

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ»
(ОАО «СОЮЗДОРНИИ»)**

«УТВЕРЖДАЮ»:

Директор по науке – первый
заместитель генерального директора
ОАО «СоюздорНИИ»



В.М. Юмашев

2009 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ

по защите скальных откосов от обвально-осыпных явлений
на автомобильных дорогах с использованием защитных
конструкций «ГЕО-БАРЬЕР»

Договор № 08-08-ЗР от 1 февраля 2008 г.

Заказчик: ООО «ГЕО-БАРЬЕР»

Заместитель директора по науке, к.т.н.

Р.А. Коган

И.О. Заведующего лабораторией земляного полотна,
геотехники и геосинтетике, к.т.н.

Ю.В. Пудов

Ответственный исполнитель, к.т.н.

Ю.В. Пудов

Москва, 2009 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Основные требования по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития склоновых процессов.	4
2. Расчёт устойчивости скальных откосов и склонов.	7
3. Определение расчётных скоростей движения обломков скального грунта по откосам и склонам.	14
4. Основные положения по расчёту противокампнепадных барьеров.	18
5. Основные положения по применению покровных защитных конструкций.	30
Приложение 1. Схема описания обвалов и осыпей.	33
Приложение 2. Схема описания трещиноватости обвальных скальных склонов (откосов).	34
Приложение 3. Расчёт устойчивости скальных откосов для расчётных схем В, Г, Ж, З, И, К.	35
Приложение 4. Оценка состояния скальных склонов (откосов).	37
Приложение 5. Определение расчётной крупности обломков скальных грунтов по их потенциальной блочности.	38
Приложение 6. Схема описания оползневых трещин.	39
Приложение 7. Перечень действующих нормативных и рекомендательных документов.	39
Приложение 8. Основные термины и определения.	42

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из весьма сложных задач при строительстве автомобильных и железных дорог в горных и оползневых районах является необходимость обеспечения длительной эксплуатационной надёжности не только транспортных сооружений, но и прилегающих к ним территорий, в том числе зданий и других строений, для которых скально-обвальные явления представляют реальную угрозу.

Существующий мировой опыт однозначно доказывает необходимость учёта всех аспектов при строительстве каких-либо сооружений. В процессе строительства обязательно следует учитывать и существующие нормативные требования по охране окружающей среды.

Настоящая работа направлена на обеспечение защиты автомобильных дорог и других инженерных сооружений от камнепадов, осыпей и селей.

Одним из технических решений является использование защитных ограждений, предложенных ООО «ГЕО–БАРЬЕР», отличающихся от других подобных известных конструкций возможностью выполнения работ в короткие сроки с обеспечением требуемой степени надёжности защиты сооружения.

Данные рекомендации разработаны в основном с учётом ранее изданного в ЦНИИС'е Руководства по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений (М., Минтрансстрой, 1984) и характеристик материалов ООО «ГЕО–БАРЬЕР».

Рекомендации разработаны к.т.н. Пудовым Ю.В. при участии ведущих научных сотрудников к.т.н. Гершмана Г.Б. и к.т.н. Фонарёва П.А., оформлены инженером-программистом Губановой В.Н.

1. Основные требования по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития склоновых процессов.

1.1. К наиболее распространённым опасным склоновым процессам следует относить оползни, обвалы, осыпи, представляющие собой смещение масс горных пород на склоне под действием собственного веса и различных иных воздействий (гидродинамического, вибрационного, сейсмического и др.).

Под оползнями понимается движение масс пород на склоне (скольжение, вязкопластическое течение), происходящее без потери контакта между смещающейся массой и подстилающим неподвижным массивом. Следует выделять оползни современные и древние (открытые, погребённые).

Под обвалами и осыпями понимается обрушение (опрокидывание, падение, смещение) масс горных пород на склоне (в виде крупных и мелких глыб) в результате их отрыва от коренного массива.

1.2. К оползнеопасным и обвалоопасным следует относить такие склоны, на которых происходят или ранее происходили оползневые и обвально-осыпные процессы.

К потенциально оползнеопасным, обвало- и осыпеопасным следует относить склоны, на которых возможно развитие указанных природных и (или) техногенных факторов.

1.3. При выполнении работ по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию защитных конструкций следует учитывать соответствующие требования, приведённые в «Руководстве по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. Проектирование противообвальных защитных сооружений» (Москва, 1984) и в нормативных документах, указанных в Приложении 7, а также:

- СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. (Часть 1 и часть 2).
- СНиП 11-02-96. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Основные положения.
- СНиП 22-02-01. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.
- СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.

1.4. Для оценки устойчивости склона инженерно-геологические изыскания следует проводить, как правило, на всей площади опасного или потенциально опасного склона и прилегающих к его верхней бровке и подошве зон (до предполагаемой границы устойчивой части склона). Границы обследуемой территории необходимо определять с учётом ожидаемого негативного техногенного воздействия (при освоении площадки проектируемого строительства и прилегающей территории) и развития оползне- и обвалообразующих процессов (эрозии, абразии, выветривания и др.).

1.5. При изысканиях на оползне- и обвалоопасных склонах необходимо устанавливать в соответствии с Приложением 4 типы и подтипы склоновых процессов по механизму смещения пород, условия их возникновения и характер проявления, а также выявлять взаимосвязь оползневых деформаций с рельефом, геологиче-

ским строением, воздействием подземных вод, геологическими и инженерно-геологическими процессами (эрозия, абразия, выветривание, подтопление, осушение и др.), а также с результатами хозяйственной деятельности (подрезка, пригрузка склонов, изменение уровня подземных вод, уничтожение древесной растительности, динамические нагрузки и т.п.).

1.6. Программа инженерно-геологических изысканий в районах развития склоновых процессов должна содержать дополнительно к требованиям СП 11-105-97 (часть 1):

- предварительные представления (или рабочую гипотезу) об инженерно-геологических характеристиках склона, его геологическом возрасте, генезисе и истории формирования, причинах возникновения опасных склоновых процессов, их типах, подтипах, масштабности и стадиях развития;
- сведения об известных в исследуемом районе проявлениях склоновых процессов и связанных с ними деформациях сооружений, повреждениях инженерных коммуникаций, нарушениях транспортных сетей;
- сведения о ранее выполненных мероприятиях по инженерной защите склона и состоянию имеющихся защитных сооружений.

1.7. Программа изысканий подлежит уточнению в процессе работ, в том числе после рекогносцировочного обследования и в случае изменения рабочей гипотезы по поводу условий образования оползней и обвалов.

1.8. При обследовании состояния скальных склонов (откосов) рекомендуется устанавливать следующие морфологические и морфометрические характеристики:

- высота, крутизна, форма поверхности склона;
- расчленённость массива пород на отдельные блоки, наличие следов прошлых вывалов в виде отдельных глыб и их скоплений;
- характер и ориентация поверхностей отчленения обвалов;
- наличие и типы осыпей, характер и угол наклона поверхности осыпи, состав и размеры обломочного материала;
- степень выветрелости пород склона (откоса), характер трещиноватости пород, среднее количество трещин на 1 пог.м, ширину и глубину их раскрытия, наличие, состав и состояние заполнителя трещин, направление и угол падения трещин;
- интенсивность обвалообразования и осыпания, объёмы оползневых осыпных и обвальных тел;
- состояние поверхности обломков;
- наличие древесной и кустарниковой растительности.

1.9. На стадии инженерных изысканий для разработки проектной документации следует уточнить по СП 11-105-97 существующие схемы описания обвалов и осыпей, а также схемы трещиноватости обвальных скальных откосов (см. Приложения 1 и 3), и оценить состояние скальных склонов (откосов) с определением расчётной крупности обломков скальных грунтов по их потенциальной блочности в соответствии с требованиями СНиП 22-02-01 (Приложения 4 и 5).

1.10. При описании трещиноватости скального массива необходимо установить:

- происхождение (генезис) трещин (тектонические, напластования, антропогенные и др.);
- количественную и качественную характеристику трещиноватости (расстояние между трещинами, азимут простирания и угол падения, характер поверхности трещин);
- заполнитель трещин.

1.11. Материалы для обоснования проектных решений по защите сооружений от обвалов и осыпей, полученные в результате инженерно-геологических съёмов, должны содержать следующие сведения о скально-обвальном участке по указанной ниже схеме:

а) Описание скального массива на участке обвала; структура массива, форма залегания грунтов, их генезис, степень неоднородности. Ориентированность структуры залегания скальных и других пород по отношению к линии откоса; вторичные структуры и текстуры – сланцеватость, кливаж, течения, разломы, сплющивания, веерообразный катаклиз, выветриваемость во времени.

б) Место отрыва: высота откоса (склона), его генезис и возраст (для искусственных откосов – время сооружения). Грунты откоса (склона), характер их залегания, трещиноватость, характер и степень выветрелости грунтов, а в случае применения взрывных работ – их последствие; крутизна и форма откоса (склона) у места отрыва, наличие и характер растительности; поверхность отделения обвалившихся масс грунта, её размеры, форма, состояние грунтов по этой поверхности. Характер и степень обводнённости массива.

в) Участок транзита – путь движения обвала, прохождения отделившихся от массива грунтовых масс или падения отдельных обломков; длина и относительная высота; состав и состояние грунтов, залегание их вдоль пути обвала, морфология откоса (склона), крутизна (максимальная и средняя), наличие выступающих карнизов, полок, крупных глыб на поверхности; растительность и её состояние, следы разрушений в результате обвала или обвалов, наличие задержавшихся при обвалах глыб и обломков, выходы подземных вод, размывы, суффозионные процессы.

г) Участок аккумуляции:

- характеристика участка отложения – дно долины, пляж, полотно дороги и т. д.; характер отложения – сплошной завал или участок разброса отдельных глыб и обломков, площадь участка, его форма;
- объём обвалившихся масс; петрографический состав, размеры и форма глыб, закономерность в их сортировке, расположении и ориентировке, характер и условия обводнённости;
- средняя и максимальная дальность отлёта глыб и обломков;
- сведения о времени отложения – относительная свежесть и выветрелость разных поверхностей глыб, наличие, характер и возраст растительности, разрушение дорог и других сооружений.

д) Сведения об обвалах в виде одиночных глыб или обломков скального грунта. Время обвала – сезон, время суток, сведения о ходе обвала, обстановке его возникновения и сопутствующих явлений; сведения о причинённом ущербе.

е) Данные об эксплуатационных и специальных наблюдениях, опытном сбрасывании обломков скального грунта.

Основные направления и характер движения обломков и обвальных масс, объёмы обвалов, величины отдельных обломков, скорости падения, дальности отлета.

ж) Сведения о защитных противообвальных сооружениях; их наличие, состав комплекса, время сооружения, состояние в настоящее время и эффективность.

1.12. Для расчёта местной и общей устойчивости скально-обвальных склонов (откосов), помимо материалов инженерно-геологической съёмки, приведённых выше, должны быть выполнены разведочные работы: расчистки, горные выработки (канавы; шурфы, скважины, штольни). В большинстве случаев они производятся на стадии рабочего проекта.

2. Расчёт устойчивости скальных откосов и склонов.

2.1. Перед назначением и расчётом каких-либо инженерных мероприятий следует осуществить расчёт как общей, так и местной устойчивости откосов и склонов.

Расчёт общей устойчивости требуется для установления очертания откоса, при котором эта устойчивость обеспечивается с определённой степенью надёжности.

Оценка местной устойчивости необходима для прогнозирования во времени интенсивности осыпания продуктов выветривания с откосов в процессе эксплуатации и возможности появления поверхностных сплывов.

2.2. Оценка устойчивости скальных откосов имеет свою специфику, обусловленную особенностями строения скальных массивов, являющихся структурно-анизотропными (неоднородными) средами, что накладывает определённые условия на расчётные схемы, и требует тщательной регистрации инженерно-геологических особенностей массива в естественном залегании.

2.3. Устойчивость откосов следует оценивать в зависимости от их очертания, характера и расположения поверхностей ослабления (трещиноватости, слоистости) по отношению к проектируемому откосу, прочностных параметров грунтов и устойчивости их по отношению к выветриваемости во времени, а также от внешних нагрузок, гидрогеологических условий (обводнённости пород) и сейсмического воздействия.

2.4. Расчёт устойчивости склонов (откосов) при бытовом (природном), и проектном очертаниях следует производить по первому предельному состоянию – несущей способности.

Для определения устойчивости скальных откосов и склонов используется метод предельного равновесия. Расчёт устойчивости заключается в оценке дефицита устойчивости S (разности между сдвигающими и удерживающими силами) как для всего откоса или склона запроектированной (имеющейся) конфигурации в целом, так и для отдельных его блоков или отсеков:

$$S = n_c T - \frac{m}{K_n} R \leq 0, \quad (2.1)$$

где n_c – коэффициент сочетания нагрузок;

T – расчётное значение обобщенной активной сдвигающей силы, определённое с учётом коэффициента перегрузки;

m – коэффициент условий работы;

K_n – коэффициент надёжности, учитывающий степень ответственности, сооружения, его капитальность и значимость последствий при нарушении устойчивости;

R – расчётное значение обобщённой силы предельного сопротивления сдвигу, определяемое с учётом коэффициента безопасности по грунтам.

2.5. Расчёт общей устойчивости скальных откосов и склонов необходимо начинать с установления характера поверхности обрушения (скольжения) – поверхности, по которой соотношение сил, удерживающих откос в равновесии и сдвигающих является минимальным. Положение в массиве поверхностей обрушения и их очертание определяются в основном геологическим строением пород – благоприятной или неблагоприятной ориентацией по отношению к откосу поверхностей ослабления (трещиноватости, слоистости).

Поверхность обрушения скального откоса (склона), как правило, совпадает с существующими в массиве поверхностями ослабления на всём своём протяжении. В тех случаях, когда смещение по существующим в массиве плоскостям ослабления кинематически невозможно или связано с разрушением скального материала, поверхность обрушения может представлять собой вновь сформировавшуюся трещину скола (отрыва), не совпадающую с существующими в массиве поверхностями ослабления либо совпадающую с ними лишь частично.

2.6. Под благоприятным залеганием поверхностей ослабления понимается следующее их расположение:

- наклонное в сторону массива (запрокинутое);
- наклонное в сторону откоса под углом, меньшим угла внутреннего трения по поверхности ослабления;
- вкрест простирания поверхности откоса, за исключением случаев, когда поверхности ослабления пересекают поверхности откосов под углами, меньшими 30° , и одновременно имеют угол падения в направлении откоса, превышающий угол внутреннего трения по поверхности ослабления.

2.7. Под неблагоприятным залеганием поверхностей ослабления понимается наклонное их расположение в сторону откоса под углом, превышающим угол внутреннего трения, а также расположение вкрест простирания с поверхностью откоса, когда поверхность ослабления пересекает поверхность откоса под углом, меньшим 30° , и одновременно имеет угол падения в направлении откоса, превышающий угол внутреннего трения по поверхности ослабления.

2.8. При оценке общей устойчивости скальных откосов рекомендуется руководствоваться расчётными схемами, представленными на рис.2.1.

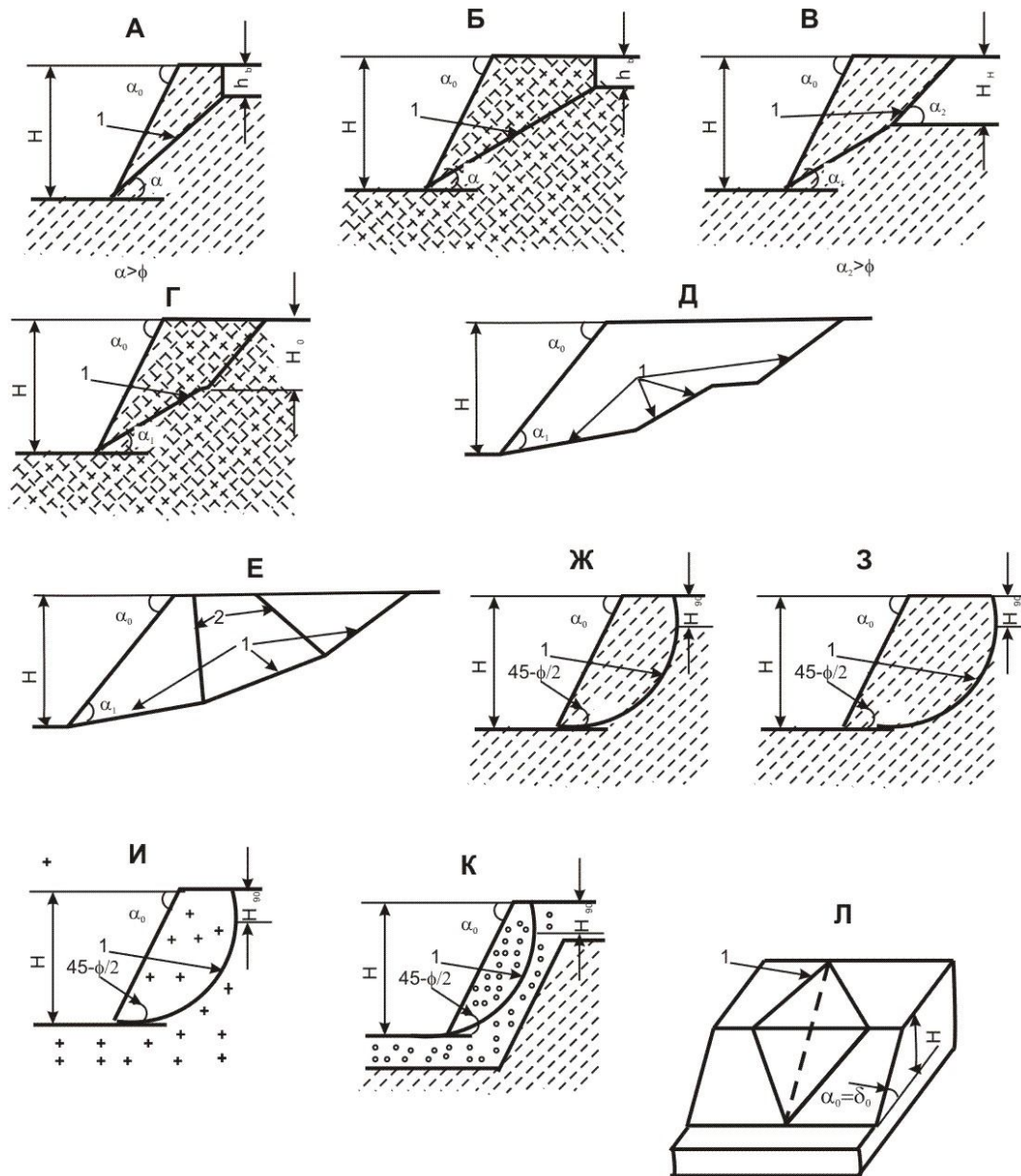


Рис.2.1. Расчётные схемы общей устойчивости: 1 – контур поверхности обрушения; 2 – трещины, расчленяющие массив возможного обрушения на блоки; 3 – выветрелый слой в схеме К.

2.9. Способы построения вероятных поверхностей обрушения скальных откосов для некоторых расчётных схем, изображенных на рис.2.1, помещены в Приложении 3. Условия применения указанных схем приведены в табл.3.1.

2.10. Методы расчёта общей устойчивости скальных откосов (и склонов) основываются на следующих положениях:

- нарушение устойчивости откоса происходит в виде обрушения или оползания слагающих пород по поверхности смещения;

- при наличии в откосе неблагоприятно ориентированных трещин поверхности смещения, как правило, совпадают с ними; в этих случаях поверхность смещения (на поперечном разрезе) будет иметь вид прямой или ломаной линии;
- при отсутствии в откосе неблагоприятно расположенных трещин поверхности смещения на тех участках, где они не совпадают с существующими трещинами, являются монотонными, близкими по форме к круглоцилиндрическим;
- при расчётах задача рассматривается как плоская, т. е. для участка шириной 1 м вдоль бровки откоса (за исключением объёмной схемы Л на рис.2.1).

2.11. Все приведённые на рис.2.1 формы поверхностей обрушения можно объединить в четыре группы:

- плоские поверхности (схемы А, Б);
- призматические и полигональные поверхности (схемы В, Г, Д, Е);
- криволинейные и . комбинированные поверхности (схемы Ж, З, И, К);
- объёмные желобчатые поверхности обрушения (схема Л).

2.12. Верхний участок поверхности обрушения в схемах А, Б, Ж, З, И, К вертикальный. Высота его определяется по формулам (2.4) или (2.10).

2.13. Если в результате расчётов устойчивости по каждой из приведённых схем (см. рис.2.1) выяснится, что условие (2.1) не выполняется, то либо следует изменить конфигурацию откосов и повторить расчёт, либо предусмотреть укрепительные мероприятия.

2.14. *Расчёт устойчивости откосов по схемам А и Б* заключается в проверке выполнения условия по формуле (2.1) для массива, смещающегося по рассматриваемой трещине, падающей по направлению к откосу (рис.2.2).

Силы T и R вычисляются по формулам:

$$T = G[\sin\alpha + K_c(\alpha - \delta_c)] + u_2 \cos\alpha + Q \quad (2.2),$$

$$R = \operatorname{tg}\varphi_{mp} \{ G[\cos\alpha - K_c \sin(\alpha - \delta_c)] + P - u_1 - u_2 \sin\alpha \} + C_{mp} \cdot L \quad (2.3),$$

где G – вес рассматриваемого массива; α – угол падения трещины;

K_c – коэффициент сейсмичности; γ – удельный вес скального грунта;

L – длина рассматриваемого участка трещин;

δ_c – угол наклона сейсмической силы к горизонту (принимается самый невыгодный для устойчивости – обычно вектор $K_c \cdot G$ берётся параллельным поверхности смещения);

Q – сумма проекций по направлению смещения приложенных к откосу внешних сил;

P – сумма проекций на нормаль к плоскости смещения приложенных к откосу внешних сил;

u_1 , u_2 – силы гидростатического давления воды соответственно на боковую и низовую грани рассматриваемого массива;

φ_{mp} , C_{mp} – угол внутреннего трения и сопротивление сдвигу по соответствующим системам трещин.

Устойчивость откосов можно считать обеспеченной, если при всех возможных значениях L условие (2.1) удовлетворяется.

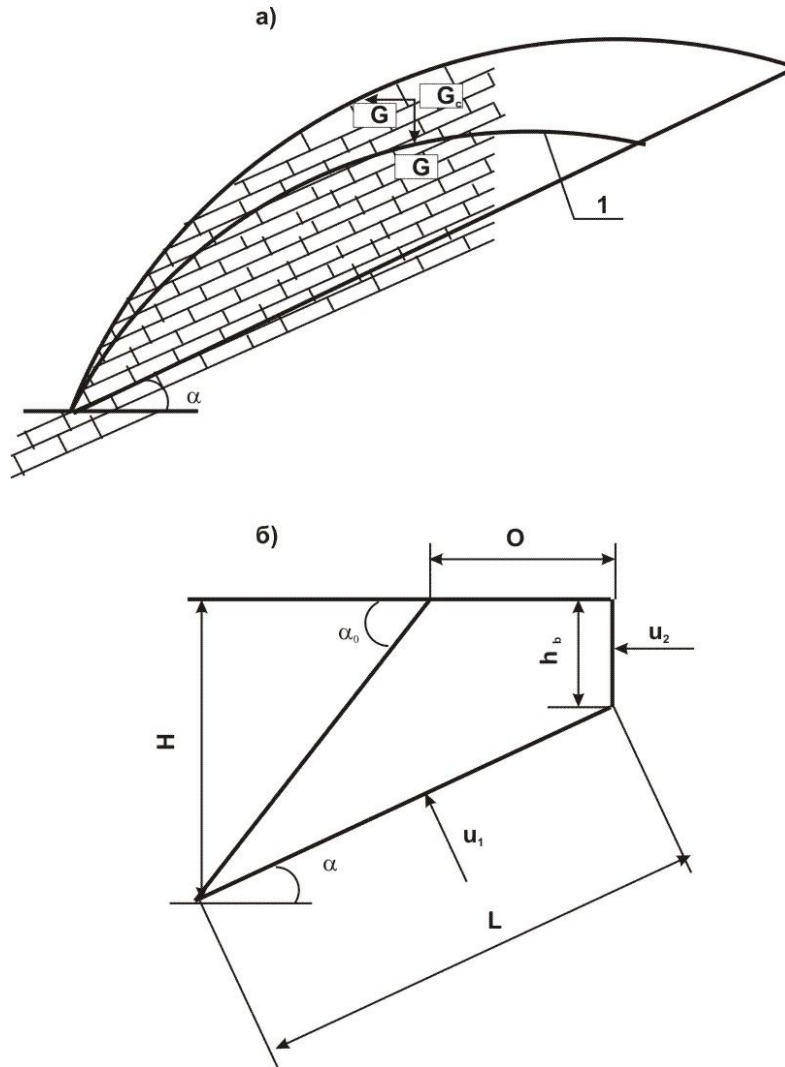


Рис.2.2. Схемы к расчётам по вариантам А и Б:
 а) откос в натурном виде; б) расчётная схема;
 1 – депрессионная кривая.

2.15. Для откосов, находящихся под действием только сил собственного веса, требуемая для расчёта глубина трещины отрыва (см. рис.2.2,б) определяется по формуле:

$$h_b = \frac{C_{mp}}{\gamma_0 \cos^2 \alpha (K_n \operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \varphi_{mp})} \quad (2.4).$$

Расстояние трещины от бровки откоса:

$$B = h_b \sqrt{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \alpha_0} \quad (2.5).$$

Здесь α_0 – угол наклона откоса.

При полученных значениях h_b и B максимально допустимая высота откоса составляет:

$$H_{max} = h_b \frac{ctg\alpha + \sqrt{ctg\alpha \cdot ctg\alpha_0}}{ctg\alpha - ctg\alpha_0} \quad (2.6).$$

Расчёты по схемам *B*, *Г*, и *Д* (рис.2.1) следует выполнять в такой последовательности. Массив, расположенный выше поверхности смещения, условно разбивается вертикальными плоскостями на отсеки (рис.2.3).

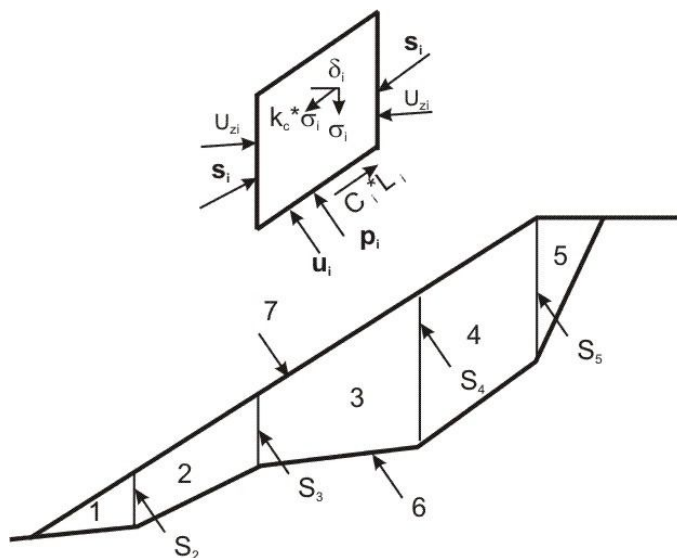


Рис.2.3. Схемы к расчётам по вариантам *B*, *Г*, и *Д*:
 1 ÷ 5 – отсеки; 6 – поверхность обрушения; 7 – поверхность склона.

Для каждого из отсеков (для схем *B* и *Г* их всего два), начиная с верхнего, находят дефициты устойчивости S_i , которые представляют собой внутренние силы взаимодействия между отсеками:

$$S_i = G_i [\sin\alpha_i + K_c \cos(\alpha_i - \delta_i)] + S_{i+1} \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - (u_{2i} - u_{3i}) \cos\alpha_i + Q_i - \frac{tg\varphi_i}{K_n} \{ G_i [\cos\alpha_i + K_c \sin(\alpha_i - \delta_c)] + S_{i+1} \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) + (u_{2i} - u_{3i}) \sin\alpha_i + u_{1i} + P_i \} - \frac{C_i L_i}{K_n} \quad (2.7).$$

Здесь G_i – вес рассматриваемого отсека;

S_{i+1} – дефицит устойчивости выше расположенного отсека, передаваемый на рассматриваемый отсек;

α_i – угол наклона поверхности смещения в пределах i -го отсека;

L_i – длина плоскости смещения в основании рассматриваемого отсека;

φ_i , C_i – параметры прочности на сдвиг по плоскости смещения на длине L_i ;

Q_i – сумма проекций на направление сдвига всех внешних сил, действующих на отсек;

P_i – сумма проекций на нормаль к поверхности смещения всех внешних сил, действующих на отсек;

u_{1i}, u_{2i}, u_{3i} – силы гидростатического давления фильтрующей в трещинах воды на низовую (u_{3i}) и верховую (u_{2i}) вертикальные грани отсека, а также на наклонную подошву (u_{1i}).

Предполагается, что направление сил S_i совпадает с направлением линии соответствующей плоскости смещения. В случае, если полученное по формуле (2.7) значение S_i меньше нуля, в расчёт подставляется $S_i=0$. Вычислив для отсека 2 значение S_2 , определяют интегральные сдвигающую и удерживающую силы:

$$T=G_1[\sin\alpha_1 + K_c(\alpha_1-\delta_c)] + S_2\cos(\alpha_2-\alpha_1) - (u_{2_1} - u_{3_1}) \cos\alpha_1 + Q_1 \quad (2.8),$$

$$R=tg\varphi_{mp1}\{G_1[\cos\alpha_1 - K_c \sin(\alpha_1-\delta_c)] + S_2\sin(\alpha_2-\alpha_1) + (u_{2_1} - u_{3_1}) \cdot \sin\alpha_1 + P_1 - u_1\} + C_{mp1} \cdot L_1 \quad (2.9).$$

Обрушение откосов, представленных на рис.2.1 (схема *B*), возможно лишь при образовании в массиве полого падающей ослабленной зоны (трещины), показанной пунктиром. Такая трещина возникает обычно у подножия высоких откосов, где действующие напряжения могут превосходить прочность породы на сжатие. Параметры прочности на сдвиг по трещине и её направление рекомендуется определять на месте с помощью полевых опытов и геологической съёмки. Угол падения трещины рекомендуется выбирать из условия минимальной устойчивости (проводится серия расчётов при разных углах α_i).

2.16. Расчёт по схеме *E*, учитывающей наличие секущих призму обрушения крупных трещин, рекомендуется проводить графоаналитическим способом путём построения многоугольников сил.

2.17. Расчёт по схемам *Ж, З, И, К* выполняется следующим образом. Эти схемы объединяют участки криволинейной поверхности скольжения и верхнего вертикального отрезка H_{90} , который определяется по формуле:

$$H_{90} = \frac{2C_m}{\gamma_0} \operatorname{ctg}(45^\circ - \frac{\varphi_m}{2}) \quad (2.10),$$

где φ_m – угол внутреннего трения в массиве;

γ_0, C_m – соответственно объёмный вес и сопротивление сдвигу.

Устойчивость скальных откосов рассчитывается по методу алгебраического суммирования. Призма возможного обрушения разбивается вертикальными линиями на ряд блоков, взаимодействие между которыми не учитывается. Количество блоков зависит от крутизны поверхности скольжения. Следует стремиться к тому, чтобы в пределах блока криволинейную поверхность можно было бы заменить плоской с таким расчётом, чтобы разница в крутизне спрямляемых участков поверхности скольжения не превышала 5° .

Сдвигающие и удерживающие силы для i -го блока рассчитываются по формулам (2.11 и 2.12):

$$T_i = G_i[\sin\alpha_i + K_c(\alpha_i - \delta_{ci})] - (u_{2_i} - u_{3_i}) \cos\alpha_i + Q_i \quad (2.11),$$

$$R_i = tg\varphi_i \cdot \{G_i[\cos\alpha_i - K_c \sin(\alpha_i - \delta_{ci})] + (u_{2_i} - u_{3_i}) \cdot \sin\alpha_i + P_i - u_i\} + C_i \cdot L_i \quad (2.12).$$

Обобщённые силы T и R определяются по формулам

$$T = \sum_{i=1}^{i=k} T_i, \quad R = \sum_{i=1}^{i=k} R_i \quad (2.13),$$

где k – количество блоков, на которые разбивается массив.

Оценка устойчивости определяется с использованием полученных значений T и R по формуле (2.1).

Графическое построение очертаний вероятных поверхностей обрушения скальных откосов для расчётных схем B , Γ , Ж и З представлено на рис.2.4.

Основные данные по расчёту устойчивости откосов по этим схемам приведены в Приложении 3.

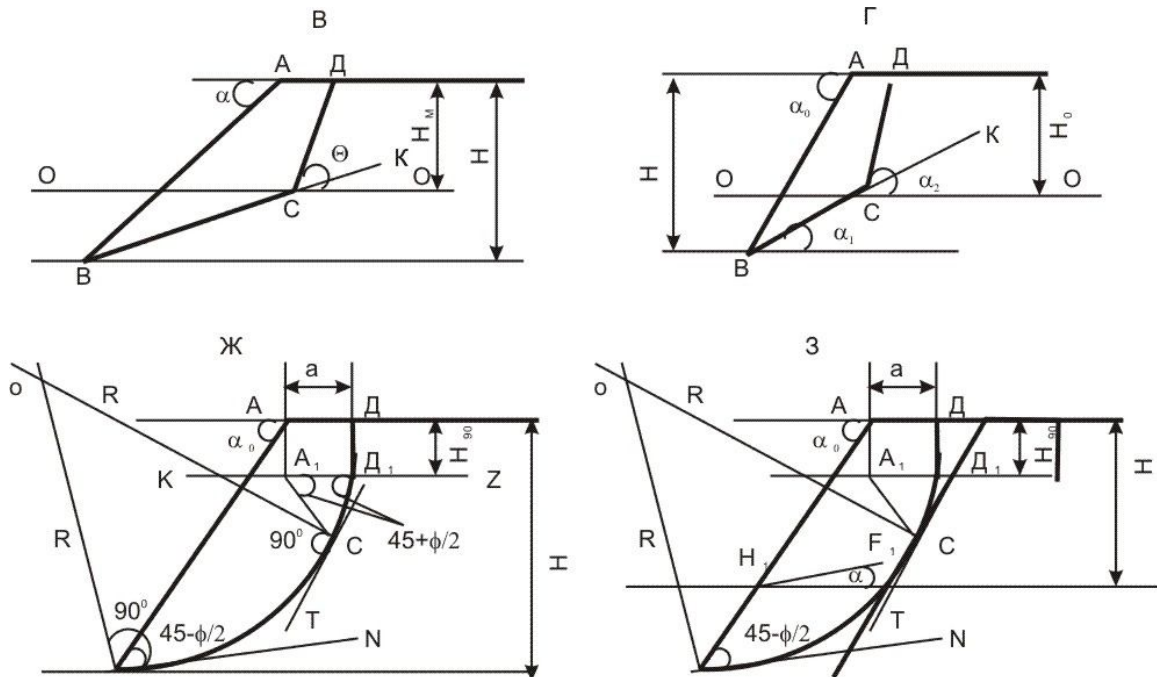


Рис.2.4. Построение очертаний вероятных поверхностей обрушения скальных откосов для расчётных схем B , Γ , Ж и З .

3. Определение расчётных скоростей движения обломков скального грунта по откосам и склонам.

3.1. Защитные и улавливающие сооружения должны противостоять статическому и динамическому воздействию камней и предотвращать перелёт и перескакивание камней через улавливающие траншеи или через заградительную стену.

В соответствии с этим расчёт заградительных и улавливающих сооружений производят:

- на задержание камней с обоснованием основных габаритных размеров сооружений;
- на статическое давление горной породы при полном завале улавливающей траншеи с определением основных размеров несущей конструкции противообвального сооружения;
- на ударное воздействие падающих камней.

3.2. Основной величиной при расчёте сооружения на задержание камней является *скорость их движения* у этого сооружения. Расчётную скорость движения камней по склонам постоянной крутизны можно определить по формуле:

$$v_k = \eta \sqrt{2gH(1 - k \cdot \text{ctg}\alpha)} \quad (3.1),$$

где H – перепад высот на рассматриваемом участке длины склона;

α – угол крутизны горного склона;

k – эмпирический коэффициент, учитывающий комплексное влияние на скорость движения камней таких факторов, как их размеры и формы вращательного движения, микрорельеф склона, физико-механические свойства горной породы, характер поверхности склона, сопротивление воздуха и пр.;

g – ускорение силы тяжести.

Если обозначить $\mu = \sqrt{1 - k \cdot \text{ctg}\alpha}$; $\varepsilon = \sqrt{2g(1 - k \cdot \text{ctg}\alpha)}$ (3.2),

то $v_k = \eta \mu \sqrt{2gH}$ или $v_k = \eta \varepsilon \sqrt{H}$ (3.3).

Основными видами движения обломков горных пород по горным склонам при обвалах являются скатывание и скачкообразное перемещение. Скачкообразное движение возникает при падении камня под некоторым углом на поверхность склона, например с крутого участка на пологий, или при встрече скатывающегося камня с каким-либо значительным выступом на поверхности склона.

3.3. Скорость движения камней зависит от состояния поверхности склона. Очевидно, что на склоне, покрытом растительностью, скорость движения камней снижается. На горном склоне со скальными обнажениями сопротивление движению камней небольшое, поэтому их скорость интенсивно нарастает.

Эти факторы учитываются коэффициентом η в формулах (3.1 и 3.3):

$\eta = 0,6-0,8$ в случае однообразных склонов крутизной $\alpha < 40^\circ$, покрытых мелким кустарником или лесом (в зависимости от мощности растительного слоя);

$\eta = 1,1-1,2$ для однообразных склонов крутизной $\alpha = 35^\circ$ и с оголёнными скальными обнажениями.

Значения коэффициентов μ и ε в формулах (3.3) приведены в табл.3.1 в зависимости от крутизны склона (угла α).

Таблица 3.1

α°	μ	ε	α°	μ	ε	α°	μ	ε
30	0,250	1,11	55	0,680	3,06	80	0,860	3,81
35	0,420	1,86	60	0,720	3,17	85	0,920	4,06
40	0,520	2,30	65	0,745	3,30	90	1,00	4,43
45	0,585	2,58	70	0,775	3,43	-	-	-
50	0,640	2,83	75	0,820	3,62	-	-	-

По формулам (3.1–3.3) можно определить скорость движения камней на склонах, имеющих однообразную крутизну по всей длине, и на склонах, которые с незначительным приближением можно считать однообразными со средним углом крутизны, например ломаные склоны с длиной отдельных участков менее 10 м при разнице в углах крутизны до 5° .

3.4. В любом случае расчётные скорости движения обломков скальных грунтов по горным склонам и откосам следует определять с учётом их конфигурации, в зависимости от которой они подразделяются на четыре основных типа.

Тип I. Склоны и откосы уступчатого профиля с отдельными уступами высотой до 5 м (рис.3.1, а и б) и ломаного профиля с отдельными участками вдоль склона длиной менее 10 м при разнице в углах крутизны до 5° .

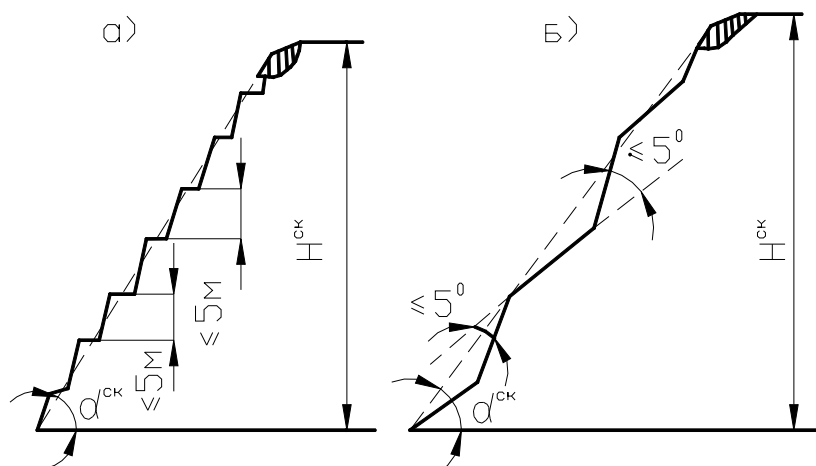


Рис.3.1. Схемы поперечного профиля – тип I.

Расчётные скорости движения обломков можно определить как для однообразного склона (откоса) по спрямлённому профилю по формуле:

$$v_{рас} = \varepsilon \sqrt{H^{ск}} \quad (3.4),$$

где ε – коэффициент, определяемый по табл.3.1 в зависимости от крутизны склона (откоса) $\alpha^{ск}$;

$H^{ск}$ – высота падения обломков скального грунта, м.

Тип II. Склоны и откосы ломаного профиля с отдельными участками крутизной от 30° до 60° при длине участков более 10 м и при разнице в углах крутизны смежных участков более 5° (рис.3.2).

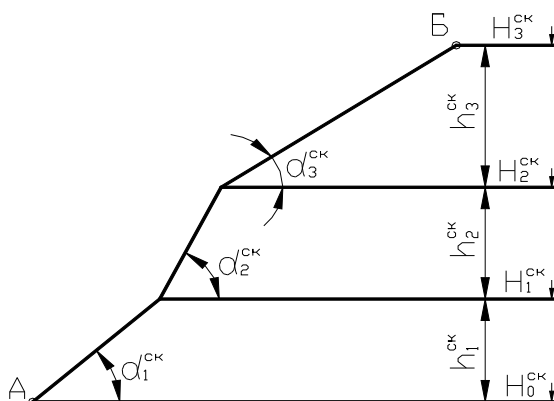


Рис.3.2. Схемы поперечного профиля – тип II.

Расчётные скорости определяются по формуле:

$$v_{pac} = \sum_{i=1}^{i=k} \varepsilon_i \left(\sqrt{H_i^{ck}} - \sqrt{H_{i-1}^{ck}} \right) \quad (3.5).$$

Тип III. Ломаные откосы и склоны с отдельными пологими участками при углах крутизны α^{ck} менее 28-30° и крутыми участками с $\alpha^{ck} \leq 60^\circ$ при длине участков более 10 м и при разнице в углах крутизны смежных участков более 5° (рис.3.3).

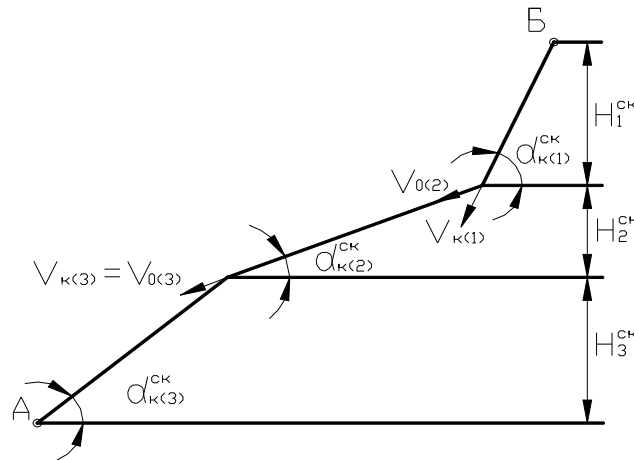


Рис.3.3. Схемы поперечного профиля – тип III.

Расчётные скорости рекомендуется определять по отдельным участкам с учётом замедления движения на пологих элементах откоса или склона (менее 30°). В конце каждого участка, кроме самого верхнего, скорость определяется по формуле:

$$v_{p(i)} = \sqrt{v_{o(i)}^2 + 2gH_i^{ck} (1 - K_i^{ck} \cdot ctg\alpha_i^{ck})} \quad (3.6),$$

где $v_{o(i)} = v_{k(i-1)} \cdot \cos(\alpha_{i-1}^{ck} - \alpha_i^{ck})$ в случае, если $\alpha_{i-1}^{ck} > \alpha_i^{ck}$;

$v_{o(i)} = v_{k(i-1)}$ если $\alpha_{i-1}^{ck} < \alpha_i^{ck}$, где $v_{k(i-1)}$ – скорость в конце пологого участка откоса или склона.

Значение $2g(1 - K_i^{ck} \cdot ctg\alpha_i^{ck}) = \varepsilon_i^2$ при углах откоса или склона $\alpha_i^{ck} = 30-90^\circ$ определяется по табл.3.1. При $\alpha_i^{ck} < 30^\circ$ коэффициенты K_i^{ck} определяются по формуле:

$$K_i^{ck} = 0,0048\alpha^{ck} + 0,416 \quad (3.7).$$

В подошве верхнего крутого участка откоса или склона скорость рассчитывается по формуле (3.1).

Тип IV. Ломаные склоны с очень крутыми участками (рис.3.4) при $\alpha_1^{ck} > 60^\circ$ с высотой более 10 м.

Расчётная скорость в месте расположения защитного сооружения определяется по формуле:

$$v_p = \sqrt{v_{i(o)}^2 + \varepsilon_2^2 H_2^{ck}} \quad (3.8),$$

где $v_{i(o)}$ тангенциальная составляющая скорости отражения в т.Б;

$$v_{i(o)} = (1 - \lambda)v_n \cos(\alpha_1^{ck} - \alpha_2^{ck}) \quad (3.9).$$

Здесь v_n – скорость падения обломка в т.В, определяемая по формуле (3.1);

λ – коэффициент мгновенного трения, принимаемый по табл.3.2 в зависимости от характера поверхностного покрова и рода поверхностного слоя грунта на участке непосредственно у подошвы крутого откоса.

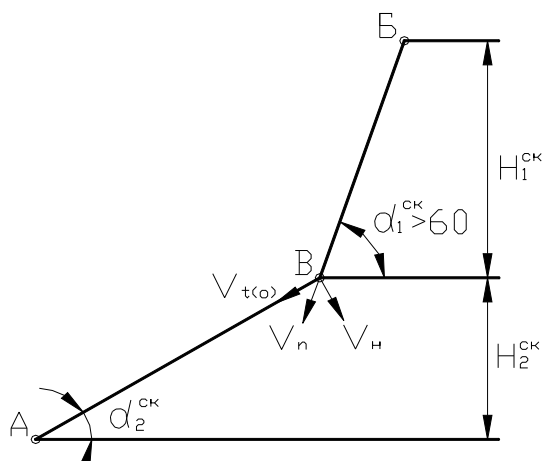


Рис.3.4. Схемы поперечного профиля – тип IV.

Таблица 3.2

Поверхностный покров	ρ	λ
Скальные обнажения	0,7	0,1
Плотный крупнообломочный делювий	0,5	0,3
Одернованная гладкая поверхность	0,3й	0,1
Рыхлый делювий, застрявшие обломки скального грунта, осыпь	0,3	0,4
При неглубоком залегании коренных грунтов у поверхности откоса или склона (0,5 м)	0,5	0,3

Здесь ρ – степень устойчивости возможного восстановления склона.

При наличии на склоне растительного покрова в виде густого мелкого кустарника или леса значения расчётных скоростей следует уменьшить на 20-40% в зависимости от плотности растительного покрова. Для склонов со скальными обнажениями расчётные скорости следует увеличить на 10-20%.

4. Основные положения по расчёту противокаменных барьеров.

4.1. В соответствии с вышеизложенным определяют наиболее оптимальное размещение противокаменного барьера на откосе или склоне. При этом следует предусмотреть возможность как уборки продуктов камнепада, так и восстановление отдельных элементов противокаменного барьера.

Для этого при разработке проекта производства работ (ППР) необходимо предусмотреть и возможность подъезда строительной техники непосредственно к ограждению с верховой стороны склона или откоса.

4.2. Основная схема противокаменного барьера приведена на рисунках 4.1 и 4.2. Главными элементами барьера являются непосредственно сетка стальная с кольцевыми ячейками, связанными между собой кольчужным плетением (1), продольные тросы (2) и (3), продольные (4) и верхние поперечные (5) растяжки, стой-

ки барьера (8) и дополнительные, расположенные за барьером ниже по склону поперечные растяжки (6). Основные характеристики сетки приведены в табл.4.2.

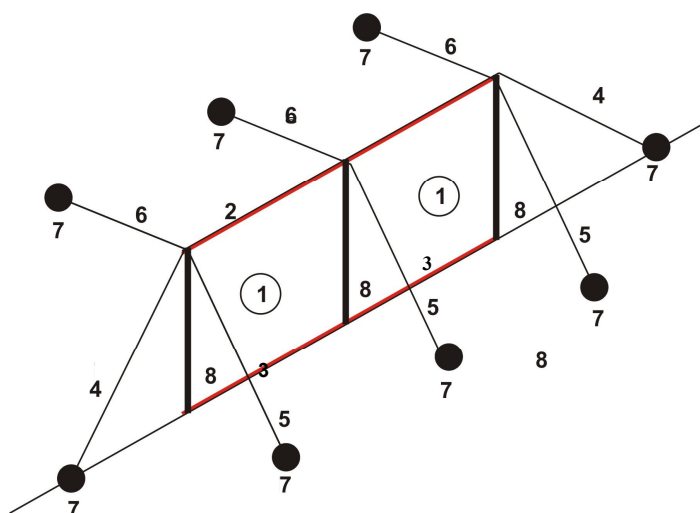


Рис.4.1. Общая схема противокамнепадного барьера:

- 1 – кольчужная сетка; 2 – верхний трос; 3 – нижний трос;
 4 – продольная тросовая растяжка; 5 – верхние (по склону откоса) поперечные растяжки;
 6 – нижние (по склону откоса) поперечные растяжки; 7 – анкера; 8 – стойки ограждения.

4.3. При расчётах следует учитывать, что растяжки (6) можно не включать в основной расчёт, поскольку их предназначение – обеспечить сохранность вертикального положения стоек ограждения (8) и предупредить при ударе камнепада опасность разворота ограждения в верхнюю часть склона или откоса. Однако эти растяжки должны иметь прочность на разрыв не менее $1/3$ прочности верхних и продольных тросов ограждения.

4.4. В основу расчёта противокамнепадного барьера принято уравнение гибкой нити, т.к. основная нагрузка приходится лишь на верхний (2) и нижний (3) тросы барьера.

4.5. Уравнение гибкой нити является наиболее приемлемым для данной гибкой конструкции ограждения. Оно было использовано при расчёте противооползневой гибкой анкерной конструкции из шарнирно соединённых плит (СоюздорНИИ, М., 1990 г.) и принято институтом МИИТ при разработке соответствующих рекомендаций по конструкциям противокамнепадных барьеров ООО «Гео-Барьер», предназначенных для применения при строительстве железных дорог.

Усилия в верхнем и нижнем продольном тросе напрямую зависят от высоты воздействия камня на кольчужную сетку в момент удара, конфигурации откоса и его поверхности. Поэтому в расчётах для обеспечения длительной надёжности ограждения возникающие усилия приняты равными как для верхнего, так и для нижнего продольного троса.

4.6. Необходимо также учитывать то обстоятельство, что включение в работу непосредственно кольчужной сети происходит лишь после воздействия удара камнепада, а из-за эластичности узлов соединения в кольчужной сетке имеет место эффект гашения энергии от удара на ограждение в целом.

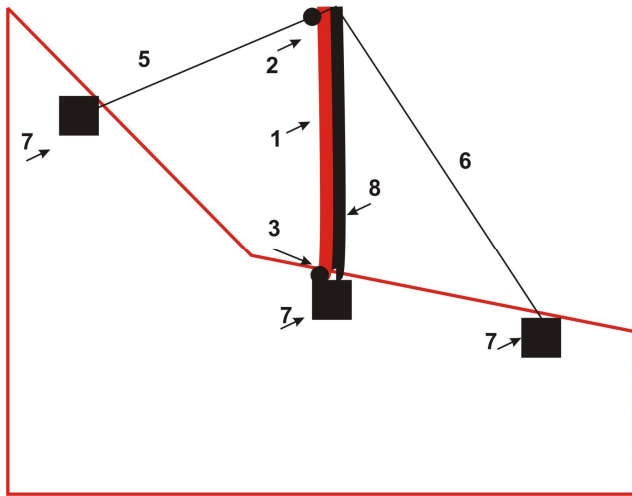


Рис.4.2. Схема противокаменного барьера, вид сбоку (условные обозначения приведены на рис.4.1).

4.7. ЦНИИС принял при расчётах максимальную стрелу прогиба ограждения (f), хотя ударная нагрузка от воздействия камнепада может произойти на любом участке секции ограждения, а не только в её середине. Поэтому предлагается для расчётов использовать схему гибкой нити, представленную на рис.4.3¹. В соответствии с этой схемой возможно определить уравнение гибкой нити в любой точке между стойками ограждения, но лишь при условии сохранения вертикального расположения стоек в момент удара камня.

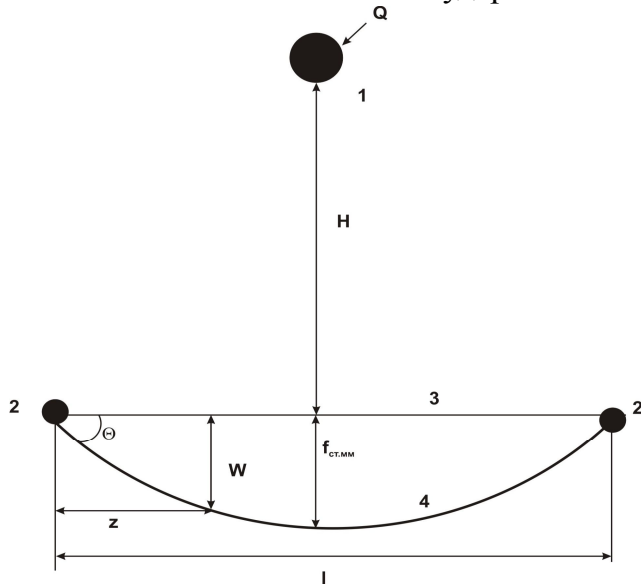


Рис.4.3. Схема гибкой нити для расчёта тросов противокаменного барьера при условии сохранения вертикального положения стоек ограждения:
 1 – камень; 2 – стойки ограждения;
 3 – тросы ограждения в начальном состоянии;
 4 – состояние тросов после восприятия ударной нагрузки.

4.8. При расчётах определяют возможный прогиб верхнего и нижнего троса ограждения (w) в зависимости от точки воздействия удара по формулам:

при ударе камня в зоне z в интервале $[0 \leq z \leq \frac{l}{2}]$,

$$w_z = \frac{Q \cdot l^3}{48EJ} \left(\frac{3z}{l} - \frac{4z^3}{l^3} \right) \quad (4.1)$$

¹ См. Справочник по сопротивлению материалов. Киев, Наукова думка, 1988, стр.611

где z – возможное место воздействия камня в момент удара, см.

- при ударе камня в зоне z в интервале $[\frac{l}{2} \leq z \leq l]$

$$w_z = \frac{Q \cdot l^3}{48EJ} \left(\frac{3z}{l} - \frac{4z^3}{l^3} + \frac{8 \left(z - \frac{l}{2} \right)^3}{l^3} \right) \quad (4.2)$$

- при ударе камня в середине между стойками ограждения, т.е. при

$$z = \frac{l}{2} \quad w_z = f_{CT}^{max} = \frac{Q \cdot l^3}{48EJ} \quad (4.3).$$

Угол отклонения гибкой нити или соответственно тросового ограждения определяют по формуле:

$$\theta = \frac{Q \cdot l^2}{16EJ} \quad (4.4),$$

где Q – масса камня, кг;

l – расстояние между опорами ограждения, см;

E – модуль упругости материалов продольных канатов, кг/см²;

J – момент инерции, см⁴.

4.9. При расчёте ограждения следует учитывать не только статическое, но и динамическое воздействие нагрузки на ограждение. Максимальное статическое напряжение в тросе σ_{CT}^{max} , соответствующее максимальному отклонению троса от начального положения f_{CT}^{max} составляет

$$\sigma_{CT}^{max} = \frac{Q \cdot l}{4w} \quad (4.5).$$

Из всех перечисленных условий можно определить и максимальное напряжение в несущих тросах по формуле:

$$\sigma_{дин}^{max} = K_{дин} \cdot \sigma_{CT}^{max} = \frac{Q \cdot l}{4w} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{96H \cdot E \cdot J}{Q \cdot l^3}} \right) \quad (4.6),$$

где $K_{дин}$ – динамический коэффициент, равный

$$K_{дин} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{f_{CT}}} \quad (4.7).$$

Это позволяет выбрать необходимую марку арматуры верхнего и нижнего троса по формуле (см. рис.4.4):

$$N_{дон} = \sigma_{дин}^{max} \cdot F_{арм} \quad (4.8),$$

где $N_{дон}$ – допустимая нагрузка на трос с учётом требуемого коэффициента запаса, кг;

$F_{арм}$ – площадь поперечного сечения троса, см².

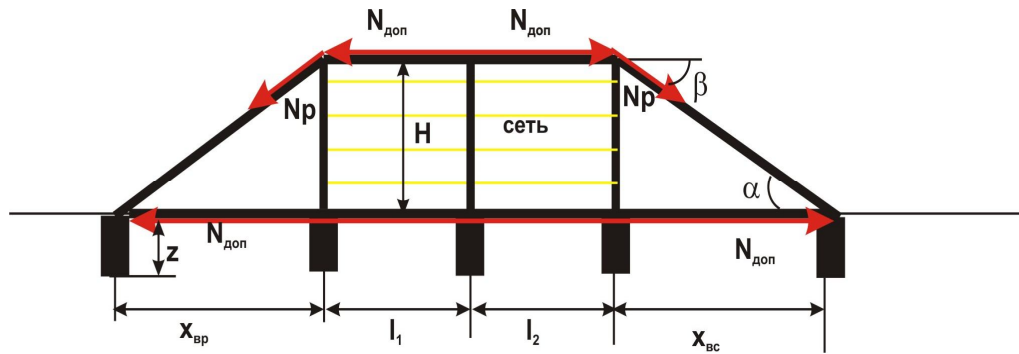


Рис.4.4. Схема для определения допустимых нагрузок в тросах ограждения и продольных тросовых растяжках.

4.10. Однако в формуле (4.6) не учтена скорость падения камня и его ускорение при ударе в противокаменная барьер. Поэтому при известной высоте падения камня на ограждение (H) можно определить скорость падения V на момент начала удара из зависимости $H = \frac{V^2}{2g}$, где g – ускорение свободного падения.

Отсюда зависимость (4.6) можно представить в следующем виде:

$$\sigma_{дин}^{max} = \left[1 + \sqrt{1 + \frac{V^2 \cdot 48E \cdot J}{g \cdot Q \cdot l^3}} \right] \cdot \frac{Q \cdot l}{4w} \quad (4.9),$$

что позволяет уточнить необходимую прочность тросов.

4.11. Для сохранения вертикального положения стоек определяют необходимые усилия в продольных и верхних, расположенных выше по склону или откосу (см. рис.4.1 и 4.2) поперечных растяжках. Усилие N_p в продольных растяжках (рис.4.4) определяют по формуле:

$$N_p = N_{дон} \cdot \cos\beta \quad (4.10),$$

где β – угол наклона растяжки от горизонтали.

4.12. Расчёт верхних поперечных растяжек следует выполнять с учётом стрелы прогиба f . Это обусловлено тем, что без учёта поперечных растяжек вертикальные стойки даже при их жёстком закреплении в коренных породах будут работать на изгиб, как показано на рис.4.5. При этом нельзя исключать и удара камня непосредственно в стойку ограждения. Отсюда (см. рис.4.6):

$$W_{max} = f_A = \frac{N_{дон} \cdot l^3}{3E \cdot J} \quad (4.11)$$

$$P_3 = W_{max} \cdot \cos\beta' \quad (4.12),$$

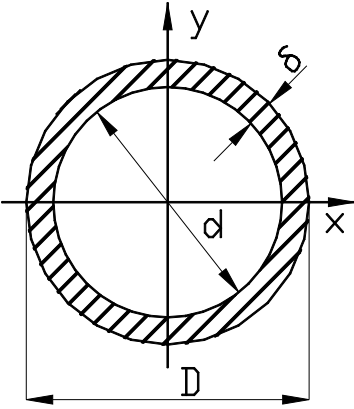
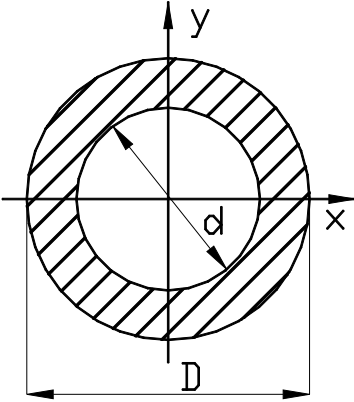
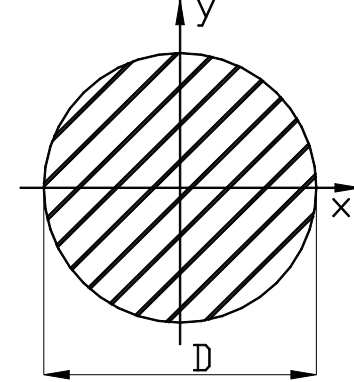
где β' – угол наклона поперечных растяжек от горизонтали (см. рис.4.6);

l – длина поперечной растяжки.

4.13. Угол наклона растяжки β' устанавливают в зависимости от угла наклона α склона или откоса и их конфигурации по длине ограждения, что допускает вести расчёт при различных углах β' при соблюдении требования (4.12).

4.14. При расчёте стоек барьера на изгиб следует учитывать как непосредственно конструктивное выполнение стоек, так и расчётные характеристики, основные из которых приведены в табл.4.1.

Основные параметры при расчёте стоек барьера

Форма сечения стойки	Площадь сечения F	Момент инерции J	Момент сопротивления W
<p>Тонкостенное кольцо</p> 	$F = \pi \cdot \delta \cdot d$ <p>здесь δ – толщина стенки кольца</p>	$J_x = J_y$ $J_x = \frac{\pi \delta \cdot d^3}{8} = \pi \delta \cdot r^3$	$W_x = W_y$ $W_y = \frac{\pi \delta \cdot d^2}{4}$
<p>Толстостенное кольцо</p> 	$F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$	$J_x = J_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$W_x = W_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$
<p>Круг</p> 	$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$J_x = J_y = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$	$W_x = W_y = \frac{\pi \cdot D^3}{32}$

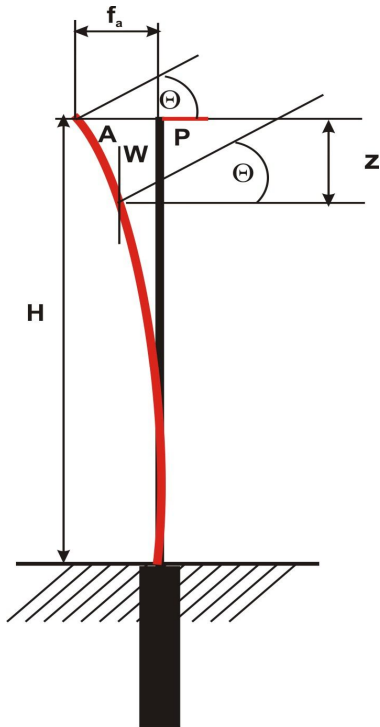


Рис.4.5. Схема для расчёта стоек барьера на изгиб.

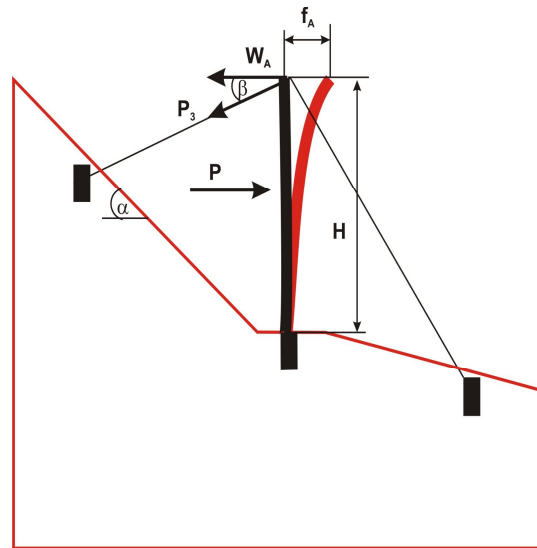


Рис.4.6. Схема для определения усилий в верхних по откосу или склону поперечных растяжках.

4.15. Для обеспечения длительной эксплуатационной надёжности необходимым условием при проектировании ограждения является расчёт анкеров на вырывание и изгиб.

4.16. При расчёте анкеров на вырывание, особенно в районах расположения стоек барьера, вряд ли целесообразно учитывать вес непосредственно кольчужной сетки. При расчёте в статическом положении сетки можно учесть этот вес для сокращения глубины заделки анкеров в коренные породы, однако при динамическом воздействии на ограждение этот фактор не сможет оказать существенного влияния на несущую способность анкеров. Учитывая массу кольчужной сетки можно ожидать уменьшение прогиба верхнего и нижнего продольных тросов барьера за счёт демпфирующей способности массы сетки и погашения энергии удара.

4.17. Массу кольчужной сетки необходимо учитывать при разработке технологии производства работ, при закреплении сети к верхнему продольному тросу в зависимости от высоты H ограждения.

4.18. Для смягчения динамического удара рекомендуется использовать в верхних и нижних продольных тросах, а также и продольных растяжках (в узлах их присоединения к анкерам) энергопоглощающие устройства (тормоза), тарированные заводом-изготовителем на расчётную величину (рис.4.7).

4.19. Во всех без исключения случаях необходимо выполнять расчёты узлов соединения как продольных тросов, так и продольных растяжек с анкерами, прочность которых должна быть не менее определённых ранее нагрузок N_p , $N_{дон}$ и P_3 , поскольку эти элементы также являются неотъемлемой частью обеспечения надёжности оградительного сооружения в целом.

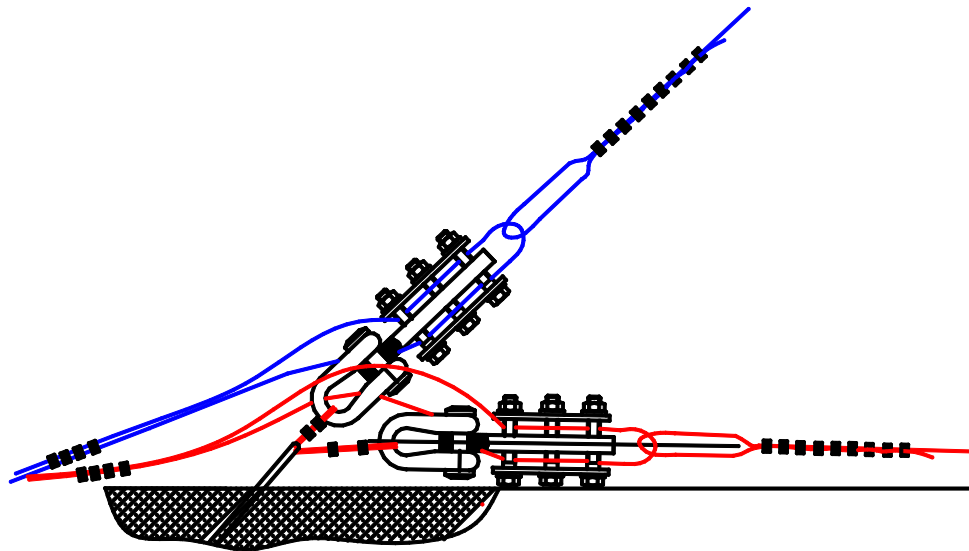


Рис.4.7. Схема конструктивного выполнения тормозов.

4.20. Используя полученные ранее результаты расчёта, необходимо провести расчёт анкеров в зависимости от их конструктивного выполнения. В любом случае он должен содержать расчётные характеристики (диаметр анкеров, материал, глубину z заделки анкера).

4.21. Учитывая различные физико-механические характеристики грунтов коренных пород, целесообразно провести опытно-экспериментальные работы с конструкциями анкеров разного типа. Однако при отсутствии такой возможности можно использовать и расчётные характеристики грунтов основания, приведённые в Приложении Д «СП 50-101-2004», с учётом необходимого коэффициента запаса.

4.22. При расчёте анкеров на вырывание (выдёргивание) рекомендуется использовать следующую зависимость (см. рис.4.8):

$$N_b = N_p \sin \beta \cdot \pi d \cdot f_{mp} \cdot K \cdot z \quad (4.13),$$

где β – угол наклона растяжек;

d – диаметр анкера, см;

f_{mp} – коэффициент трения на контакте материала анкера с коренными (устойчивыми) породами;

z – глубина заделки анкера;

K – коэффициент запаса, назначаемый в соответствии с условиями работы анкера и прочности коренных пород (см. СП 50-101-2004).

4.23. Расчёт анкера на изгиб рекомендуется выполнять по формуле:

$$N_z = \frac{1}{2} \gamma \cdot z \cdot d \cdot K \left[\operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \right]^2 \quad (4.14),$$

где φ – угол внутреннего трения коренных пород.

γ – удельный вес коренных пород

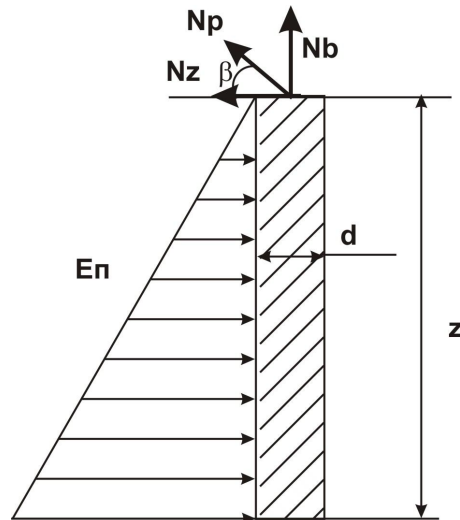


Рис.4.8. Общая схема к расчёту анкеров.

4.24. При расчёте ограждения следует предусмотреть и возможность работы анкеров на срез. Прочность анкеров, а также вертикальных стоек на срез при их заглублении в коренные породы определяют по формуле:

$$\tau_{ср} = \frac{N_z}{F_{ср}} \leq \tau_{ср.доп} \quad (4.15),$$

где N_z – горизонтальная составляющая нагрузки в зоне контакта стоек с коренными породами;

$F_{ср} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ – площадь поперечного сечения опор или стоек;

$\tau_{ср.доп}$ – допустимое напряжение на срез, зависящее от материалов стоек и анкеров (см. СНиП 2.03.04-84).

Общий вид ограждения представлен на рис.4.9.

4.25. При расчётах устойчивости и несущей способности ограждения следует учитывать, что часть грунтов осыпи пройдёт через кольчужную сеть противокаменного барьера, однако она не сможет оказать существенного влияния на несущую способность барьера, т.к. будет находиться в разуплотнённом состоянии, то есть пассивное давление на ограждение при расчёте стоек можно не учитывать.

4.26. Следующим этапом расчёта является определение нагрузки $E_{расч}$ при принятом расстоянии l между вертикальными стойками каждой секции ограждения:

$$E_{расч} = E \cdot l \quad (4.16).$$

При этом следует учитывать, что высота приложения этой нагрузки обычно находится в пределах $1/3H$ от поверхности откоса или склона.



Рис.4.9. Общий вид противокамнепадного барьера.

4.27. При расчёте вертикальных стоек на изгиб следует учитывать, что на каждую стойку секции ограждения приходится нагрузка, равная $0,5E_{расч}$, но при большом количестве секций промежуточные вертикальные стойки будут воспринимать полную нагрузку $E_{расч}$.

При расчёте вертикальных стоек необходимо также учитывать и толщину слоя z' ранее накопленного материала осыпи, и расчёт стоек и анкеров следует выполнять только от уровня поверхности коренных пород.

4.28. Особые случаи представляют использование защитных сетей от осыпей. В основном осыпи сложены из среднезернистого материала с включением каменных обломков. Поскольку движение осыпей по склону осуществляется с небольшой скоростью и складывается с постепенным накоплением осыпи перед ограждением, следует производить расчёты на устойчивость при максимальном объёме осыпи до верха барьера.

4.29. Плоская поверхность осыпного материала на откосе или склоне свидетельствует об определённой (исключительной) роли в обеспечении степени собственной устойчивости за счёт сил внутреннего трения (φ) при практически отсутствующем сцеплении ($\varphi \neq 0, c=0$).

4.30. В соответствии с этим наиболее устойчивым углом заложения откосов (α) является угол естественного откоса осыпного материала. Поэтому при расчёте конструкций барьера имеется возможность установить как места их размещения по откосу или склону, особенно при большой длине (L) защищаемого от падения камней склона до противокамнепадного барьера, и необходимую высоту барьера (H) в зависимости от крутизны откоса или склона (α).

4.31. В общем случае (см. рис.5.4) коэффициент устойчивости можно рассчитать по формуле:

$$K = \frac{Q \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{Q \cdot \sin \alpha} \quad (4.17),$$

где K – коэффициент (степень) устойчивости;
 φ – угол внутреннего трения грунтов осыпи.
 $Q = \gamma \cdot F$ – объём материала осыпи перед противокаменпадным барьером на участке осыпи шириной 1 м;
 γ – объёмный вес материала осыпи
 $F = 0,5 \cdot H \cdot L \cdot \cos \alpha$ – площадь поперечного сечения осыпи.
 Обычно объёмный вес материала осыпи находится в пределах 1,5-1,8 т/м³ в зависимости от степени содержания крупнозернистого материала.
 При этом нагрузка E на 1 пог.м по ширине откоса или склона составит:

$$E = Q \cdot (\cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot K_{зан} - \sin \alpha) \quad (4.18),$$

где $K_{зан}$ – коэффициент запаса, принимаемый по соответствующим нормативным документам в зависимости от класса сооружения и степени его защиты.

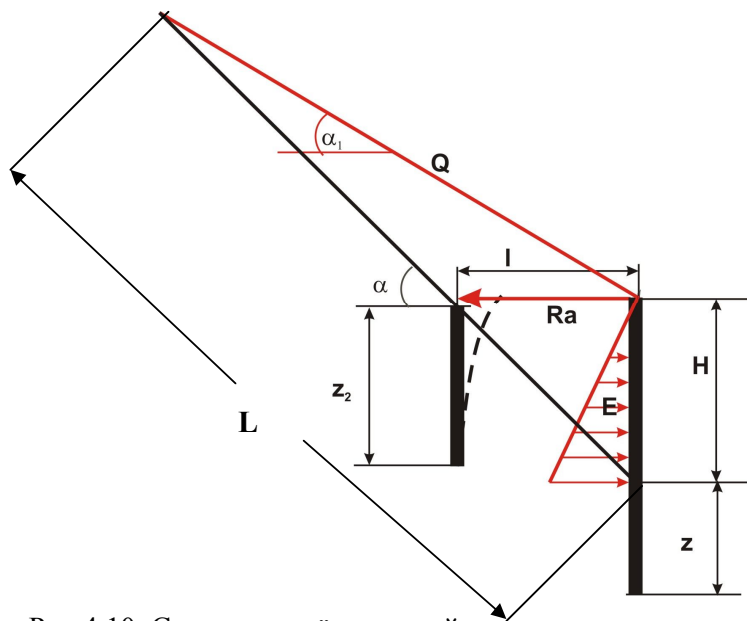


Рис.4.10. Схема к расчёту осыпей.

4.32. Кольчужная сеть изготавливается сплошным канатным плетением из отдельных, независимых друг от друга колец, двух типоразмеров с внутренним диаметром колец 350 мм и 420 мм (рис.4.11, табл.4.2). Каждое внутреннее кольцо соединено по периметру с шестью соседними кольцами. Сеть изготавливается из стальной оцинкованной углеродистой проволоки по ГОСТ 7372-79 или ГОСТ 9850-72, временное сопротивление разрыву 1180÷1650 н/мм², поверхностная плотность цинка от 150 г/м² до 275 г/м² в зависимости от условий эксплуатации. Кольца семивитковые: плетутся из проволоки диаметром 3,0; 4,0 и 5,1 мм. По условиям прочности количество витков может быть увеличено до 19.

**Сеть стальная заградительная, кольчужного плетения
(ТУ - 1275-001-75212412-04)**

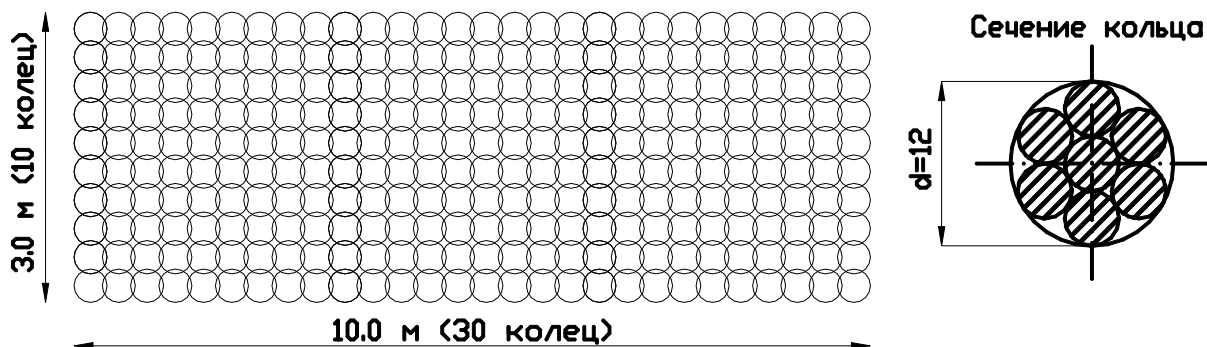


Рис.4.11. Общий вид стандартного полотна сети.

Таблица 4.2

Основные характеристики сетки стальной с кольцевыми ячейками
кольчужного плетения

Технические характеристики	Диаметр проволоки, мм			
	3	4	3	4
Тип вязки кольца	7-витковый канатный	7-витковый канатный	19-витковый канатный	19-витковый канатный
Временное сопротивление разрыву, Н/мм ²	1180-1650	1180-1650	1180-1650	1180-1650
Плотность цинкового покрытия, г/м ²	не менее 275	не менее 275	не менее 275	не менее 275
Внутренний диаметр кольца, мм	350	350	420	420
Тип вязки сетки (количество контактов), шт.	6	6	6	6
Высота сети, м	В соответствии с расчетом			
Стандартная длина сети, м	10	10	10	10
Расчётный вес одного кольца, кг	0,44	0,825	1,14	1,55
Разрывное усилие одного кольца, кН	не менее 100	не менее 190	не менее 350	не менее 500
Расчётный вес 1 м ² сети, кг	4,4	8,25	11,4	15,5
Предел прочности, кН/м	300	600	750	1000

5. Основные положения по применению покровных защитных конструкций.

5.1. При небольших размерах каменных обломков, не превышающих диаметра колец кольчужной сети, и при определённом на стадии разработки проектного решения объёме смещения их по склону рекомендуется использовать иное конструктивное выполнение защитного ограждения, включающее устройство его непосредственно на поверхности откоса защищаемого сооружения. В данном случае следует применить конструкцию защиты, общий вид которой представлен на рис.5.1. Укладку кольчужной сетки производят непосредственно на поверхности откоса или склона с закреплением её верхних краевых частей за пределами бровки откоса на расстоянии, определяемом при разработке проекта с целью исключения какой-либо возможности смещения сетчатого покрытия вниз по склону или откосу.

5.2. Минимальное расстояние от бровки откоса должно быть не менее 3 м. Иначе (в случае необходимости) оно должно быть обосновано при разработке проекта защитной конструкции.



Рис.5.1. Пример применения сетчатого покрытия ООО «Гео-Барьер» для защиты откосов и склонов от камнепада.

5.3. Варианты конструкций этих креплений схематически показаны на рис.5.2 и 5.3. Однако следует уточнить эти конструкции в соответствии с полученными данными в результате инженерно-геологического обследования региона строительства, в том числе и прочностными характеристиками грунтов и скальных пород в зоне расположения анкерных креплений. В любом случае смещение сети должно быть исключено.

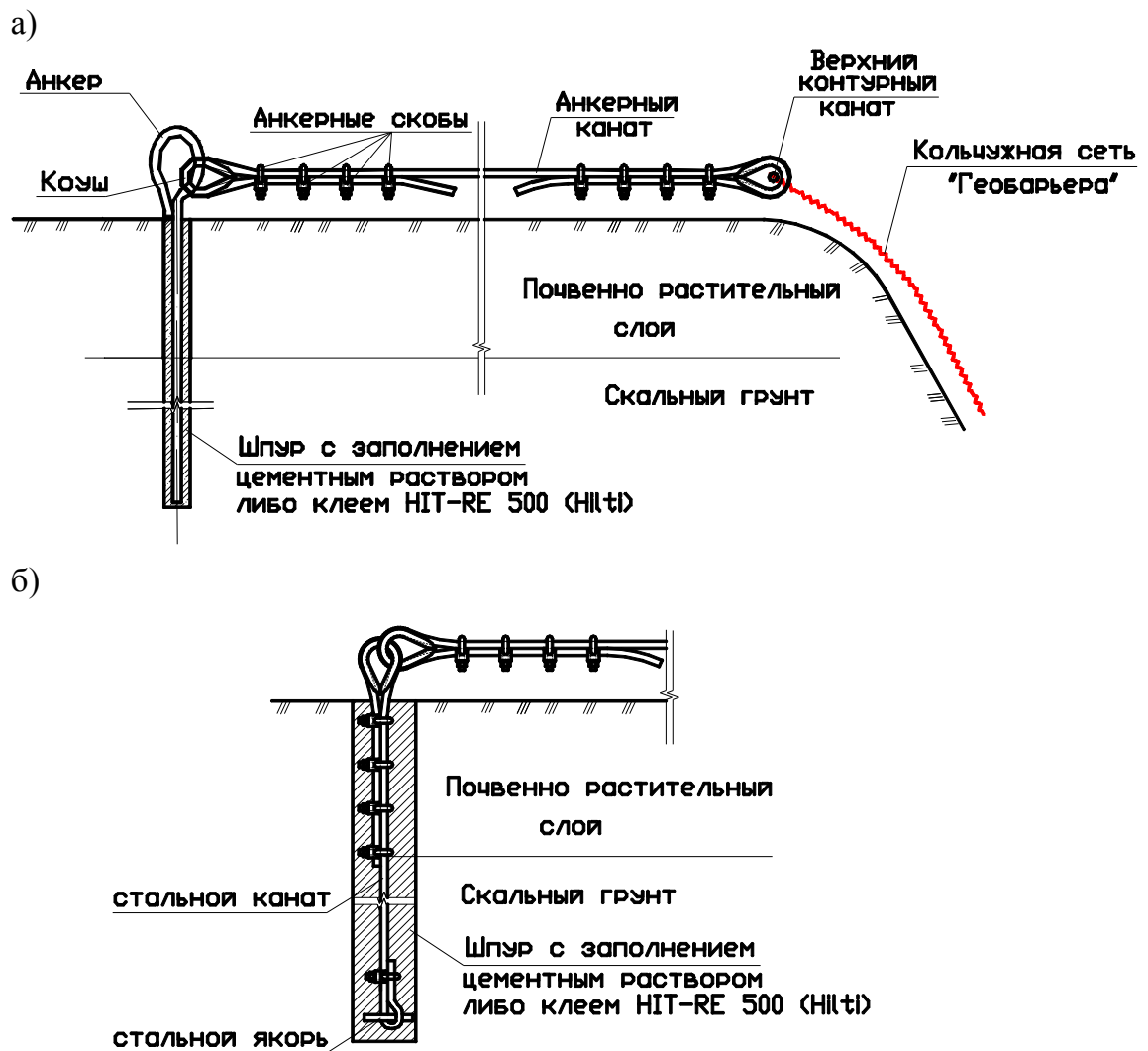


Рис.5.2. Варианты крепления кольчужной сетки с использованием вертикальных анкеров;
 а) анкер выполнен из арматурной стали;
 б) анкер выполнен из стального каната с якорным устройством на конце.

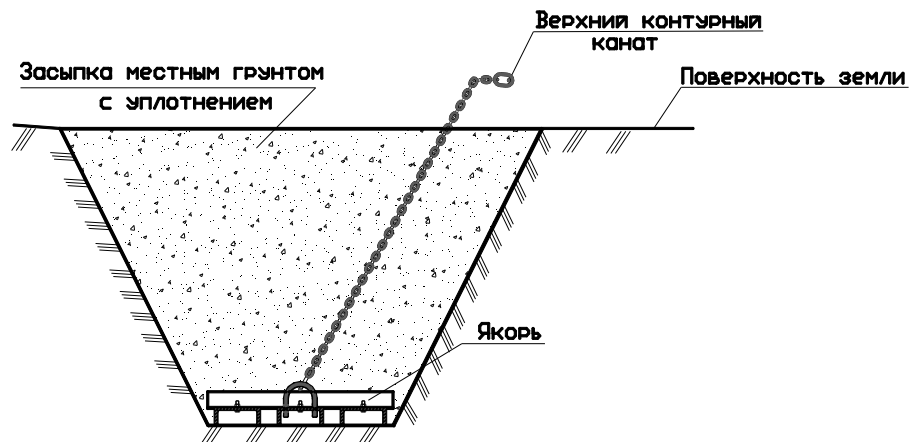


Рис.5.3. Вариант крепления сетчатых покрытий с использованием анкерных плит.

5.4. При использовании такого варианта защиты откосов и склонов следует не только выполнять работы по соединению отдельных элементов сети в единое целое с использованием скрепов, но и в обязательном порядке – осуществить устройство дополнительной улавливающей траншеи между подошвой склона и кромкой автомобильной дороги.

Ширина улавливающей траншеи должна быть не менее 2,0 м, чтобы обеспечить беспрепятственное перемещение строительной техники вдоль дороги и сброс накопленного каменного материала в установленные проектом места аккумулярования этих материалов, а также возможность их вывоза как в период строительства, так и при эксплуатации автомобильной дороги.

При наличии крупных и мелких скальных обломков и материала осыпей могут применяться комбинированные покрытия из двух сеток: кольчужной и двойного кручения.

5.5. Рекомендуются следующие конструкции сетчатых покрытий:

- вверху и внизу сетки пропускаются контурные стальные канаты, сетка с помощью анкерных стальных канатов навешивается на несущие анкера, при этом в нижней части сетка висит свободно, не доходя до поверхности земли на 0,5 - 2,0 м;

- сетка через анкерный стальной канат навешивается на анкера, спускается по откосу (склону), нижний конец сетки у подножья пропускается через контурный канат и закрепляется анкерами;

- сетка через анкерный стальной канат навешивается на анкера, спускается по откосу (склону), в нижней части сетки подвешиваются бетонные грузы.

Во всех вариантах по откосу (склону) сетка к поверхности крепится монтажными анкерами.

5.6. Несущие анкера выполняются из арматуры периодического профиля диаметром 10-40 мм. Расстояние между анкерами принимают равным 1,5 – 2,0 м. Конструкцию анкера принимают с учетом физико-механических характеристик грунта и геоморфологических условий местности. В скальных грунтах анкера вставляются в скважины, которые выполняются шпуровым способом с закреплением их цементным раствором или эпоксидным клеевым составом.

5.7. К несущим анкерам сеть крепится с помощью оцинкованных канатов. Для более плотной обтяжки склона сетью, с шагом 4м вдоль склона, на монтажных анкерах монтируются прижимные вертикальные канаты.

СХЕМА ОПИСАНИЯ ОБВАЛОВ И ОСЫПЕЙ

Описываемый фактор	Обвалы	Осыпи
1	2	3
Область отрыва (обвалы) и питания (осыпи)	<p>Генезис, возраст, морфология (высота, крутизна) склона</p> <p>Породы склона: литологические и петрографические разновидности, трещиноватость и выветрелость, условия залегания, тектонические нарушения.</p> <p>Поверхность отделения обвалившейся массы: размер, форма, свежесть и характер отделения (отрыв с опрокидыванием, оползень-обвал и т.п.).</p> <p>Растительность: наличие, характер, распространённость.</p> <p>Искусственные сооружения: откосы, улавливающие площадки, канавы, подпорные стенки и т.д., метод и время их возведения, контрольное обследование состояния, деформаций, наполнения и т.д.</p>	<p>Генезис, возраст, морфология (форма и размеры области питания – длина, крутизна, наличие перегибов, уступов).</p> <p>Породы склона: условия залегания, характер и мощность коры выветривания и её отдельных зон для каждой литологической разности.</p> <p>Отделяющиеся обломки: размер, форма, характер перемещения и их зависимость от крутизны склона, типа пород и колебаний температур (дневных и сезонных).</p> <p>Растительность: наличие, характер, распространённость, признаки прекращения осыпания в области питания.</p> <p>Искусственные сооружения: тип, время возведения, состояние.</p>
Область транзита	<p>Морфология: ложбина в склоне, русло, склон и т.п., форма в профиле и в плане, длина, высота, крутизна, наличие выступа.</p> <p>Породы: состав и условия залегания.</p> <p>Растительность: наличие и состояние.</p> <p>Состояние пути обвала: следы работы и разрушения, наличие глыб и камней, задержавшихся при обвале.</p>	<p>Морфология: профиль пути по породам, не склонным к осыпанию; длина, высота, крутизна пути, наличие желобов скатывания.</p> <p>Характер перемещения и сортировки обломков.</p> <p>Описание мест промежуточных накоплений материала в области транзита.</p>
Область отложения (обвалы) и аккумуляции (осыпи)	<p>Морфология: дно долины, пляж, бичевник, полотно дороги и т.д.</p> <p>Характер отложения: сплошной завал или участок разброса отдельных глыб; форма, размер, площадь, объём, условия залегания, средняя и максимальная дальность отлёта глыб и камней; время отложения (свежесть).</p> <p>Породы: петрографический состав, размеры и форма глыб, их сортировка, ориентировка, выветрелость и т.п.</p> <p>Растительность: характер и возраст.</p> <p>Искусственные сооружения: характер, время возведения, разрушения, перекрытие дорог и т.п.</p>	<p>Морфология: условия залегания и форма осыпи в плане (отдельные конусы – треугольные, лучевидные, трапециевидные, слившиеся в основаниях, сплошной шлейф, покров или отдельные пятна на склоне), размеры, мощность. Форма осыпи в продольном профиле, уклоны в характерных местах.</p> <p>Состав материала: петрографический и гранулометрический, его распределение, форма обломков, их выветрелость, наличие слоистости, мелкого заполнителя (его распределение и влажность).</p> <p>Подземные воды: наличие, источники обводнения.</p> <p>Другие сведения: наличие подмыва</p>

		или подрезки основания осыпи, её активность, поверхность (обнажённая, с растительным покровом, рытвинами), указания на возраст осыпи и стадию её развития.
Сведения о процессе единичного обвала	Время проявления процесса (год, дата, сезон), ход процесса, подготовка процесса (землетрясение, ураган, дождь, снегопад, взрывные работы, другие предшествующие и сопутствующие явления). Последствия проявления процесса, сведения о причинённом ущербе.	
Статистические сведения	Частота обвалов, их распределение во времени (по сезонам и времени суток), объёмы обвалов, величина отдельных камней и глыб, дальность их отлёта, основные направления и характер движения обломков при обвалах. Подвижка и активность осыпей.	
Сведения о защитных сооружениях	Наличие, состав и время сооружения, состояние и эффективность. Перспективы проектирования и строительства зданий и сооружений в осыпё-, обвало-опасном районе. Сведения об эксплуатации защитных сооружений (по материалам опроса должностных лиц и местных жителей).	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СХЕМА ОПИСАНИЯ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ОБВАЛЬНЫХ СКАЛЬНЫХ СКЛОНОВ (ОТКОСОВ)

Генетические типы	Направление трещин	Ориентировка трещин (угол падения, град.)	Степень раскрытия (ширина, мм)	Класс по модулю трещиноватости (число трещин на 1 м)	Дополнительные сведения
Первичной отдельности (диагенетические)	Перпендикулярно слоистости, рассекают пласты	Вертикальные (80-90)	Скрытые Закрытые	I. Слаботрещиноватые <1,5	Длина. Блочность. Коэффициент трещинной пустотности $K_{тп}$ (площадь трещинных пустот в массиве пород): весьма сильнотрещиноватые >10%; сильнотрещиноватые 5-10%; среднетрещиноватые 2-5%; слаботрещиноватые <2%. Выполнение трещин. Зарисовки.
Напластования	По слоистости, образуют отдельности от тонкого до толсто-плитчатых	Крутопадающие (45-80)	Открытые: - тонкие <1; - мелкие 1-5; - средние 5-20; - крупные 20-100; - очень крупные >100	II. Среднетрещиноватые 1,5-5	
Выветривания	Хаотичная ориентировка, извилистые, затухают с глубиной	Наклонные (35-45)		III. Сильнотрещиноватые 5-30	
Тектонические	Чётко выраженные системы регионального расположения	Горизонтальные (0-10)		IV. очень сильнотрещиноватые >30	

РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ СКАЛЬНЫХ ОТКОСОВ
ДЛЯ РАСЧЁТНЫХ СХЕМ В, Г, Ж, З, И, К

Расчётная схема В.

Вычисляется угол θ (рис.2.4) между нижним участком поверхности обрушения и направлением поверхности обрушения и направлением поверхности ослабления по формуле:

$$\theta = \arctg \left(\frac{\cos \varphi_k}{\sin \varphi_k + \sqrt{\frac{2C_M}{2C_M - C_{mp}}}} \right) \quad (\text{П6.1}).$$

Определяется вспомогательная высота H_M по выражению:

$$H_M = \frac{2a - f}{2\vartheta}, \quad (\text{П6.2})$$

$$\text{где } a_1 = \frac{C_M \cos \varphi_k \cos \varphi_{mp}}{\gamma_0 [\text{ctg}(\alpha_2 - \theta) - \text{ctg} \alpha_0] \sin(\alpha_2 - \varphi_{mp}) \cos(\theta + \varphi_k) \sin(\alpha_2 - \theta)}; \quad (\text{П6.3})$$

$$f = \frac{2C_{mp} \cos \varphi_{mp}}{\gamma_0 [\text{ctg}(\alpha_2 - \theta) - \text{ctg} \alpha_0] \sin(\alpha_2 - \varphi_{mp}) \sin \alpha_2}; \quad (\text{П6.4})$$

$$\vartheta = \frac{\text{ctg}(\alpha_2 - \theta) - \text{ctg} \alpha_2}{\text{ctg}(\alpha_2 - \theta) - \text{ctg} \alpha_0} \quad (\text{П6.5}).$$

Под углом θ к направлению поверхности ослабления из подошвы откоса (т.В) проводится прямая ВК.

На глубине H_M от бровки откоса проводится горизонтальная линия ОО.

Находится т.С – место пересечения линий ВК и ОО.

Из т.С под углом α_2 , равным углу наклона поверхности ослабления, проводится прямая до пересечения с дневной поверхностью в т.Д.

Линия ВСД является контуром вероятной поверхности обрушения.

Расчётная схема Г.

Определяется вспомогательная высота H_M по выражению:

$$H_0 = \frac{2a - f}{2\vartheta}, \quad (\text{П6.6})$$

$$\text{где } a = \frac{C_{mp2} \cos \varphi_{mp1} \cos \varphi_{mp2}}{\gamma_0 [\text{ctg} \alpha_1 - \text{ctg} \alpha_0] \sin(\alpha_2 - \varphi_{mp2}) \cos(\alpha_2 - \alpha_1 + \varphi_{mp1}) \sin \alpha_1}; \quad (\text{П6.7})$$

$$f = \frac{2C_{mp2} \cos \varphi_{mp2}}{\gamma_0 [\text{ctg} \alpha_1 - \text{ctg} \alpha_0] \sin(\alpha_2 - \varphi_{mp2}) \sin \alpha_2}; \quad (\text{П6.8})$$

$$\vartheta_1 = \frac{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \sin \alpha_0}{\sin(\alpha_0 - \alpha_1) \sin \alpha_2} \quad (\text{П6.9}).$$

На глубине H_0 от бровки откоса проводится горизонталь ОО.

Из подошвы откоса (т.В) проводится прямая BK под углом α_1 к горизонту, т.е. совпадает с направлением одной из систем трещин, до пересечения с линией OO в т.С.

Из т.С под углом α_2 проводится прямая до пересечения с дневной поверхностью в т.Д. Линия BCD является контуром вероятной поверхности обрушения.

Расчётная схема Ж.

По формуле (2.10) настоящих рекомендаций вычисляется вертикальный участок поверхности обрушения высотой H_{90} (см. рис.2.4), в пределах которого считается, что грунты работают на разрыв

$$H_{90} = \frac{2C_m}{\gamma_0} \operatorname{ctg}\left(45^\circ - \frac{\varphi_m}{2}\right).$$

Соппротивление на разрыв в запас безопасности принимается равным нулю.

На глубине H_{90} от бровки откоса (т.А) проводят горизонтальную прямую KZ .

Определяют ширину призмы обрушения a по формуле:

$$a = \frac{2H \left[1 + \operatorname{ctg}\alpha_0 + \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_0 + \varphi_k}{2}\right) \right] + 2H_{90}}{\operatorname{tg}\left(45 + \frac{\varphi_k}{2}\right) + \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_0 + \varphi_k}{2}\right)},$$

где H – высота рассматриваемого откоса, м;

φ_k – угол внутреннего трения массива вкрест по направлению к поверхностям ослабления, град.

Откладывают ширину призмы обрушения a от бровки откоса (участок AD).

Проводят прямую MN под углом $(45 - \frac{\varphi_k}{2})$ к линии поверхности проектируемого откоса через подошву откоса (т.М).

Опускают из точек D и A перпендикуляры DD_1 и AA_1 на линию KZ .

Из т. D_1 проводят прямую D_1T под углом $(45 + \frac{\varphi_k}{2})$ к линии KZ (в сторону откоса); из т.А

проводят прямую под углом $(45 + \frac{\varphi_k}{2})$ к линии KZ (в сторону, противоположную откосу) до пересечения с линией D_1T в узловой т.С.

Пересечение этих перпендикуляров даёт т.О, являющуюся центром окружности, из которого радиусом R проводят криволинейный участок MC поверхности обрушения.

Линия MCD_1D является контуром вероятной поверхности обрушения.

Расчётная схема З.

Строится поверхность обрушения по способу, аналогичному тому, который рекомендуется для **схемы Ж**.

На произвольно выбранном от т.М расстоянии по направлению к верхней бровке откоса (см. рис.2.4) проводится линия M_1F_1 , совмещённая с поверхностью ослабления (под углом α к горизонту).

Линия $M_1F_1CD_1D$ – контур вероятной поверхности обрушения, принимаемый для первичных расчётов.

Для отыскания критического положения поверхности обрушения необходимо выполнение второго расчёта при другом положении нижнего элемента поверхности обрушения, проводимого под углом α выше или ниже первоначального положения (в зависимости от результатов первого расчёта).

Расчётные схемы И и К.

Построение вероятных поверхностей обрушения здесь аналогично изложенному для расчётной схемы Ж.

Примечания:

1. При расчётах для построения очертаний поверхностей обрушения во всех расчётных схемах используются нормативные значения прочностных параметров, уменьшенные на коэффициент безопасности по грунтам $K_{без}$.
2. В случаях, когда вспомогательная высота (H_m, H_o, h_2, H_{90}) получается равной или больше высоты откоса, общая устойчивость которого оценивается, то это означает, что устойчивость откоса данной конфигурации является обеспеченной.

Сдвиговые параметры по контактам более пологих поверхностей ослабления для расчётной схемы Г обозначены через C_{mp1} и φ_{mp1} , а более крутых – через C_{mp2} и φ_{mp2} .

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СКАЛЬНЫХ СКЛОНОВ (ОТКОСОВ)

Оценку состояния обвальных скальных склонов (откосов) высотой до 30-40 м следует производить в зависимости от их морфометрических и инженерно-геологических характеристик по табл.П4.1. Оценка в баллах по морфологическим характеристикам склонов (откосов) приведена в табл.П4.2, по инженерно-геологическим характеристикам – в табл.П4.3.

Таблица П4.1

Характеристика	Степень опасности состояния скальных склонов (откосов)		
	особо опасный	опасный	неопасный
Сумма баллов, оценивающих степень нарушения устойчивости скальных склонов (откосов) по табл.П4.2 и табл.П4.3.	45-37	8-36	7-0

Таблица П4.2

Характеристика	Оценка состояния склонов (откосов) по морфометрическим характеристикам, баллы			
	0	2	4	6
Высота, м	3	3-6	6-12	12
Крутизна, град.	< 30	30-45	45-60	> 60
Форма поверхности	ровная	неровная	с выступами	с нависающими выступами
Расстояние от подошвы откоса до защищаемого объекта, м	> 4	4-3	3-2	< 2

Таблица П4.3

Характеристика	Оценка состояния склонов (откосов) по инженерно-геологическим характеристикам, баллы			
	0	1	2	3
Среднее число трещин на 1 м	1	2-10	11-20	> 21
Ширина раскрытия трещин, см	0	0,5	0,5-1,0	> 1,0
Глубина трещин, м	< 0,1	0,1-1,0	1,0-10,0	> 10,0
Направление угла падения трещин по отношению к площадке размещения защищаемого объекта, град.	< 20	20-30	30-40	> 40
Прочность скальных грунтов на одноосное сжатие (R_c), МПа	150-200	100-150	50-100	-
Степень выветрелости скального массива	невыветрелые	слабо выветрелые	выветрелые	сильно выветрелые
Сейсмичность, баллы	6	7	8	9

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОЙ КРУПНОСТИ ОБЛОМКОВ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ПО ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ БЛОЧНОСТИ

Расчётную крупность обломков скальных грунтов по их блочности определяют на основе инженерно-геологического обследования трещиноватости скальных откосов по их потенциальной блочности.

Для определения потенциальной блочности следует учитывать трещины свыше 10 см. Допускается объединять трещины в одну систему, если имеют одинаковую или близкую ориентацию. Трещины, полностью заполненные слабо выветривающимися минералами, такими как кварц, крепкий кальцит и т.п., при определении блочности не учитываются.

Обследование трещин проводят равномерно по всей площади откоса при числе замеров не менее 50. В случае однородности геологического строения расстояние между участками замеров следует принимать 150-300 м, при неоднородности элементов залегания скальных грунтов его следует сократить до 25-50 м.

Трещины необходимо обследовать в зависимости от сложности на различных горизонтах через 10-20 м по высоте откоса. При наличии литологических разностей трещины целесообразно измерять в каждой из них.

Расстояние между трещинами вычисляют по методу наименьших квадратов с доверительной вероятностью 0,85.

На основании полученных данных определяется размер потенциального блока Z (принимаемый за ребро куба или диаметра шара) по формуле:

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{n} \left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} + \dots + \frac{1}{I_i} \right)},$$

где n – число систем трещин;

I_1, I_2, I_i – значения расстояний между трещинами первой, второй и i -той систем ($1 < i < n$), м.

СХЕМА ОПИСАНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ТРЕЩИН

1. Принадлежность к системе трещин.
2. Форма в плане (прямая, изогнутая, полукруглая, извилистая, волнистая, ломаная, зубчатая), её длина, ориентировка относительно оси и границ оползня, направление выпуклости, положение на оползне по отношению к морфологическим элементам.
3. Ширина трещин (максимальная, минимальная и средняя), её длина и характер концов (замыкаются, доходят раскрытыми до другой трещины и т.п.).
4. Видимая глубина трещины и её падение.
5. Характер стенок трещины: гладкие – с зеркалами скольжения, бороздами и штрихами (с указанием направления последних) или неровные – шероховатые, бугристые, смятые.
6. Взаимное расположение и перепад по высоте бровок трещины.
7. Связь трещин с геологическими условиями (приуроченность к определённой породе, изменение характера при пересечении пород разного состава и т.п.).
8. Наличие заполнителя трещин и его состав.
9. Влияние трещин на гидрогеологические условия – разгрузка подземных вод, инфильтрация поверхности вод.
10. Соображение о генезисе трещин (растяжение, сдвига), о характере деформации, факторах, вызвавших их появление.
При наличии сходных трещин следует описывать по приведённой схеме отдельные наиболее крупные и типичные трещины.
11. Взаимное расположение трещин: правильно ориентированные – параллельны или пересекаются (углы пересечения) или неправильно переплетающиеся.
12. Характер сопряжения трещин в местах их пересечения и соображения о последовательности их образования.
При наличии пересекающихся трещин разного характера выделяются их типы или серии, имеющие сходную характеристику, при этом каждый тип или серия описывается отдельно.

Перечень действующих нормативных и рекомендательных документов

1. Отраслевые дорожные нормы, ГОСТы и Правила.

СНиП 2.01.07-85*	Нагрузки и воздействия.
СНиП 22-02-2003	Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования.
СНиП 2.02.01-83*	Основания зданий и сооружений.
СНиП 2.02.03-85	Свайные фундаменты.
СНиП 52-01-2003	Бетонные и железобетонные конструкции.
СНиП 2.05.02-85	Автомобильные дороги. Изд. 2001 г. с измен.
СНиП 2.06.15-85	Инженерная защита территорий от затопления и подтопления.
СНиП 3.02.01-87	Земляные сооружения, основания и фундаменты. Изд. 2001 г.
СНиП 3.06.03-85	Автомобильные дороги.
СНиП 11-01-2003	Инструкция о порядке разработки, согласования и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

СНиП 11-02-96	Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
СНиП II-7-81*	Строительство в сейсмических районах, нормы проектирования.
СНиП II-23-81*	Стальные конструкции
СНиП 12-01-2004	Организация строительства.
СП 11-102-97	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
СП 11-103-97	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-, гидрометеорологические изыскания для строительства.
СП 11-104-97	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.
СП 11-105-97	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.
	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.
	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов.
	Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями.
СП 50-101-2004	Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
СП 50-102-2003	Проектирование и устройство свайных фундаментов.
ВСН 71-70	Технические указания по применению стальных канатов для армирования предварительно напряжённых конструкций железобетонных мостов (М., Оргтрансстрой, 1970).
ВСН 181-74	Технические указания по применению сборных решетчатых конструкций для укрепления конусов и откосов земляного полотна.
ГОСТ 30416-96	Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.
ГОСТ 20276-99	Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.
ГОСТ 25100-95	Грунты. Классификация.
ГОСТ 25584-90*	Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. Изм. №1 от 1.07.94
ГОСТ 27751-88	Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту.
ГОСТ 5781-82*	Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. Взамен ГОСТ 5781-75.
ГОСТ 6727-80*	Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. Взамен ГОСТ 6727-51.
ГОСТ 7348-87*	Проволока стальная углеродистая для армирования предварительно напряжённых железобетонных конструкций. Взамен ГОСТ 7038-81.
ГОСТ 7372-79*	Проволока стальная канатная. Технические условия.

ГОСТ 9850-72*	Проволока стальная оцинкованная для сердечников проводов.
ГОСТ 7668-80*	Канат двойной свивки типа ЛК-РО конструкции.
ТУ-1275-001-75212412-04	Сеть стальная заградительная

Методические документы.

Руководство по проектированию и технологии устройства анкерного крепления в транспортном строительстве. М., ЦНИИС, Союздорнии, 1987.

Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. М., ЦНИИС, 152 с.

Руководство по проектированию оснований, зданий и сооружений. М., НИИ ОСП, 1978.

Руководство по укреплению конусов и откосов земляного полотна автомобильных дорог с использованием геосинтетических материалов и металлических сеток. М., Союздорнии, 2002.

Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог. М., Транспорт, 1982.

Методические рекомендации по проектированию и строительству свайных противооползневых конструкций на автомобильных дорогах. М., Союздорнии, 1977.

Методические рекомендации по проектированию и технологии сооружения конструкций застенного и бестраншейного дренажа. М., Союздорнии, 1989.

Методические рекомендации по проектированию и строительству поддерживающих сооружений земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах на базе буронабивных свай и анкерных креплений. М., Союздорнии, 1988.

Дополнительные источники.

1. Толмачёв К.Х. Автомобильные дороги. Специальные сооружения. М.: Транспорт, 1986.-200 с.
2. Инструкция по проектированию защиты от оползней населённых пунктов, зданий и сооружений. Министерство ЖКХ РСФСР, М., 1976.-120 с.
3. Байнатов Ж.Б. и др. Защита автомобильных дорог от оползней, обвалов и осыпей. М., Информавтодор, 1996, 76 с.
4. Перевозников Б.Ф. Инженерные изыскания для разработки дорожных противоселевых мероприятий. М., Информавтодор, 1994, вып.7, 40 с.
5. Ройнишвили Н.М. Таблицы и графики для расчёта габаритных размеров противообвальных защитных сооружений. Тбилиси, 1956.

Основные термины и определения

Анкер – крепежная деталь механическим или химическим способом способствующая соединению строительных изделий и конструкций и креплению оборудования. Также деталь, частично забетонированная в монолитную конструкцию или заложённая в скальное основание.

Выветривание – процесс физического разрушения и химического разложения горных пород под влиянием колебаний температуры, замерзания и оттаивания воды.

Защитные сооружения – сооружения, предназначенные для обеспечения требуемой степени устойчивости склона (откоса) в оползневых или обвальных зонах. К ним относятся поддерживающие, улавливающие и перепускные сооружения и устройства, берегоукрепительные сооружения и др.

Кольчужная сеть – сетка, изготовленная сплошным канатным плетением из отдельных, независимых друг от друга колец из стальной оцинкованной 7и-витковой проволоки, соединённых воедино по периметру с шестью соседними кольцами.

Лавина – быстрый сход с горного склона снежного покрова, утратившего связь с подстилающей поверхностью. Движущиеся большие массы снега и льда иногда захватывают обломки скальных пород и склоновую растительность. Лавины подразделяются по классификации на сухие, мокрые, а также лотковые (движущиеся по строго фиксированному руслу и образующие у подошвы склона конус выноса), прыгающие (движущиеся по логу, в котором имеются отвесные участки, способствующие скачкообразному сходу – отрыву лавины в виде прыжка со свободным падением на дно долины).

Лавинозащитные сооружения – комплекс инженерных сооружений для борьбы с лавинами и предохранения дороги от лавиносброса. Включают сооружения, изменяющие направление снего-ветрового потока, аккумулирующего снег на склонах, и сооружения, изменяющие направление движения самой лавины.

Обвал – внезапное обрушение с крутых горных склонов каменных глыб, камней, щебня и крупнообломочных скальных грунтов. Обычно образуется в результате интенсивного выветривания или чрезмерной подрезки склона.

Оползни-потоки – разновидности поверхностных оползней, разнообразных по форме, характеру и скорости смещения. Характерны наличием многочисленных трещин, срывов.

Осыпь – длительное (в течение многих лет) движение вниз по склону накопившейся несвязной массы мелких обломочных продуктов выветривания с малыми скоростями и только в поверхностном слое. Интенсивность движения осыпи может существенно измениться под воздействием атмосферных осадков.

Сель – поток, состоящий из воды и переносимого материала разрушенных горных пород: ила, грязи, глины, песка и камней различной крупности, – движущихся с большой скоростью по склону горы.

Тормоз-замедлитель – энергопоглощающее устройство, предназначенное для снижения воздействия динамических и ударных нагрузок.

Удар – динамическая нагрузка, обусловленная действием силы инерции в результате резкого уменьшения скорости ударяющего тела.