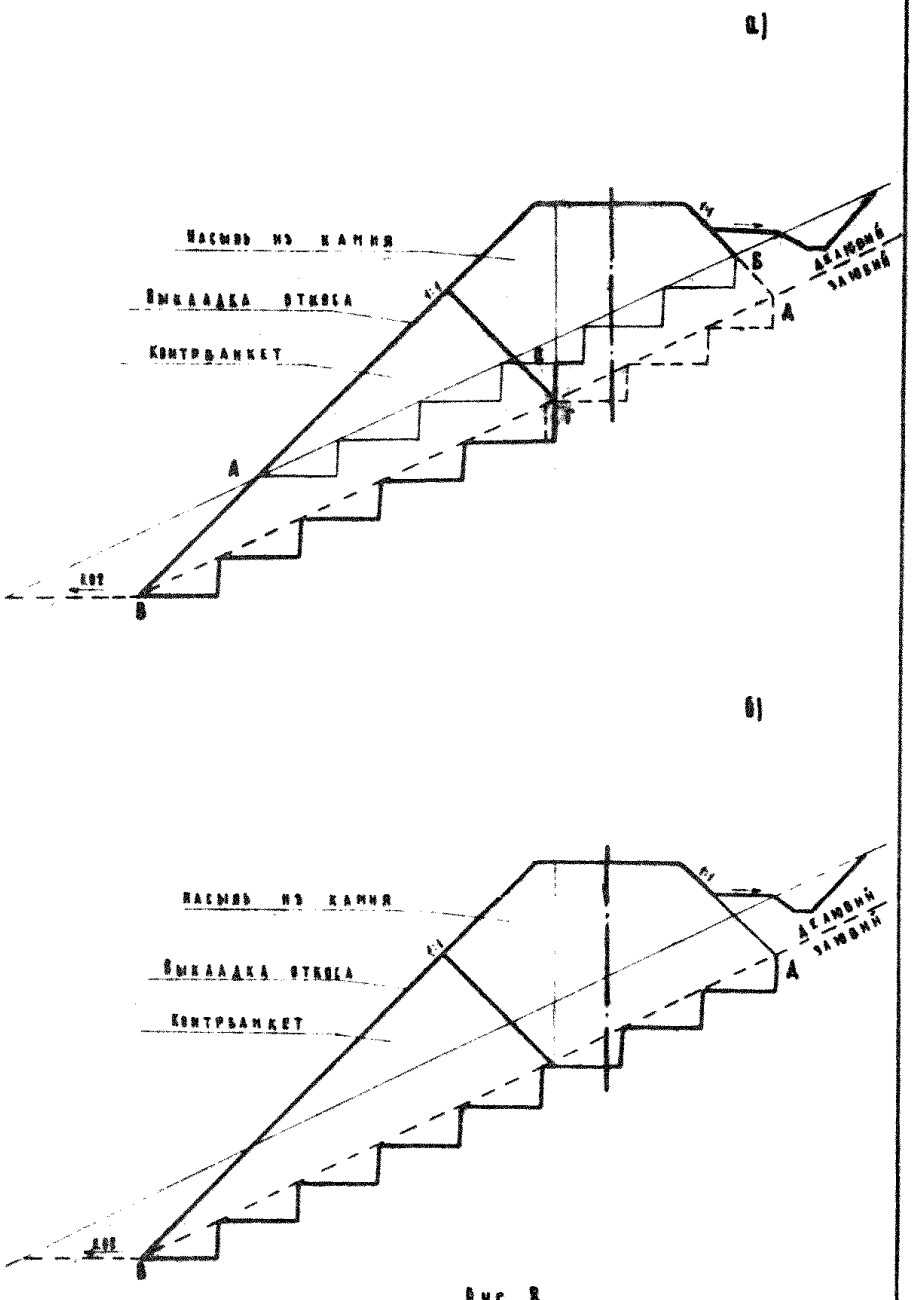

а)
Насыпь из камня
Выкладка откоса
Контрбанкет
Дежурный
Заливный
A
B
б)
Насыпь из камня
Выкладка откоса
Контрбанкет
Дежурный
Заливный
A
B

Рис. 8

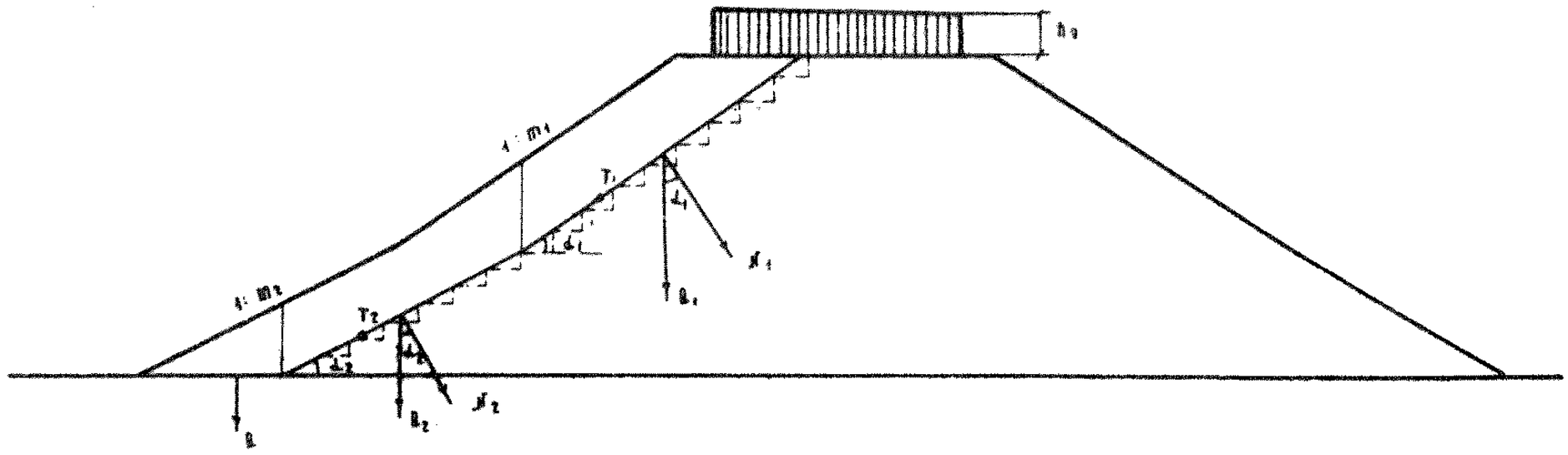


Рис.9

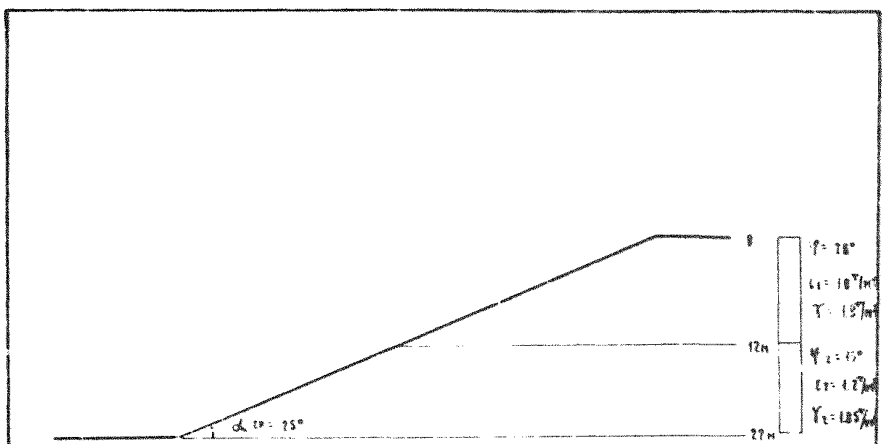
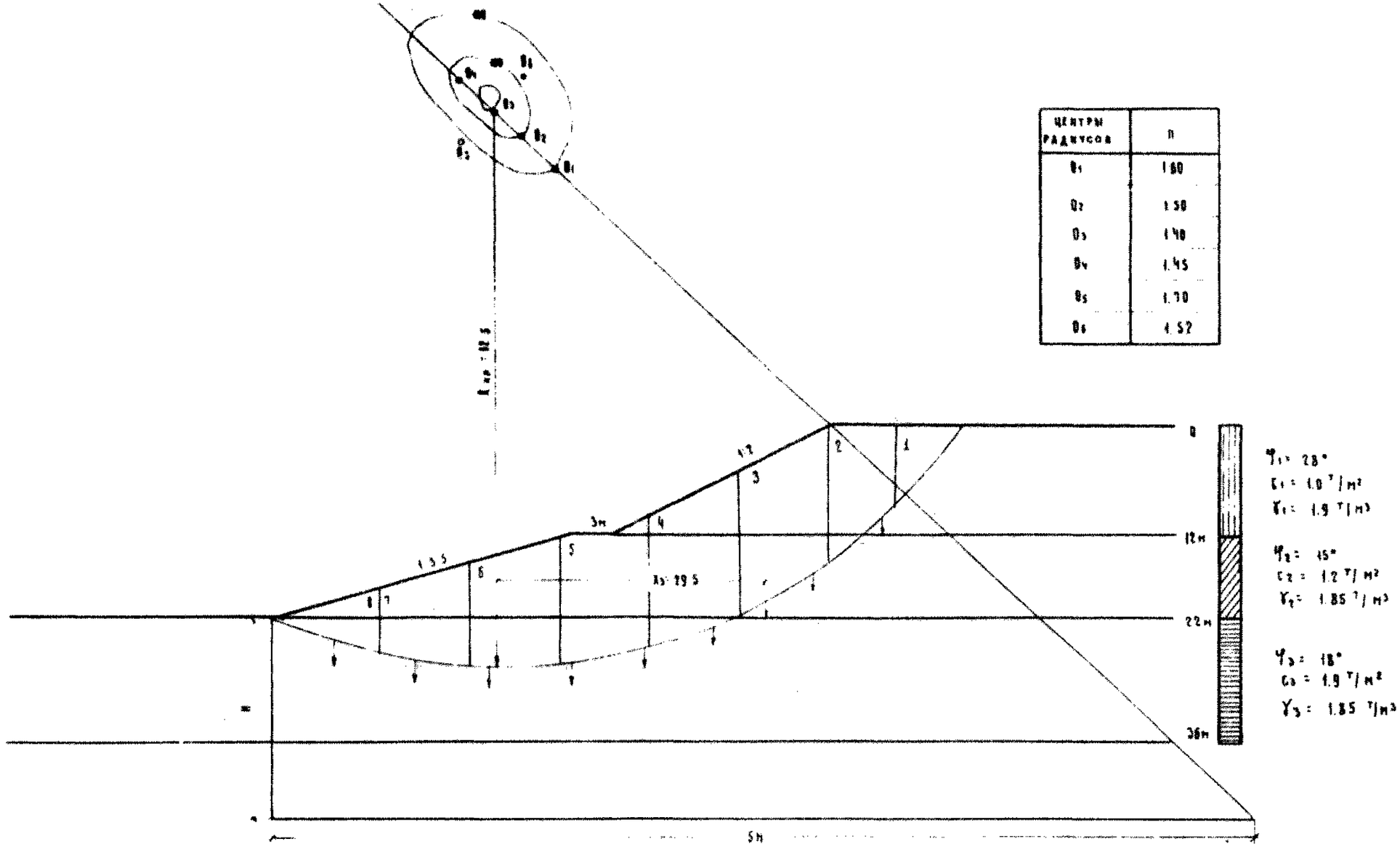


Рис. 10 К ориентировочному определению угла устойчивого откоса



ЦЕНТРЫ РАДИУСОВ	n
O_1	1.60
O_2	1.50
O_3	1.40
O_4	1.45
O_5	1.70
O_6	1.52

Рис. 11

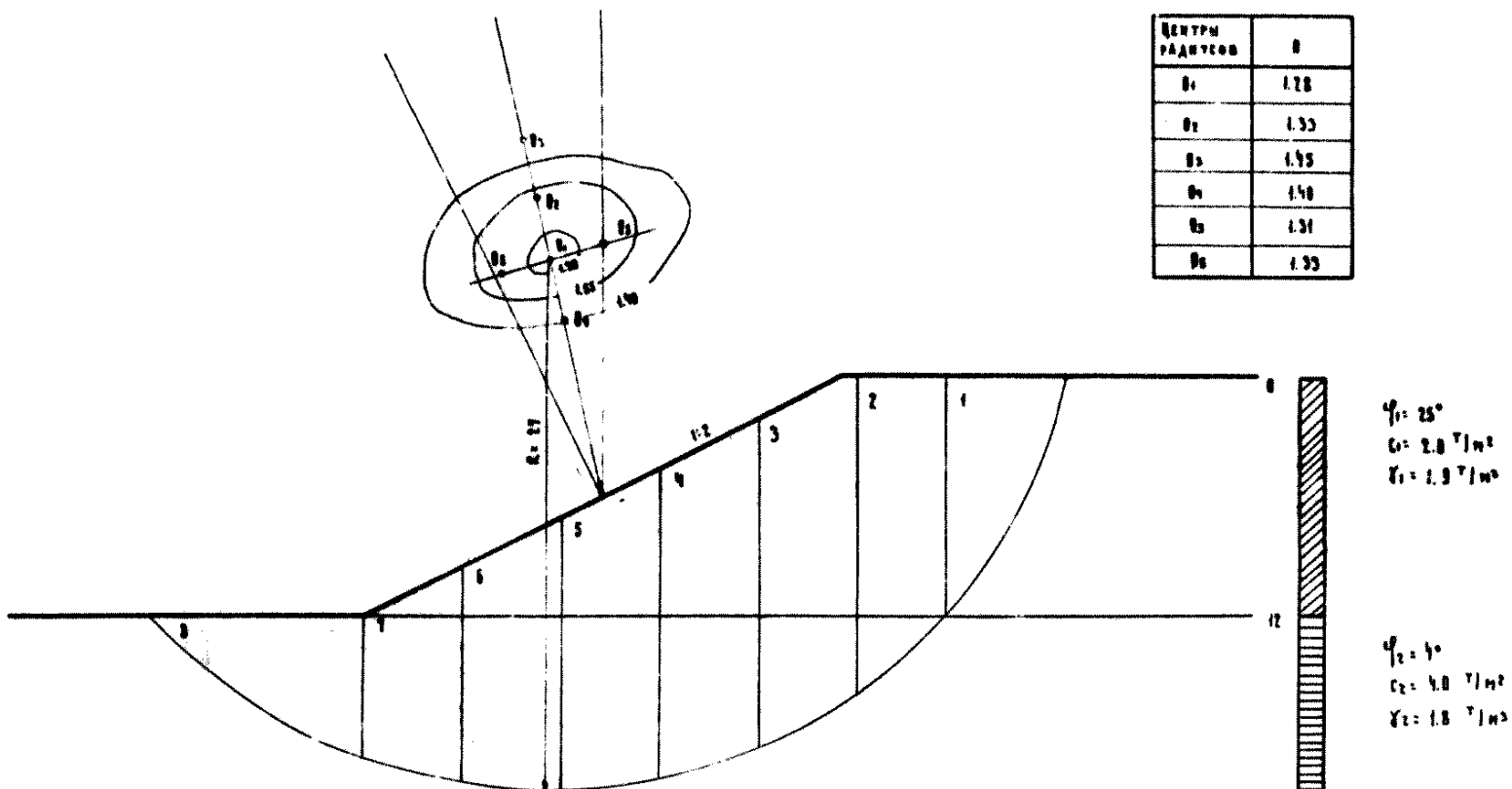
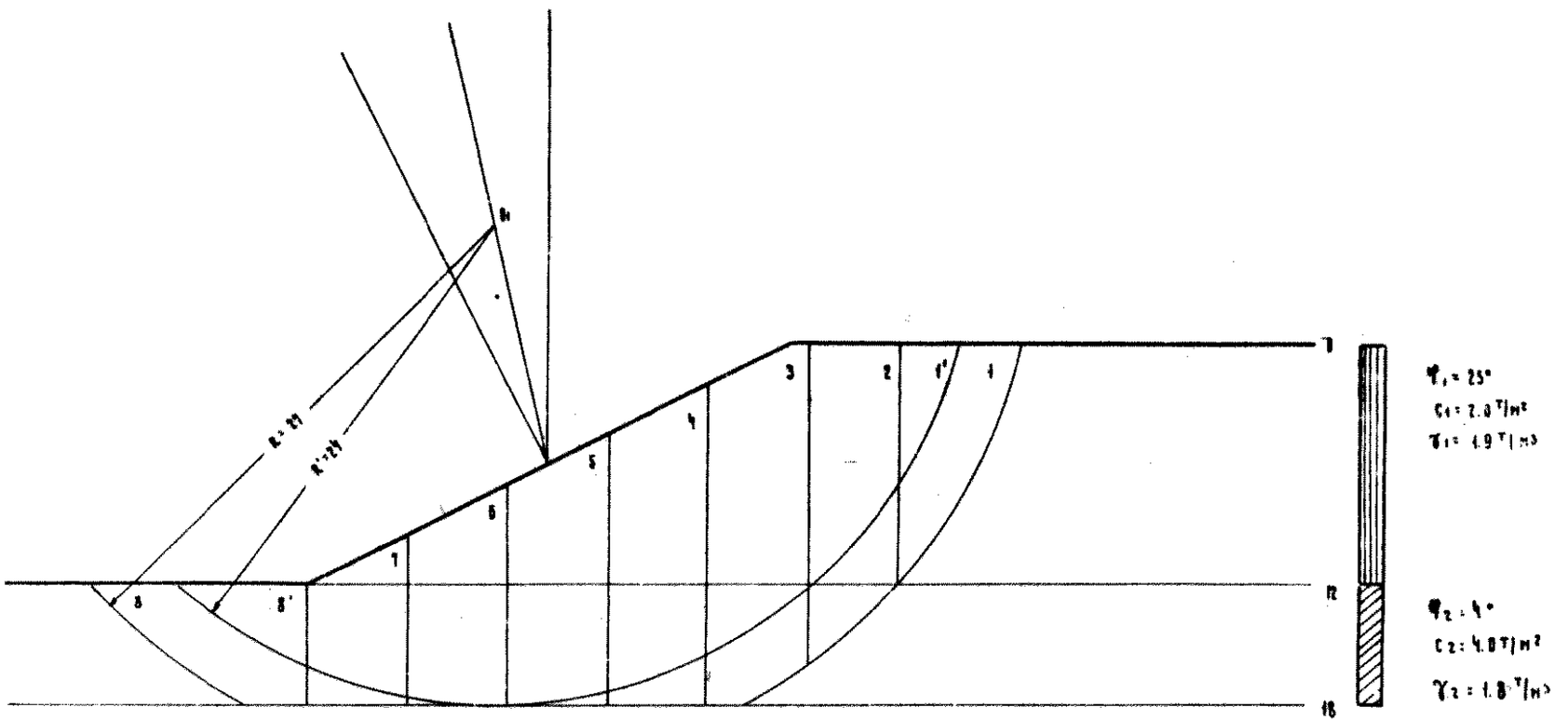

Центры радиусов
R
1.28
1.33
1.35
1.40
1.31
1.33
1:2
1
2
3
4
5
6
7
8
12
22
φ1 = 25°
C1 = 2.8 т/м²
γ1 = 1.9 т/м³
φ2 = 4°
C2 = 4.8 т/м²
γ2 = 1.8 т/м³

Рис 12



R = 24
R' = 24
8
8'
7
6
5
4
3
2
1'
1
7
12
18
φ1 = 25°
c1 = 2.0 T/m²
γ1 = 1.9 T/m³
φ2 = 4°
c2 = 4.0 T/m²
γ2 = 1.8 T/m³

Рис. 13

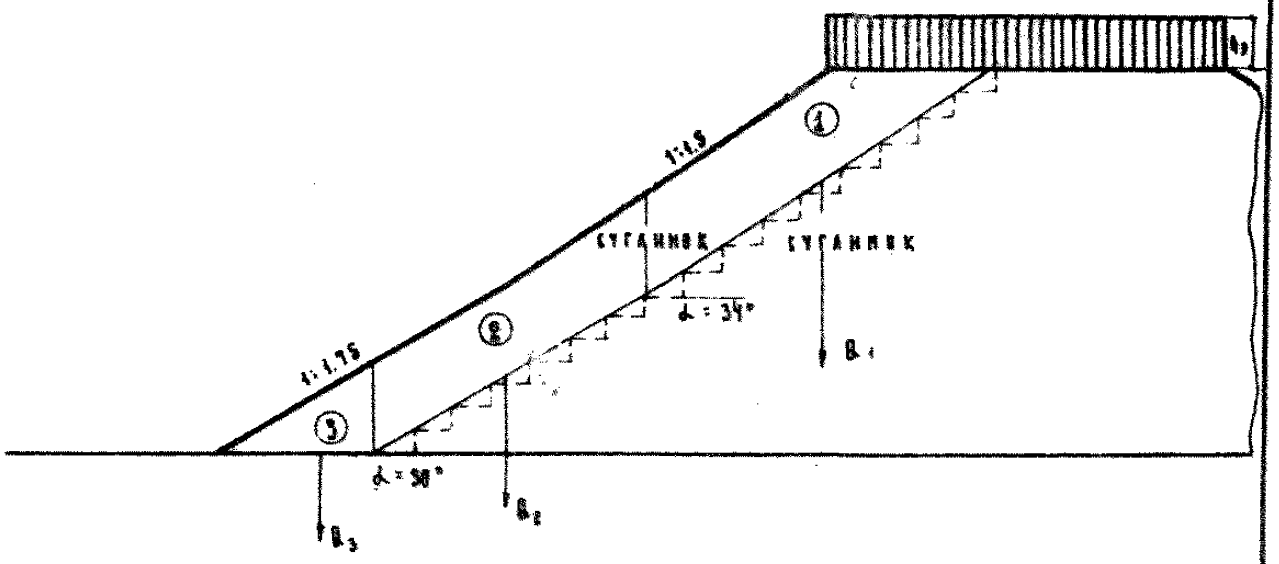

1:1,5
1:1,75
СУГЛИНОК
СУГЛИНОК
φ = 34°
φ = 38°

РИС. 14

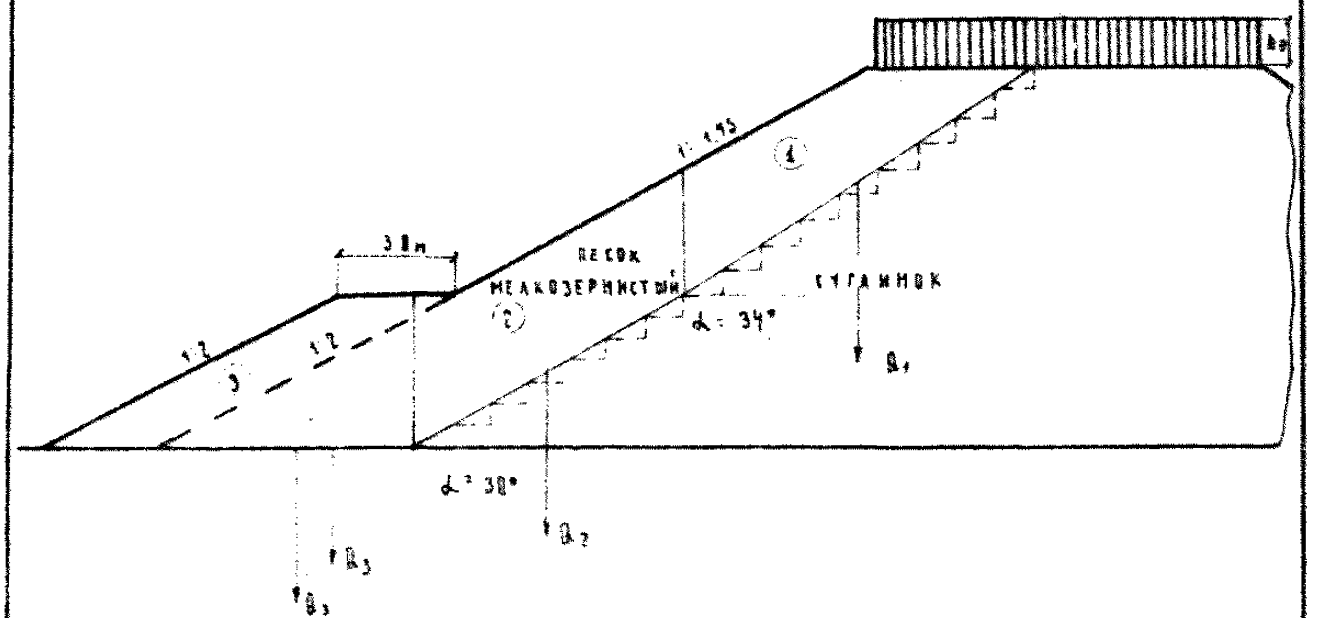
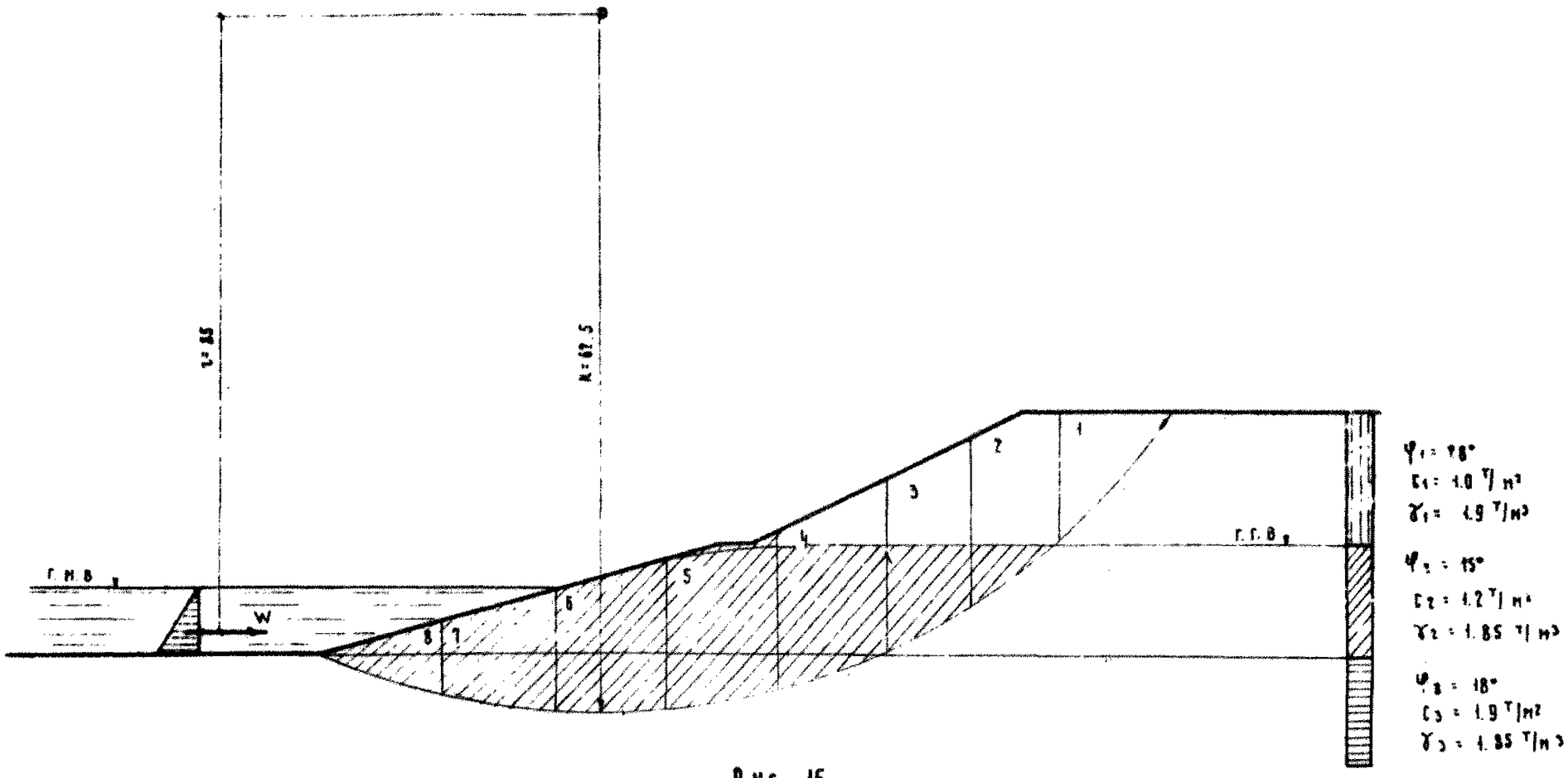

1:1
1:1
3 м
ПЕСОК
МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ
СУГЛИНОК
φ = 34°
φ = 38°

РИС. 15



Г.Н.В
W
Г.Г.В
1
2
3
4
5
6
7
8
$\varphi_1 = 28°$
$c_1 = 1.0$ т/м²
$\gamma_1 = 1.9$ т/м³
$\varphi_2 = 15°$
$c_2 = 1.2$ т/м²
$\gamma_2 = 1.85$ т/м³
$\varphi_3 = 18°$
$c_3 = 1.9$ т/м²
$\gamma_3 = 1.85$ т/м³

Рис. 16

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение № I

Определение очертания устойчивого откоса по приближенному графику ВОДГЕО

Исходные данные

Заданная высота откоса – 22 м

По высоте откоса выявлены два слоя с различными геотехническими свойствами /рис.I0/:

I слой / h_1 / – супесь. Объемный вес γ =I,9 т/м3
0-I2м угол внутреннего трения φ= 28°
сцепление C_I= I,0т/м2

II слой / h_2 / – суглинок. Объемный вес γ=I,85т/м3
I2-22м угол внутреннего трения φ =I5°
сцепление C_2=I,2 т/м2

Р Е Ш Е Н И Е:

Ориентировочное очертание равноустойчивого откоса может быть найдено по графику ВОДГЕО /рис.I/.

I. Определяется среднее по всему откосу значение расчетных характеристик грунта

$$tg\varphi_{cp}=\frac{tg\varphi_1 h_1 + tg\varphi_2 h_2}{h_1+h_2}=\frac{28xI2+I5xI0}{I2+I0}=0,4I$$

$$C_{cp}=\frac{C_I h_I + C_2 h_2}{h\,I + h\,2}=\frac{IxI2+I,2xI0}{I2+I0}=I,I \text{ т/м2}$$

$$\gamma_{cp}=\frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2}{h_1+h_2}=I,88 \text{ т/м3}$$

2. Находятся величины $tg\varphi_p=\frac{tg\varphi_{cp}}{n}=\frac{0,4I}{I,3}=0,32$,

что соответствует φ =I8°; $\frac{C}{\gamma h}=\frac{0,85}{I,88xx22}=0,02I$;

$$C_p=\frac{C_{cp}}{n}=\frac{1.1}{1.3}=0.85$$

3. По графику на рис.I находится средний угол устойчивого откоса, равный в данном случае 28°.

Приложение № 2

Расчет устойчивости откоса по круглоцилиндрической поверхности скольжения

Исходные данные

Грунты и высота откоса те же, что и в примере I.

Грунты основания: $\varphi_p = 18^0$

$\gamma = 1{,}85$ т/м3

$C_p = 1{,}9$ т/м2

Конструктивное очертание откоса принято в соответствии с результатами предварительного расчета /см.приложение № I/.

Р Е Ш Е Н И Е:

Так как сопротивление сдвигу грунта основания несколько выше, чем грунтов откоса, но крутизна откоса не превышает 30^0 /случай, показанный на рис.4-б/, критическая дуга скольжения проходит через подошву насыпи.

Расчетная таблица

для дуги с центром в точке O_3

Табл.2

Отсеки	$\sin\delta=\frac{l}{R}$ $l=62{,}5$м	δ_0	$\cos\delta$	Ω м²	$Q=\Omega\gamma$ т/м	$N=Q\cos\delta$ т/м	$T=Q\sin\delta$ т/м	lc т/м
I	0,72	46	0,70	65	I24	86	89	I6xI,0
2	0,60	37	0,80	II8	2I2	I69	I27	I9xI,2
3	0,47	28	0,88	I24	23I	204	I08	
4	0,38	22	0,93	I50	279	270	I06	
5	0,I6	$9^0 30'$	0,99	I36	25I	248	4I	
6	0	0	I	I25	23I	23I	-	53xI,9
7	-0,I5	$8^0 30'$	0,99	90	I66	I64	-25	
8	-0,29	I7	0,96	86	66	63	-I9	
							427	

$$n = \frac{\Sigma N \operatorname{tg}\varphi + \Sigma l c}{\Sigma T} =$$

$$= \frac{86,0 \times 580 + 378 \times 0,268 + 976 \times 0,324 + 116 + 23 + 101}{427} =$$

$$= \frac{46 + 100 + 816 + 140}{427} = \frac{602}{427} = 1,41$$

Центр критической дуги скольжения найден по указаниям п.35 а/ /рис.5/ путем последовательного приближения. В данном случае наименьший коэффициент запаса устойчивости будет для дуги с центром 0_8 /рис.11/.

Ход расчета устойчивости по дуге скольжения с центром 0_8 приведен в табл.2.

Откосный клин, ограниченный дугой, разбит на 8 отсеков. Для каждого отсека определяется угол δ между вертикальной и нормальной составляющими, проведенными из проекции центра тяжести отсека на кривую скольжения. При этом:

$$\sin\delta = \frac{x}{R}$$

Составляющие силы N и T определяются по формулам /4/, коэффициент запаса устойчивости по формуле /8/.

Наименьший коэффициент запаса устойчивости для данного очертания откоса равен 1,4, что удовлетворяет требованиям таблицы 1.

Приложение 8

Расчет устойчивости откоса насыпи на слабом основании

Исходные данные:

Заданная высота откоса 12м

Насыпь имеет однородный откос с заложением 1:2.

Грунт насыпи - супесь. Объемный вес γ =1,9 т/м3
угол внутрен.трения φ =25°
сцепление C_p =2 т/м2

Грунт основания - слабая водонасыщенная глина
Объемный вес γ = 1,8 т/м3
угол внутрен.трения φ = 4°
сцепление C_p = 4 т/м2

Р Е Ш Е Н И Е:

А. Слой слабого грунта в основании имеет неограниченную мощность.

Так как в основании залегает грунт, обладающий значительно меньшим сопротивлением сдвигу, чем грунт насыпи, разрушение произойдет по схеме рис.4-в.

В соответствии с указаниями п.35-б находится центр и очертание критической дуги скольжения, при которой коэффициент запаса устойчивости будет наименьшим.

Для дуги с центром O_1 /критической дуги/ приведена расчетная таблица - табл.8.

На рис.12 показано положение критической дуги. При расчете необходимо учитывать, что коэффициент устойчивости зависит не только от центра дуги скольжения, но и от ее радиуса. На первом этапе расчета условно считается, что дуга выходит на поверхность в определенной точке, отстоящей на 0,5H от подошвы откоса. После нахождения центра критической дуги методом последовательного приближения определяется радиус, для которого коэффициент запаса устойчивости будет наименьшим.

Расчет устойчивости откоса на слабом основании

Дуга $R = 27$м с центром O_1

Таблица 8

Отсеки	$\sin=\frac{x}{R}$ $R=27$	δ	$\cos\delta$	Ω м²	$Q=\Omega\gamma$	$N=Q\cos\delta$	$T=Q\sin\delta$	ℓc
I	0,88	56	0,56	4I	78	44	65	I4x2
2	0,68	43	0,73	63	II9	87	8I	45,5x4
3	0,49	29	0,87	83	I56	I36	76	
4	0,305	I8	0,95	83	I54	I46	47	
5	0,I2	7	0,99	75	I38	I37	I7	
6	+0,06	3,5	I	64	II7	II7	-7	
7	+0,25	I4,5	0,97	47	85	83	-2I	
8	+0,475	28	0,88	43	77	68	-37	
						$\Sigma N=44+774$	22I	

$$n=\frac{N\operatorname{tg}25^\circ+\Sigma N\operatorname{tg}4^\circ+\ell c_p}{\Sigma T}=$$

$$=\frac{44x0,466+774x0,07+28+I82}{22I}=\frac{20+54+2I0}{22I}=\frac{284}{22I}=$$

$$=I,28$$

Б. На глубине 6м от подошвы откоса залегает слой скалы /плотного коренного грунта/.

При этом условии критическая дуга либо проходит касаясь кровли плотного слоя, либо будет составной - часть дуги заменяется прямой, как показано на рис.I8.

При касательной дуге скольжения /табл.4/ $n_{min}=I,44$;

При составной дуге скольжения /радиус дуги равен критическому радиусу, полученному при расчете в примере 3-а/ /табл.3,5/.

$$n_{min}=I,48$$

Очевидно, что близколежащий плотный слой повышает устойчивость основания. Наличие плотного слоя облегчает расчет, так как дает дополнительную точку, фиксирующую радиус и положение критической дуги скольжения.

Расчет устойчивости откоса на слабом основании по касательной дуге скольжения

Таблица 4

Отсеки	$\sin\delta=\frac{x}{R}$ $R=24$	δ	$\cos\delta$	Ω м²	$Q=\Omega\gamma$	$N=Q\cos\delta$	$T=Q\sin\delta$	$lc\ \frac{T}{M}$
I	0,88	62	0,47	I0	I9	9	I7	I5x2,0
2	0,75	48	0,67	48	82	55	6I	37,5x4,0
3	0,55	33	0,84	65	I22	I02	67	
4	0,34	20	0,94	66	I23	II6	42	
5	0,I8	7	0,99	59	I09	I08	I4	
6	-0,07	4	I	47	86	86	-6	
7	-0,27	I6	0,96	80	55	58	-I5	
8	-0,48	29	0,88	I4	25	22	-I2	
							I68	

$$n=\frac{\sum N\operatorname{tg}\varphi+\sum lc}{\sum T}=\frac{/9+55/x0,466+477x0,07+80+I50}{I68}=$$

$$=\frac{80+33+I80}{I68}=\frac{248}{I68}=I,44$$

Таблица 5

Отсеки	δ	Ω	$Q=\Omega\gamma$	$N=Q\cos\delta$	$T=Q\sin\delta$	lc
I	56	4I	78	44	65	I4x2
2	48	63	II9	87	8I	42x4
3	29	83	I56	I36	76	
4	0	74	I38	I38	0	

Отсе-ки	δ	Ω	$Q=\Omega\gamma$	$N=Q\cos\delta$	$T=Q\sin\delta$	ℓc
5	0	60	II2	II2	0	
6	0	50	92	92	0	
7	0	36	66	66	0	
8	28	38	68	60	-32	
					I90	

$$n=\frac{N\,tg\,25^\circ+\Sigma N\cdot tg\,4^\circ+\Sigma c}{\Sigma T}=$$

$$=\frac{44\times0,466+69I\times0,07+I4\times2+42\times4}{I90}=\frac{20+56+28+I68}{I90}=$$

$$=\frac{272}{I90}=I,43$$

Приложение 4

Требуется определить устойчивость косогорной насыпи из камня на сдвиг по основанию.

Исходные данные: ширина насыпи поверху 5,60м, крутизна откосов I:I; поперечный уклон основания насыпи α -25°; коэффициент внутреннего трения: делювия, представленного суглинком со щебнем $f_д$ = 0,80, элювия, представленного щебнем $f_э$ = 0,70, сцепление в делювии c=0,80 т/м2, и в элювии c=0; мощность делювия - 2,0м, мощность элювия - 8м; ниже залегают коренные породы - гнейсы; коэффициент трения каменной кладки по делювию - 0,80, по элювию - 0,60; грунты основания сухие, район несейсмичный.

Расчетная схема, построенная по указанным выше исходным данным, приведена на рис.8а.

Определяем коэффициент устойчивости насыпи в предположении нарезки уступов в слое делювия, при $f_д$=0,8;

$\gamma_н$ = 2,I α = 25°, c=0,8, по формуле:

$$n = \frac{f_д \cdot Q\cos\alpha \cdot cl}{Q\sin\alpha} =$$

$$= \frac{0,8 \times 168,42 \times 0,906 + 0,8 \times 20,8}{168,42 \times 0,423} = 0,78$$

Коэффициент устойчивости насыпи оказался меньше допустимого, а поэтому производим расчет устойчивости насыпи в предположении нарезки уступов в элювии в пределах проекции низового откоса насыпи, как показано на расчетной схеме /рис.8/, при $f_э$ =0,6, $f_д$ =0,8, C = 0,8 и α = 25°.

Остальную часть насыпи оставляем врезанной в делювии. Расчет производим по формуле:

$$n = \frac{f_э \cdot Q_1\cos\alpha + f_д Q_2\cos\alpha + cl}{Q_1\sin\alpha + Q_2\sin\alpha}$$

Подставляя в нее соответствующие значения получаем:

$$n = \frac{0,6 \times 154,56 \times 0,906 + 0,8 \times 85,26 \times 0,906 + 0,8 \times 8,2}{154,56 \times 0,428 + 85,26 \times 0,428} = 1,08,$$

что также не удовлетворяет требованиям устойчивости насыпи, в связи с чем предусматриваем нарезку уступов в элювиальном слое на всю ширину основания насыпи /рис.8б/. Подставляя соответствующие значения в формулу, устанавливаем, что

$$n = \frac{f_2 \cdot Q \cos\alpha}{Q \sin\alpha} = \frac{0,6 \times 286,2 \times 0,906}{286,2 \times 0,423} = 1,28$$

Таким образом, для обеспечения устойчивости косогорной насыпи на сдвиг по основанию, уступы должны быть нарезаны в элювии с предварительным полным удалением делювия на всю ширину основания насыпи.

Приложение 5

I. Требуется определить устойчивость расширяемой насыпи при возведении земляного полотна на суглинка.

Исходные данные. Высота существующей насыпи H=I0м. Крутизна откосов в верхней части на высоту 6м I:I,5 /α =34°/; ниже I:I,75 / α =30°/.

Грунт тела насыпи суглинок. Угол внутреннего трения суглинка φ =24°, $tg\varphi$ =0,445. Сцепление c=I,0 т/м2. Объемный вес γ =2,0 т/м3. В основании насыпи те же суглинки. Основание насыпи горизонтально.

Расширение проектируется из суглинистых грунтов, получаемых из резерва.

Расчетное сечение расширения насыпи принято с крутизной откоса в верхней части на высоту 6,0м - I:I,5, ниже I:I,75.

Производим расчет устойчивости расширенной части, предполагая, что сдвиг произойдет по поверхности откоса существующей насыпи по гребням уступов.

Разбиваем массив, расположенный над поверхностью скольжения, на отсеки, как показано на схеме /рис.I4/.

Подсчитываем площади отсеков.

Полученные значения приведены в таблице, по которой определяем сдвигающие и удерживающие силы.

Табл.6

№№ отсеков	Площадь Ω в м2	Объемный вес γ т/м3	Вес Q т	α	Sin α	Cos α	N=QCosα	T=QSinα	ℓC
I	32,6	2,0	65,2	34°	0,559	0,829	54,05	36,45	
2	I7,5	"	35,0	30°	0,500	0,866	30,3	I7,5	23,0
3	4,6	"	9,2	0	-	I	9,2	-	
							ΣN 93,55	Σ53,95	

Определяем коэффициент устойчивости по формуле:

$$n=\frac{\Sigma N tg\varphi + cl}{\Sigma T} = \frac{93,55x0,445+I,0x28,0}{58,95} = \frac{64,68}{58,95} = I,20$$

Таким образом, принятое сечение пристройки насыпи удовлетворяет требованиям при расчете устойчивости по плоскости скольжения принятой расчетной схемы. Остается произвести проверку устойчивости откоса всей насыпи вместе с пристраиваемой частью общепринятым способом по круглоцилиндрическим кривым.

II. Требуется определить устойчивость расширяемой насыпи при возведении земляного полотна из местного мелкозернистого песка

Исходные данные: существующая насыпь высотой H=I0м. Крутизна откосов в верхней части на высоту 6м - I:I,5. / α =84°/, ниже I:I,75 / α =80°/.

Грунт тела насыпи суглинок пылеватый. Угол внутреннего трения суглинка φ =24°, $tg\varphi$ = 0,445. Сцепление - C=0,5 т/м2. Объемный вес γ -2,0 т/м3. В основании насыпи суглинки тяжелые с углом внутреннего трения /под водой/ φ =24°, $tg\varphi$ = 0,445. Сцепление C=I,I т/м2. Основание насыпи горизонтально.

Расширенная часть возводится из мелкозернистого песка ближайшего карьера с углом внутреннего трения - φ =80°80'; $tg\varphi$=0,589. Объемный вес γ = I,8 т/м3.

Производим расчет устойчивости расширения насыпи, предполагая, что поверхность скольжения пройдет по гребням уступов в мелкозернистом песке.

Расчетное сечение расширения насыпи, в соответствии с физико-механическими свойствами грунта, принимаем с крутизной откосов в верхней части на высоту 6м - I:I,75; ниже - I:2.

Разбиваем массив, отсеченный поверхностью скольжения, на отсеки, как показано на схеме /рис.I5/. Подсчитываем площади отсеков.

Полученные значения вписываем в нижеследующую таблицу, по которой ведется дальнейший расчет:

Табл.7

№ отсеков	Площадь в м² Ω	Объемный вес γ т/м³	Вес Q т	α	Sin α	Cos α	N = Qcos α	T = Qsin α
1	34,8	I,8	62,6	84°	0,559	0,829	5I,90	35,00
2	22,4	"	40,3	30°	0,500	0,866	84,90	20,I5
3	I0,2	"	I8,4	0°	0	I	I8,4	-
								ΣT = 55,I5

Определяем коэффициент устойчивости по формуле:

$$n = \frac{\Sigma f N}{\Sigma T} = \frac{(5I,9+84,9)x0,589+I8,4x0,445}{55,I5} = I,07$$

Полученный коэффициент устойчивости менее допускаемого. Поэтому намечаем устройство бермы шириной поверху 3,0м, высотой 4,0м. Крутизна откоса бермы I:2.
Разбиваем массив на отсеки и подсчитываем площади отсеков. Затем, как и в предыдущем случае, по таблице подсчитываем сумму сдвигающих и удерживающих сил:

Табл.8

№ отсеков	Площадь Ω в м²	Объемный вес γ т/м³	Вес Qm	α	Sin α	Cos α	N= Qcos α	T = Qsin α
I	38,4	I,8	62,6	34°	0,559	0,829	5I,90	34,99
2	23,0	"	4I,4	30°	0,500	0,866	35,85	20,70
3	22,0	"	39,6	0	0	I	39,60	-
								∑ T = 55,69

Коэффициент устойчивости в этом случае будет равен

$$n = \frac{/(51,9+85,85)x0,589+39,6x0,445/}{55,69} = 1,24 > 1,20$$

Проверяем аналогичным способом устойчивость принятого сечения насыпи в предположении возможного сдвига в грунте существующей насыпи со срезом уступов.

Табл.9

№№ отсеков	Площадь Ω в м2	Объемный вес γ т/м3	Вес Q т	α	Sinα	Cosα	N=QCosα	T=QSinα	ΣC
I	40,0	1,8	72	34°	0,559	0,829	59,69	40,25	
2	26,6	"	47,9	30°	0,500	0,866	41,48	23,95	18,5x x0,5
3	26,0	"	46,8	0	0	1	46,80	-	
							ΣT = 64,20		

Коэффициент устойчивости в этом случае устанавливаем с учетом сил сцепления:

$$n = \frac{\Sigma fN + C\Sigma}{\Sigma T} =$$

$$= \frac{/59,69+41,48/x0,589+46,8x0,445+18,5x0,5}{64,2} = 1,4$$

Таким образом, принятое сечение расширяемой насыпи удовлетворяет требованиям устойчивости на сдвиг по поверхности откоса существующей дороги.

Приложение № 6

Расчет устойчивости откоса с учетом гидродинамических сил

Исходные данные

Для откоса, устойчивость которого рассчитана в приложениях I-2, установлено, что постоянный горизонт грунтовых вод находится на глубине I2м. Характер кривой депрессии показан на рис.I6. Расчетные геотехнические свойства грунтов те же, что и в приложении 2.

Решение:

В дополнение к расчету, проведенному в примере 2 определяется сумма сил взвешивания - В и фильтрационных сил - Ф. /ч.IУ, п.88/

$$B + \Phi = \frac{\Omega\gamma_в \cdot \Delta}{\cos\delta}$$

Площади частей отсеков, находящихся ниже уровня грунтовых вод - Ω в /заштрихованная площадь/ подсчитаны в табл.I0. Величины $\cos\delta$ взяты из табл.4. В размерности т/м³ - объемный вес воды равен единице.

Коэффициент запаса устойчивости, подсчитанный по уравн.3-а приблизительно равен единице. /Коэффициент запаса устойчивости для этого же откоса без учета гидродинамических сил равен I,4/.

В случае ,если часть откоса постоянно затоплена водой, как это показано на рис.I6, необходимо учитывать противодавление водного слоя на откос.

В данном примере расчетный горизонт меженных вод на 8м выше подошвы насыпи.

Сила противодавления /см. ч.IУ, п.88/

$$W = \frac{\Delta h \cdot b^2}{2} = \frac{I,8^2}{2} = 82 \text{ т/м}$$

Плечо силы W , равное расстоянию от центра расчетной дуги скольжения до центра тяжести треугольника

гидростатического давления, в данном примере r_v =55м.

Расчетный радиус R = 62,5 м.

В соответствии с уравнением /7/

$$n_1 = n_1 + \frac{W \frac{r_v}{R}}{\Sigma T} = I + \frac{82,09}{427} = I,I$$

В данном примере для наглядности расчеты проведены для критической дуги скольжения, полученной в примере 2. В практических расчетах следует производить нахождение центра критической дуги с учетом гидродинамических сил, определяя коэффициент запаса устойчивости по формулам /8а/ или /7/.

Таблица I0

Расчетная таблица

Отсеки	Ω в м2	$\cos\delta$	$B+\Phi = \frac{\Omega_i \Delta}{\cos\delta}$	
I	-	0,70	-	
2	22	0,80	27)	98
3	58	0,88	66)	
4	II2	0,98	I20)	
5	I27	0,99	I26)	
6	I20	I	I20)	489
7	90	0,99	89)	
8	86	0,96	84)	

$$n_1 = \frac{86,0 \times 580 + /873-98/ \times 0,268 + /976-489/ \times 0,824 + I40}{427} =$$

$$= \frac{46+75+I58+I40}{427} = \frac{420}{427} = I$$

Приложение № 7

Проверка устойчивости основания на выдавливание

По исходным данным примера /приложение 3а/, где в основании насыпи находятся переувлажненные глины, проводится расчет основания на выдавливание по формуле /9/.

$$P_{без} = \frac{2\gamma\,/B\,tg\varphi_p + \frac{C_p}{\gamma \cdot tg\varphi}/}{0.64\,Ctg\,\varphi_p + \frac{\varphi_p}{90} - 1} = \frac{2 \times 1.8\,/60\,tg4^\circ + \frac{4}{1.8 \times tg4^\circ}/}{0.64\,Ctg\,4^\circ + \frac{4}{90} - 1}$$

$$= \frac{3,6\text{х}/4,2+3I,8/}{9,I+0,04-I} = \frac{I29}{8,I} = I6 \text{ т/м2}$$

$$P_{факт} = I2 \text{х} 2 = 24 \text{ т/м2}$$

$$P_{без} < P_{факт}.$$

При данной конструкции насыпи /рис.I6/ основание неустойчиво, несмотря на то, что проверка на выпор по круглоцилиндрической поверхности скольжения дала удовлетворительные результаты. Для обеспечения устойчивости необходимо развитие основания за счет уполаживания откосов или устройства пригрузочных берм.

Приложение № 8

Расчет осадки насыпи за счет уплотнения основания

Исходные данные

Высота насыпи - 22 м

Объемный вес грунта насыпи после уплотнения $\gamma = 1{,}95$

В основании насыпи три слоя:

I-слой - 0-8м; объемный вес $\gamma_1 = 1{,}85$ т/м3

II слой - 8-14м; объемный вес $\gamma_2 = 1{,}82$ т/м3

удельный вес $\Delta_2 = 2{,}60$ т/м3

III слой - 14-30м; объемный вес $\gamma_3 = 1{,}94$ т/м3

удельный вес $\Delta_3 = 2{,}66$ т/м3

Второй и третий слой залегают ниже уровня грунтовых вод. Объемный вес грунта, облегченного весом вытесненного им объема воды будет равен:

для второго слоя: $\gamma_в'' = \frac{\Delta_2 - 1}{1 + \varepsilon''} = \frac{2{,}60-1}{1+0{,}91} = 0{,}84$ т/м3

для третьего слоя: $\gamma_в''' = \frac{2{,}66-1}{1+0{,}64} = 0{,}91$ т/м3

Для грунтов основания проведены компрессионные испытания, результаты которых обобщены в следующей расчетной таблице:

Таблица II

Слой грунта основания	Значения ε при нагрузках P кг/см2							
	0	I	2	3	4	5	6	7
I	0,72	0,66	0,62	0,58	0,56	0,55	0,64	0,54
II	0,77	0,73	0,57	0,52	0,49	0,47	0,46	0,46
III	0,54	0,51	0,49	0,47	0,45	0,44	0,44	0,44

Р Е Ш Е Н И Е

а/ Определяется давление на подошву насыпи в осевом сечении /ф-ла II/:

$$P_p = \gamma_н \cdot H_н = 1{,}95 \times 22 = 48 \text{ т/м}^2$$

б/ определяется бытовое давление, среднее для каждого расчетного слоя /ф-ла II-а/:

$$P_{бz} = z \cdot \gamma_{ср}$$

для точки на глубине $z = 4$м; $P_б = 4 \times 1{,}85 = 7{,}4$ т/м2

для точки на глубине $z = 11$м

$P_б = 8 \times 1{,}85 + 8 \times 0{,}84 = 14{,}8 + 2{,}5 = 17{,}3$ т/м2

для точки на глубине $z = 22$ м

$P_б = 8 \times 1{,}85 + 6 \times 0{,}84 + 8 \times 0{,}91 = 14{,}8 + 5{,}0 + 7{,}3 = 27{,}1$ т/м2

в/ деформация уплотнения каждого расчетного слоя определяется по формуле /12/

$$S_i = h_i \frac{\varepsilon_б - \varepsilon_{(б+р)}}{\varepsilon_б + 1}$$

Значения $\varepsilon_б$ и $\varepsilon_{б+р}$ получаются из табл.II по интерполяции.

Деформация первого слоя:

$$S_1 = 8 \frac{\varepsilon'_{0.74} - \varepsilon'_{5.0}}{\varepsilon'_{0.74} + 1} = 8 \frac{0{,}67 - 0{,}55}{0{,}67 + 1} = 57 \text{см}$$

$$S_2 = 6 \frac{\varepsilon''_{1.78} - \varepsilon''_{6.0}}{\varepsilon''_{0.74} + 1} = 6 \frac{0{,}58 - 0{,}46}{0{,}58 + 1} = 45 \text{ см}$$

$$S_3 = 8 \frac{\varepsilon''_{2.71} - \varepsilon''_{7.0}}{\varepsilon''_{2.71} + 1} = 8 \frac{0{,}47 - 0{,}45}{0{,}47 + 1} = 11 \text{ см}$$

Суммарная деформация сжатия основания:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = 57 + 45 + 11 = 113 \text{ см}$$

Приложение № 9

Определение длительности уплотнения слоев водонасыщенной глины в основании насыпи

В примере /приложение 8/ определена величина деформации основания за счет уплотнения от веса насыпи. По формуле /I4/ можно приближенно определить время, за которое произойдет эта деформация.

Первый и второй слой - глинистые грунты малой водопроницаемости, третий слой - песчаный грунт, консолидация которого происходит практически одновременно с загружением. Следовательно, длительность осадки основания будет определяться временем консолидации двух верхних слоев.

Коэффициент фильтрации

I слоя: $K = 8 \times 10^{-5}$ м/сутки

II слоя: $K = 2{,}5 \times 10^{-4}$ м/сутки

Средний по всему основанию:

$$K_{ср} = \frac{h}{\frac{h_1}{K_1} + \frac{h_2}{K_2}} = \frac{14}{\frac{8}{8 \times 10^{-5}} + \frac{6}{2{,}5 \times 10^{-4}}} =$$

$$= 1{,}13 \times 10^{-4} \text{ м/сут}$$

Коэффициент пористости в состоянии естественной плотности / ε_δ /:

I слой $\varepsilon_\delta = 0{,}67$ /см. пример 8/

II слой $\varepsilon_\delta = 0{,}58$

$$\varepsilon_{\delta ср} = \frac{h}{\frac{h_1}{1+\varepsilon_{\delta'}} + \frac{h_2}{1+\varepsilon_{\delta''}}} - 1 = \frac{14}{\frac{8}{1{,}67} + \frac{6}{1{,}58}} - 1 = 0{,}68$$

Усредненный коэффициент сжимаемости / a ср./:

Первый слой:

$$a'_{ср.} = \frac{\varepsilon_{p'} - \varepsilon'_{(p+\delta)}}{P} = \frac{0,67-0,55}{48} = 0,0028 \text{ м2/т}$$

второй слой:

$$a''_{ср.} = \frac{\varepsilon''_{\delta} - \varepsilon_{p+\delta}}{P} = \frac{0,58-0,046}{48} = 0,0028 \text{ м2/т}$$

Средний коэффициент сжимаемости основания определяется по формуле: $a_{ср} = \frac{\Sigma a_i h_i}{\Sigma h}$

$a_{ср.} = 0,0028$ м2/т

отсюда общий коэффициент консолидации:

$$C_к = K_{ср.} \frac{/\varepsilon_{ср} + 1/}{a_{ср}} = \frac{1,13 \times 10^{-4} \times 1,68}{2,8 \times 10^{-3}} = 0,066 \text{ м/сут}$$

Время стабилизации осадки основания

$$t = 0,71 \frac{h^2_p}{C_к} = 0,71 \frac{7^2}{0,072} = 483 \text{ суток}$$

Расчетная величина h_p принята равной половине общей мощности консолидирующихся слоев, т.к. вытеснение поровой воды при их уплотнении происходит как вверх к поверхности, так и вниз к водопроницаемому слою.

Приложение № IO

Справочные данные по геотехническим свойствам грунтов

Дорожная классификация грунтов

/по СНиП П-Д.5-62/

Виды грунтов	Разновидности грунтов	Число пластичности	Содержание песчаных частиц	
			размер частиц, мм	содержание, % от веса сухого грунта
Глины	Жирные	более 27	не нормируется	
	Пылеватые/полужирные/	I7-27	не нормируется	
	песчанистые	I7-27	2,0-0,05	более 40
Суглинки	Тяжелые пылеватые	I2-I7	2,0-0,05	менее 40
	Тяжелые	I2-I7	2,0-0,05	более 40
	Легкие пылеватые	7-I2	2,0-0,05	менее 40
	Легкие	7-I2	2,0-0,05	более 40
Супеси	Тяжелые пылеватые	I-7	2,0-0,05	менее 20
	Пылеватые	I-7	2,0-0,05	20-50
	Легкие	I-7	2,0-0,05	более 50
	Крупные	I-7	2,0-0,25	более 50
Пески	Пылеватые	менее I /не пластичные/	крупнее 0,I	менее 75
	Мелкие	менее I	крупнее 0,I	более 75
	Средние	менее I	крупнее 0,25	более 50
	Крупные	менее I	крупнее 0,50	более 50
	Гравелистые	менее I	крупнее 2,0	25-50

Основные физико-механические показатели грунтов и их взаимная связь

I. Характеристики состава

1. Гранулометрический состав.
2. Для засоленных грунтов – процентное содержание солей и состав солей.
3. Наличие органических примесей в %.

II. Характеристики природного состояния грунта

1. Объемный вес γ
2. Удельный вес Δ
3. Весовая влажность W
4. Предел пластичности и предел текучести W_p и W_t
5. Объемный вес скелета $\gamma_{ск} = \frac{\gamma}{1 + W}$
6. Коэффициент пористости $\varepsilon = \frac{\Delta - \gamma_{ск}}{\gamma_{ск}}$
7. Объемный вес грунта во взвешенном в воде состоянии $\delta_в = \frac{\Delta - 1}{1 + \varepsilon}$
8. Водопроницаемость /коэффициент фильтрации/ – К

III. Характеристики сжимаемости

1. Коэффициент сжимаемости $a = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{p - p_0}$
2. Изменение пористости /влажности/ в зависимости от нагрузки – компрессионная кривая $W = f\ /P/$
3. Коэффициент консолидации $C = 0{,}85 \frac{t}{R^2}$
4. Коэффициент стандартного уплотнения

IV. Сопротивление сдвигу

1. Угол внутреннего трения /в функции влажности/ – $\varphi = f(W)$
2. Сцепление /в функции влажности/ – $C = f(W)$
3. Полное сопротивление сдвигу – $F = \frac{C}{p} + tg\varphi$

Расчетные характеристики современных морских песчано-илистых образований /по Н.Н.Маслову/

Наименование грунта	Содержание частиц 0,005 мм	Влажность %	Объемный вес т/м3	Угол внутреннего трения		Сцепление С кг/м2	Модуль осадки %
				в статических условиях	в условиях гидродинамического воздействия		
Пески заиленные	3	20-25	I,98	26	I3	0	5
Ил песчаный:							
а/ легкий	3-6						
б/ тяжелый	6-I0	25	I,96	24	I2	0,02	7
Ил слабопесчанистый:							
а/ легкий	I0-I5	25	I,94	22	II	0,05	I0
б/ средний	I5-20	30	I,92	20	I0	0,07	I5
в/ тяжелый	20-30	35	I,90	I8	9	0,I0	20
Ил	30-60	40	I,80	I2	6	0,I0	40
Ил жирный	60	50	I,40	6	3	0,I5	60

Расчетные характеристики песчаных грунтов

/по Н.Н.Маслову/

Наименование песка	Объемный вес т/м3		Угол внутреннего трения		Коэффициент фильтрации К м/сутки при средней плотности
	средней плотности	плотный	средней плотности	плотный	
Тонкозернистый	I,92	2,0	26	30	0,4
Мелкозернистый	I,92	2,0	27	30	4
Среднезернистый	I,94	2,0	28	32	40
Разнозернистый	I,96	2,05	29	33	40
Крупнозернистый	I,98	2,05	29	33	400
С гравием и галькой	2,00	2,I0	30	35	400

Расчетные характеристики глинистых грунтов

/по Н.Н.Маслову/

Консистенция	Глина			Суглинок			Супесь		
	γ т/м^3	φ	C кг/см^2	γ т/м^3	φ	C кг/см^2	γ т/м^3	φ	C кг/см^2
Твердая	2,I5	22	I,0	2,I5	25	0,60	2,05	28	0,20
Полутвердая	2,I0	20	0,60	2,I0	23	0,40	2,00	26	0,I5
Тугопластичная	2,05	I8	0,40	2,00	2I	0,25	I,95	24	0,I0
Мягкопластичная	I,95	I4	0,20	I,90	I7	0,I5	I,90	20	0,05
Текучепластичная	I,90	8	0,I0	I,85	I3	0,I0	I,85	I8	0,02
Текучая	I,80	6	0,05	I,80	I0	0,05	I,80	I4	0

Значения коэффициентов трения каменной кладки по грунту

I. Для глин и скальных грунтов с омыливающейся поверхностью /глинистые известняки, сланцы и т.п./:

а/ во влажном состоянии	0,25
б/ то же, для сухих	0,30
2. Для суглинков и супесей	0,30
3. Для песков и супесей	0,40
4. Для гравийных и галечниковых грунтов	0,50
5. Для скальных грунтов /пород с неомыливающейся поверхностью/	0,60

Значение среднего уклона кривой депрессии в зависимости от рода грунта /по А.Н.Костякову/:

Наименование грунта	Средний уклон кривой депрессии
Крупнопесчаные грунты	0,003-0,006
Песчаные грунты	0,006-0,020
Супесчаные грунты	0,020-0,050
Суглинки	0,050-0,100
Глинистые грунты	0,100-0,150
Тяжелые глины	0,150-0,200

gost.e-ecolog.ru