ЦНИИС
МИНТРАНССТРОЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ И ПРОТИВОЛАВИННЫХ ГАЛЕРЕЙ И ЭСТАКАД ДЛЯ ПРОПУСКА СКАЛЬНЫХ ОБВАЛОВ В РАЙОНАХ СЕВЕРНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Москва 1972

gost.e-ecolog.ru

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Утверждаю:

Зам. директора института

(И. НАСЕДКИН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ И ПРОТИВОЛАВИННЫХ ГАЛЕРЕЙ И ЭСТАКАД ДЛЯ ПРОПУСКА СКАЛЬНЫХ ОБВАЛОВ В РАЙОНАХ СЕВЕРНОЙ СТРОИТЕЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Москва 1972

УДК 625.164 (571.5)

П Р Е Д И С Л О В И Е

Постоянно возрастающий объем строительства защитных галерей в районах Северной строительно-климатической зоны вызвал необходимость в составлении Методических рекомендаций по проектированию сборных и сборномонолитных эстакад для пропуска скальных обвалов и противолавинных и противообвальных галерей.

Несмотря на широкое применение галерей до настоящего времени не были разработаны методика их расчета и нормативные документы по проектированию. Это приводило к тому, что в одинаковых инженерно-геологических условиях принимались различные решения по устройству галерей. Методики расчета эстакад для пропуска скальных обвалов также не существовало.

Настоящие Методические рекомендации разработаны в Закавказской лаборатории ЦНИИСа на основании опыта проектирования, строительства и эксплуатации галерей и эстакад и отдельных исследований, проведенных в ЦНИИСе.

Авторы Методических рекомендаций - кандидаты технических наук А.М.Кимберг, П.М. Неткачев и А.И. Песов. При составлении Методических рекомендаций использованы материалы Кавгипротранса, Ленгипротранса, Сибгипротранса и Желдорпроекта Закавказской железной дороги, обобщающих опыт проектирования галерей и эстакад и данные по их строительству и эксплуатации на Азербайджанской, Восточно-Сибирской, Закавказской, Сахалинской железных дорогах и автодорогах Армянской, Грузинской и Киргизской ССР.

Настоящие рекомендации рассмотрены и одобрены Главтранспроектом и Техническим управлением Минтрансстроя.

Зам.директора института (И.НАСЕДКИН)

Руководитель отделения земляного полотна и верхнего строения пути (Б.ЦВЕЛОДУБ)

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ И ПРОТИВОЛАВИННЫХ ГАЛЕРЕЙ

1. Общие положения

1.1. Проектируемые противообвальные и противолавинные галереи в течение всего срока их службы должны обеспечивать безопасность и бесперебойность движения поездов при оптимальных затратах на содержание сооружений в процессе эксплуатации.

Особое внимание при проектировании должно быть уделено надежности несущих конструкций, тщательному выполнению полного комплекса водоотводных и дренажных устройств, а также гидроизоляции, выход из строя которых может существенно осложнить эксплуатацию галерей и сократить срок их службы.

Обязательным условием нормальной эксплуатации галерей является устройство на их перекрытии амортизирующей грунтовой отсыпки, снижающей динамическое воздействие горных обвалов, снежных лавин и предотвращающей повреждения конструкций.

Проектом должны быть также предусмотрены специальные мероприятия по защите галерей от снежных обвалов и заносов с низовой стороны (срезка с низовой стороны галерей площадок, устройство надпортальных парапетных стен, сплошных низовых опор и т.п.).

1.2. Проектирование противообвальных и противолавинных галерей должно осуществляться в комплексе с другими защитными мероприятиями в виде улавливающих или ограждающих стен, траншей, рвов и т.п. в зависимости от характеристики каждого участка проектируемой магистрали.

1.3. Противообвальные галереи следует проектировать по материалам изысканий, включающих данные, приведенные в приложении 1.

1.4. Противолавинные галереи следует проектировать на основании изучения и оценки лавинной опасности на выбранной трассе дороги по материалам специальных станций и изысканий в соответствии с "Указаниями по

учету лавинной опасности и расчету снеголавинных нагрузок при проектировании сооружений" (ГУМС, 1971).

Кроме того, материалы изысканий должны содержать:

а) сведения о лавинах, включающие их классификацию по генетическому принципу и по принципу морфологии пути и состояния снега, объемы лавин и их повторяемость с привязкой по трассе (по возможности с указанием мест отрыва и натурных данных о дальности выбросов по следам прошедших лавин).

При недостаточности натурных данных расчетная дальность выброса лавин может определяться по методике Сибгипротранса согласно приложению 2;

б) сведения о снежном покрове в лавиносборах (высота, плотность, распределение на местности);

в) сведения о климатических условиях района (помесячные температурные параметры, направление и сила ветров);

г) топографические карты районов строительства в масштабе не мельче 1:25000 с нанесенными очагами лавин, путями их схода и зонами действия;

д) топографические планы участков расположения противолавинных галерей с контурами лавиноопасных зон в масштабе не мельче 1:5000 и поперечные профили в характерных местах до мест отрыва лавин в масштабе 1:2000;

е) данные инженерно-геологического обследования участков с описанием состояния покрова склонов и коренных пород по характерным поперечникам в местах проектируемых сооружений;

ж) расчетные параметры лавин - максимальную высоту и плотность снежного покрова в лавиносборах, расчетную высоту и плотность снега над проектируемым сооружением при сходе лавины и в статическом положении, коэффициент трения снега по снегу.

1.5. Проект должен предусматривать широкую индустриализацию строительства на базе современных средств комплексной механизации строительного производства.

Конструкции сборных галерей следует проектировать из крупных элементов для уменьшения количества монтажных соединений и операций, а также сокраще-

ния сроков сборки сооружений в условиях крайне ограниченного строительного сезона.

Для осмотра галерей в процессе эксплуатации необходимо предусматривать ходовые скобы и лестницы.

1.6. Размеры конструкций следует назначать исходя из принципов модульности и унификации элементов, а также максимального использования грузоподъемности транспортных средств и кранового оборудования.

2. Выбор и назначение типов противообвальных и противолавинных галерей

1.7. При проектировании противообвальных и противолавинных сооружений в условиях Северной строительно-климатической зоны галереи следует рассматривать в качестве основных конструкций, обеспечивающих безопасность движения поездов.

Противообвальные галереи целесообразно устраивать в стесненных горных условиях при крутизне нагорного склона у железнодорожного пути не менее 50-60°. При этом галереи следует применять в тех случаях, когда очаги обвала находятся на достаточном расстоянии от места расположения галерей и исключена возможность падения непосредственно на кровлю галереи скальных обломков, объемом более расчетной величины.

Противолавинные галереи целесообразно устраивать в тех случаях, когда снегосборные бассейны имеют большую площадь, а на склоне лавины проходят по узким логкам.

Проектирование защитных галерей на склонах, покрытых курумами, должно осуществляться с учетом "Рекомендаций по проектированию подпорных стен в районах Северной строительно-климатической зоны" (ЦНИИС, 1971) и в соответствии со специальными указаниями.

1.8. Выбор системы галерей следует производить исходя из величины и характера расчетных нагрузок, топографических и геологических условий соответствующих участков магистрали с учетом условий производства работ.

При выборе системы галерей необходимо учитывать следующие их особенности:

а) балочные галереи позволяют полностью освободить низовые опоры от восприятия горизонтальных составляющих реакций перекрытия, они наиболее просты в изготовлении и при монтаже. Однако с ростом расчетных нагрузок в балочных галереях резко возрастают объемы работ по перекрытиям и, как правило, по верховым опорам;

б) рамные галереи позволяют сократить объем работ по перекрытиям и опорам, что особенно существенно при больших расчетных нагрузках. Между тем в рамных галереях горизонтальная составляющая реакций перекрытия обычно передается и на низовые опоры, а ответственные стыковые соединения, выполняемые при монтаже, усложняются;

в) в арочных галереях достигается существенное снижение расхода арматуры, однако их применение ограничено благоприятными топографическими и геологическими условиями. Низовые опоры арочных галерей воспринимают значительные горизонтальные силы от перекрытия, в связи с чем конструкция их усложняется.

1.9. Окончательный выбор системы галерей должен производиться путем технико-экономического сравнения вариантов.

3. Габаритные размеры, план и профиль галерей

1.10. Размеры поперечного сечения галерей должны удовлетворять габариту приближения строений на железных дорогах колеи 1520 мм согласно ГОСТ 9238-59 с учетом электрической тяги.

Размеры поперечного сечения галерей следует назначать с учетом размещения за пределами габарита приближения строений устройств сигнализации, централизации и блокировки.

1.11. Для галерей, расположенных на кривых, необходимо учитывать уширения согласно "Указаниям по применению габаритов приближения строений", ГОСТ 9238-59 .

1.12. Защитные галереи при сплошных низовых опорах (в виде стен) должны иметь камеры шириной 4 м, высотой 2,8 м и глубиной 2,5 м и ниши шириной 2 м, высотой 2 м и глубиной 1 м. При этом камеры следует располагать в шахматном порядке в верховых и низовых опорах через 300 м (считая по каждой стороне) Ниши следует располагать между камерами через 60 м в шахматном порядке. При сквозных (например, столбчатых) низовых опорах камеры и ниши в галереях не устраиваются.

1.13. Длина защитных галерей назначается по условиям пропуска над сооружением полного объема возможного горного обвала или снежной лавины; при этом порталы противолавинных галерей желательно располагать на менее заносимых участках местности.

Для уменьшения длины противолавинной галереи в отдельных случаях, при явно выраженном лотке лавины, резко расширяющемся у проектируемого сооружения, могут применяться направляющие стенки. Плановое очертание направляющих стен должно обеспечивать пропуск лавины без стеснения живого сечения лотка (в плане раструб стен должен быть обращен в сторону галереи).

Для уменьшения длины противообвальных галерей в соответствии с местными условиями в предпортальных частях галерей могут устраиваться противообвальные улавливающие стены или другие специальные сооружения (валы, рвы и т.п.).

1.14. Профиль и план пути в защитных галереях проектируется по нормам, установленным для проектирования открытых участков трассы.

1.15. Расположение защитных галерей в плане должно по возможности обеспечивать снижение до минимума динамического воздействия на сооружение обвалов и снежных лавин.

II. РАСЧЕТ ГАЛЕРЕЙ

2.1. Расчет несущих конструкций и оснований галерей на силовые воздействия должен производиться по методу предельных состояний.

Проверке по первому предельному состоянию на

прочность и устойчивость подлежат несущие конструк - ции и основания галерей.

Проверке по второму предельному состоянию (деформациям) подлежат основания опор галерей.

Проверке по третьему предельному состоянию (трещиностойкости) подлежат железобетонные элементы несущих конструкций галерей.

2.2. Расчеты по первому и третьему предельным состояниям должны быть произведены для стадий монтажа и эксплуатации галерей.

2.3. При расчете несущих конструкций и оснований галерей учитываются возможные для данного сооружения нагрузки и воздействия согласно табл. 1.

2.4. Нагрузки и воздействия, учитываемые при расчете, следует разделять на следующие сочетания:

а) основные - включающие одну или несколько нагрузок групп А и Б ;

б) дополнительные - включающие совместно с одной или несколькими нагрузками основных сочетаний ветровую нагрузку и воздействие колебаний температуры;

в) особые - включающие сейсмические или строительные нагрузки совместно с другими нагрузками, а также сочетания, приведенные в табл. 1.

2.5. Расчеты по второму предельному состоянию должны производиться лишь на основные сочетания нагрузок, действующих на стадии эксплуатации галерей.

2.6. Расчетные нагрузки при проверке по первому предельному состоянию следует определять путем умножения нормативных нагрузок на коэффициенты перегрузок, значения которых приведены в табл. 2.

2.7. Нормативная нагрузка от собственного веса конструкций определяется по проектным объемам, а от веса устройств сигнализации, централизации, блокировки и связи - по проектным спецификациям с учетом перспективы.

2.8. При определении нормативной нагрузки от веса грунта объемный вес его следует принимать по данным лабораторных исследований.

Расчет стен галерей производится в соответствии с "Техническими указаниями по проектированию подпорных стен для транспортного строительства" (ВСН 167 - 70) и "Рекомендациями по проектированию подпорных стен в

Таблица 1

№№ пп	Наименование нагрузок и воздействий	№№ нагрузок, с которыми не учитывается данная нагрузка
	А. Постоянные нагрузки и воздействия	
1	Собственный вес конструкций	–
2	Вес и боковое давление грунта	–
3	Гидростатическое давление воды	–
4	Воздействие осадки грунта	–
5	Воздействие усадки бетона	–
6	Воздействие максимально возможного накопления продуктов выветривания горных пород на кровле	7, 8[x], 9[x], 14
	Б. Временные нагрузки и воздействия	
7	Воздействие от удара одиночного камня расчетного объема	6, 8, 9, 11, 12, 13, 14
8	Воздействие максимально возможного накопления снежного покрова на кровле	6[x], 7, 9, 14
9	Воздействие от прохождения снежной лавины	6[x], 7, 8, 11, 12, 13, 14
10	Боковое давление грунта от воздействия временной вертикальной нагрузки	–
	В. Прочие временные нагрузки и воздействия	
11	Сейсмическая нагрузка	7, 9, 12, 13, 14

Продолжение табл. 1

№№ пп	Наименование нагрузок и воздействий	№№ нагрузок, с которыми не учитывается данная нагрузка
12	Ветровая нагрузка	7, 9, 11
13	Воздействие колебаний температуры	7, 9, 11
14	Строительные нагрузки	6, 7, 8, 9, 11

---

x В отдельных случаях на основании материалов изысканий при расположении противообвальных галерей на лавиноопасных участках необходимо учитывать сочетание нагрузки 6 с нагрузкой 8 или 9.

районе северной строительно - климатической зоны (ЦНИИС, 1971).

Дополнительно следует определить минимальное значение нормативного бокового давления грунта для случая расположения галереи вплотную к откосу косогора, пользуясь максимальным значением угла внутреннего трения грунта отсыпки φ, определенным по данным лабораторных исследований.

2.9. Нормативное гидростатическое давление воды следует определять по указаниям п.112" Технических условий проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб" СН 200-62.

2.10. Нормативное воздействие осадки грунта в основаниях опор галерей статически неопределимых систем разрешается определять согласно СН 200-62, используя указания по учету осадки грунта в основаниях опор мостов.

2.11. Нормативное воздействие усадки и ползучести бетона учитывается при расчете статически неопределимых систем галерей согласно СН 365-67.

Таблица 2

Коэффициенты перегрузки n для определения расчетных нагрузок [1]

Наименование нагрузок	Значения коэффициентов перегрузки при сочетаниях нагрузок		
	основных	дополнительных	особых
А. Постоянные нагрузки			
Собственный вес выравнивающего, изоляционного, защитного слоев	I,5 и 0,9	I,5 и 0,9	I,5 и 0,9
Вес и боковое давление грунта	I,2 и 0,9	I,2 и 0,9	I,2 и 0,9
Воздействие осадки грунта	I,5 и 0,5	I,5 и 0,5	I,5 и 0,5
Воздействие усадки бетона	I,0	I,0	I,0
Остальные постоянные нагрузки	I,I и 0,9	I,I и 0,9	I,I и 0,9
Воздействие максимально возможного накопления продуктов выветривания горных пород на кровле	I,20	I,20	I,20
Б. Временные нагрузки и воздействия			
Воздействие от удара одиночного камня расчетного объема	I,30	I,I5	I,00
Воздействие максимально возможного накопления снежного покрова на кровле	I,40	I,25	I,I0
Воздействие от прохождения снежной лавины	I,45	I,30	I,20
Боковое давление грунта от воздействия временной вертикальной нагрузки	I,30	I,I0	I,00
В. Прочие временные нагрузки и воздействия			
Сейсмическая нагрузка	-	-	I,00
Ветровая нагрузка	-	I,2	I,0
Воздействие колебаний температуры	-	I,I	0,8
Строительные нагрузки	-	-	I,0

[1] Значение n больше (меньше) единицы относится к случаям, когда данная нагрузка увеличивает (уменьшает) расчетные суммарные воздействия.

2.12. Нормативную нагрузку от максимально воз - можного накопления продуктов выветривания горных пород разрешается рассматривать как увеличение объема амортизирующей отсыпки на кровле галереи; при этом расчетный угол наклона к горизонту дневной поверхности отсыпки α может быть принят равным 35°.

Боковое давление грунта отсыпки увеличенного объема на наклонную плоскость AC_1 с углом наклона $\varepsilon_н$ от вертикали CC_1 следует учитывать в сторону сооружения (рис.1). Угол $\varepsilon_н$ определяется по формуле

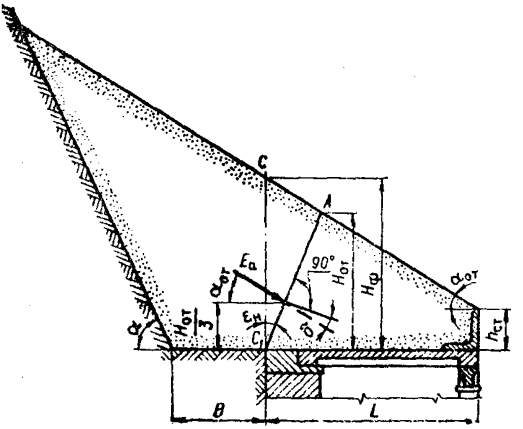


Рис.1

$$tg\,\varepsilon_н = \frac{-tg\,\varphi + \sqrt{(1+tg^2\varphi)(1+\frac{tg\,\alpha_{от}}{tg\,\varphi})}}{1+(1+tg^2\varphi)\frac{tg\,\alpha_{от}}{tg\,\varphi}}\,, \qquad (1)$$

где φ - угол внутреннего трения грунта амортизирующей отсыпки, град.;

$\alpha_{от}$ - угол наклона к горизонту дневной поверх - ности отсыпки, град.

При расположении галереи вплотную к скальному косогору величину равнодействующей активного боко - вого давления отсыпки E_a следует определять по формуле

$$E_a = \frac{\gamma H_{от}^2}{2}\lambda_a K_a\,, \qquad (2)$$

где γ – объемный вес грунта амортизирующей отсыпки, кГ/м^3;

$H_{от} = H_ф \frac{\cos\alpha_{от}\cos\varepsilon_н}{\cos\delta}$ – вертикальная проекция наклонной плоскости AC_1; (3)

$H_ф$ – высота вертикальной фиктивной грани CC_1;

δ – угол отклонения равнодействующей активного бокового давления E_a от нормали к плоскости AC_1;

$\lambda_a = \frac{\cos\delta\sin(\theta+\varepsilon_н)\cos(\theta+\varphi)}{\cos^2\varepsilon_1\cos(\alpha_{от}+\theta)\sin(\theta+\varphi+\alpha_{от})}$ – коэффициент активного бокового давления грунта;

$$tg\,\theta = \frac{-tg\,\varphi+\sqrt{(1+tg^2\varphi)(1-\frac{tg\,\alpha_{от}}{tg\,\varphi})}}{1-(1+tg^2\varphi)\frac{tg\,\alpha_{от}}{tg\,\varphi}}\ ; \qquad (4)$$

K_a[1] – коэффициент, учитывающий уменьшение величины активного бокового давления в зависимости от расстояния галереи от откоса B и крутизны откоса α (приложение 3).

Горизонтальная и вертикальная составляющие равнодействующей активного бокового давления $E_{a\,гор}$ и $E_{a\,верт}$ определяются по формулам:

$$E_{a\,гор} = E_a\cos\alpha_{от}\ ; \qquad (5)$$

$$E_{a\,верт} = E_a\sin\alpha_{от}\ . \qquad (6)$$

Точка приложения бокового давления E_a должна приниматься на расстоянии $\frac{1}{3}H_{от}$ от поверхности кровли галереи.

Если значения параметров B и α лежат в промежутках между табличными значениями, коэффициент уменьшения бокового давления K_a вычисляется по интерполяции. (см. пример расчета, приложение 4).

---

[1] Коэффициент K_a учитывается при нагорном откосе, сложенном прочными скальными породами.

2.13. Нормативная нагрузка от удара одиночного камня расчетного объема определяется по формуле

$$P = 2\gamma x\left[2tg^4(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) - 1\right]F \quad , \qquad (7)$$

где F - площадь диаметрального сечения камня расчетного объема, условно принятого шаровой формы и назначаемого по материалам специальных изысканий, $м^2$;

x - глубина проникания камня в амортизирующую отсыпку, м;

$$x = V_p \sqrt{\frac{Q}{2g\gamma F}} \sqrt{\frac{1}{2tg^4(45^\circ + \frac{\varphi}{2}) - 1}} \; . \qquad (8)$$

Q - вес камня расчетного объема, кг;

V_p - скорость камня расчетного объема в момент удара, определяемая в зависимости от типа расчетного поперечника по приложению 5, м/сек;

g - ускорение силы тяжести, $м/сек^2$.

2.14. Нормативная нагрузка от максимально возможного накопления снежного покрова на кровле галереи, вызванного завалом лавинного снега, определяется в соответствии со схемой (рис.2). Расчетный угол наклона к горизонту поверхности накопления снега α_1 следует принимать равным 15°, но не менее угла наклона к горизонту поверхности амортизирующей отсыпки на кровле галереи $\alpha_{от}$. Расчетная высота накопления снежного покрова h_c и объемный вес лавинного снега в завале γ_c назначаются по данным существующих и специально создаваемых новых метеорологических станций.

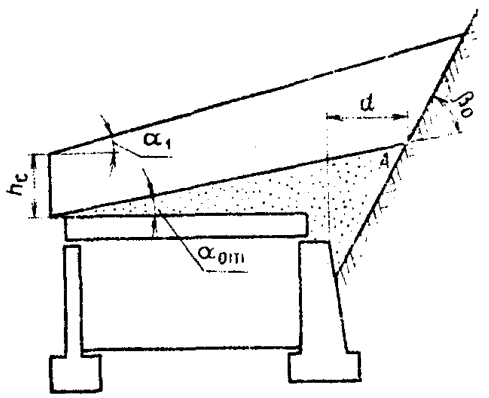


Рис.2

При этом расчетная высота накопления снежного покрова должна приниматься не менее 3 м для редко

сходящих небольших и не менее 6 м – для часто сходящих или больших лавин.

2.15. Нормативное воздействие от прохождения снежной лавины принимается в виде сочетания следующих нагрузок:

а) равномерно распределенной вертикальной нагрузки от веса лавинного снега, определяемой по формуле

$$q = \gamma_c h_л , \qquad (9)$$

где $h_л$ – расчетная высота слоя лавинного снега, м;

б) нормального к поверхности амортизирующей отсыпки давления от удара снежной лавины, определяемого по формуле

$$p_л = \frac{\gamma_c}{g} V_л^2 \sin^2 \beta_0 , \qquad (10)$$

где $p_л$ – давление от удара снежной лавины, кГ/м^2;

β_0 – угол между направлением удара и поверхностью амортизирующей отсыпки;

$V_л$ – скорость движения лавины в момент удара, м/сек., определяемая из выражения

$$S = 2{,}3 \frac{a}{\kappa^2} \lg \frac{a - \kappa V_0}{a - \kappa V} - \frac{V - V_0}{\kappa} ; \qquad (11)$$

S – длина участка пути одинакового уклона, м;

$a = g(\sin \alpha_n - f \cos \alpha_n)$ – ускорение движения, м/сек^2;

α_n – крутизна склона на участке, град.;

f – коэффициент трения лавинного снега при движении;

κ – коэффициент сопротивления движению лавины, зависящий от площади снегосборного бассейна и определяемый по графику, приведенному на рис.3;

V_0 – скорость движения лавины в начале участка, м/сек., определяемая по формуле

$$V_0 = V_{n-1} \cos(\alpha_n - \alpha_{n-1}) ; \qquad (12)$$

V_{n-1} – скорость движения лавины в конце предыдущего участка, м/сек.;

α_{n-1} – угол наклона предыдущего участка, град.;

V – скорость движения лавины в конце данного участка, м/сек; при площади снегосборного бассейна более 20 га

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2g\,(\sin\alpha_n - f\cos\alpha_n)S}\ . \qquad (13)$$

Пример определения скорости движения лавины приведен в приложении 6.

При недостаточности натурных наблюдений расчетная дальность выброса лавин может быть определена по методике Сибгипротранса, приведенной в приложении 2.

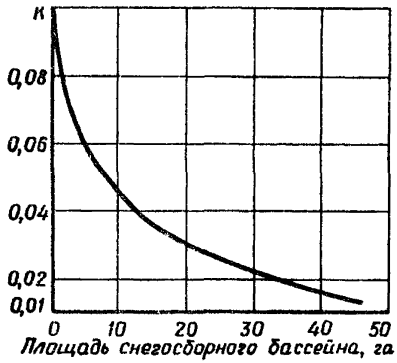


Рис.3

Максимальная скорость пылевидных и прыгающих лавин, не зависящая от уклона пути, определяется по формуле

$$V_{max} = \sqrt{2gh\frac{\rho_c}{\rho_б}}, \qquad (14)$$

где h – высота снежного покрова, образующего лавину, м;

ρ_c – плотность снега, кГ/м^3;

$\rho_б$ – плотность воздуха, принимаемая равной 1,25 кГ/м^3;

в) действующей в плоскости поверхности амортизирующей отсыпки и направленной в сторону движения лавины силы трения, определяемой по формуле

$$t = (q\cos\alpha_{от} + \gamma_л)f - q\sin\alpha_{от}\ , \qquad (15)$$

где t – удельная сила трения, кГ/м^2.

При определении нормативного воздействия от прохождения лавины давление от удара $p_л$ и составляющую $p_л f$ удельной силы трения можно не учитывать в случаях, когда расстояние d от галереи до вершины A угла β_0 (см.рис.2), образованного поверхностью

амортизирующей отсыпки со склоном, превышает $2h_л$ или 15 м. Это положение не распространяется на воздействие пылевидных и прыгающих лавин.

2.16. Нормативное боковое давление грунта от воздействия временной вертикальной нагрузки определяется в соответствии с "Рекомендациями по проектированию подпорных стен в районе северной строительно-климатической зоны" (ЦНИИС, 1971).

2.17. Нормативная величина сейсмических нагрузок определяется согласно СНиП II-А.12-69.

2.18. Нормативная горизонтальная поперечная ветровая нагрузка в соответствии с СН-200-62 принимается интенсивностью, равной 180 кГ/м^2 на расчетную ветровую поверхность, а при особых сочетаниях нагрузок (в том числе при монтаже) - 50 кГ/м^2.

Расчетная ветровая поверхность низовых опор галерей, выполненных в виде стоек, принимается с коэффициентом 0,4.

2.19. Нормативное колебание температуры, учитываемое при расчете статически неопределимых галерей, и коэффициент линейного расширения, равный 0,00001, принимается в соответствии с СН-200-62.

2.20. Строительные нагрузки, действующие при монтаже галерей, транспортировке и изготовлении элементов, принимаются по проектным данным с учетом предусматриваемых условий производства работ, максимально возможного веса оборудования и веса людей.

При этом собственный вес элементов сборных конструкций следует вводить в расчет с динамическим коэффициентом 1,5 (коэффициент перегрузки к собственному весу элементов не вводится).

III. КОНСТРУИРОВАНИЕ ГАЛЕРЕИ

1. Фундаменты верховых и низовых опор

3.1. Проектирование фундаментов верховых и низовых опор галерей производится согласно требованиям СНиП II-Б.1-62, СНиП II-А.12-69, а также ВСН-61-61.

3.2. Фундаменты опор смежных секций галерей рекомендуется закладывать на одном уровне. В случае

заложения фундаментов опор смежных секций на разных отметках переход от более углубленных к менее углубленным рекомендуется осуществлять уступами высотой не более 50 см. В скальных грунтах уступы могут устраиваться без ограничений по высоте.

3.3. При конструировании сплошных низовых стен галерей предпочтение следует отдавать железобетонным сборным ленточным фундаментам. В случае монолитных фундаментов их конструкция должна предусматривать индустриальные способы производства работ (применение инвентарной опалубки, специальных бетоноукладчиков и т.п.).

3.4. Для железобетонных фундаментов следует применять бетон проектной марки не ниже 200. При устройстве бетонных конструкций следует применять бетон марки не ниже 150 или бутовую кладку из камня марки не ниже 400 при растворе марки не ниже 100.

3.5. В нескальных грунтах между раздельными фундаментами рекомендуется устраивать железобетонные распорки вдоль галареи.

3.6. Для повышения сопротивления фундаментов опор галерей сдвигу подошве фундаментов рекомендуется придавать уклон в зависимости от свойств грунтов основания.

3.7. В соединениях стаканного типа глубину заделки стоек опор следует принимать не менее 1,1 наибольшего размера поперечного сечения стойки и не менее длины анкеровки стержней арматуры стойки в бетоне.

Толщину стенок стакана поверху следует принимать не менее 25 см и не менее 0,75 высоты верхней ступени фундамента. Стенки стаканов рекомендуется армировать замкнутыми сварными хомутами или спиральной арматурой и проверять расчетом.

Минимальный размер зазора между стенками стакана и стойкой принимается 7,5 см поверху и 5,0 см понизу. Глубину стакана необходимо назначать на 5,0 см больше глубины заделки стойки.

2. Верховые и низовые опоры

3.8. При выборе типов верховых и низовых опор галерей предпочтение следует отдавать сборным железо-

бетонным конструкциям из крупноразмерных элементов или конструкциям с использованием бетонных блоков при условии надлежащего их замоноличивания с учетом требований сейсмостойкости (устройство антисейсмических поясов, применение шпоночных соединений, перевязка швов).

3.9. Для уменьшения объемов верховых опор рекомендуется применять разгружающие консоли и контр - форсы, а при наличии скального косогора - анкеровку опор.

3.10. Низовые и верховые опоры защитных галерей должны обладать продольной жесткостью для сопротивления не учитываемым расчетом продольным составляющим лавинного или обвального воздействия, а также сейсмическим нагрузкам, направленным вдоль галереи.

3.11. Для железобетонных опор следует применять бетон проектной марки не ниже 300, а для бетонных блоков - не ниже 200.

3.12. Низовые и верховые сборные железобетонные опоры в пределах каждой секции должны быть объединены поверху продольными ригелями или сваркой закладных деталей.

Соединения перекрытий с опорами в зависимости от назначения галереи должны рассчитываться на восприятие горизонтальных составляющих от прохождения снежной лавины или удара одиночного камня расчетного объема, а также на срезающие или выдергивающие усилия от сейсмической нагрузки.

3. Перекрытия

3.13. При выборе типа сборных железобетонных перекрытий галерей балочного типа предпочтение следует отдавать конструкции из Т -образных бездиафрагменных блоков или плит. Там, где позволяют местные условия, и при технико-экономической целесообразности перекрытия рекомендуется выполнять с разгрузочными консолями с нагорной стороны.

3.14. Для предварительно напряженных элементов перекрытий рекомендуется применять стержневую арматуру класса не ниже А-IУ.

3.15. Для перекрытий следует применять бетон марки не ниже 300, для предварительно напряженных элементов - не ниже 400.

3.16. Блоки сборных перекрытий в пределах каждой секции должны быть объединены между собой путем сварки закладных деталей или шпоночными соединениями, а также устройством защитного слоя с металлической сеткой.

4. Амортизирующая отсыпка

3.17. Толщину амортизирующей отсыпки противообвальных галерей по оси пути следует назначать из условия расчетной глубины x проникания камня (см.п.2.13) и принимать равной $1{,}5\,x$, но не менее 1,5 м.

Поверхности амортизирующей отсыпки противообвальных галерей рекомендуется придавать уклон 20°.

3.18. Толщину амортизирующей отсыпки противолавинных галерей над низовыми опорами следует принимать не менее 0,3 м. Поверхности амортизирующей отсыпки противолавинных галерей необходимо придавать уклон из условия плавного сопряжения с косогором для снижения до минимума ударного воздействия лавины, зависящего от параметров $\alpha_{от}$ и β_0 (см. пп. 2.15,б и 2,15,в). При этом угол $\alpha_{от}$, образованный поверхностью отсыпки с горизонтом (см.рис.2), рекомендуется принимать не менее $12 - 15^{\circ}$.

3.19. С целью предотвращения разрушения низовая часть амортизирующей отсыпки должна быть укреплена мощением или выкладкой из железобетонных плит индустриального изготовления на ширину не менее 1,0 м и поддерживаться упором соответствующей высоты, расположенным на перекрытии галереи.

5. Гидроизоляция, водоотвод и дренаж

3.20. Гидроизоляция перекрытия должна быть водонепроницаемой, достаточно прочной и выполняться из тиоколовых герметиков, армированных стеклосеткой в соответствии с "Техническими указаниями по устройству тиоколовой гидроизоля. и на пролетных строениях для железнодорожных мостов в северной строительно-климатической зоне" (ВСН 177-72).

3.21. Для обеспечения водоотвода с поверхности амортизирующей отсыпки при пересечении водотоков должно быть предусмотрено устройство бетонных лотков, перепадов, консольных водосбросов, приемных колодцев и т.п.

3.22. Для отвода воды с перекрытия защитному слою необходимо придавать продольный и поперечный в низовую сторону уклоны не менее 3%, а также предусматривать устройство в пониженных местах водоотводных трубок. Длина консолей водосбросов назначается из условия устранения возможности попадания воды в галерею с низовой стороны.

3.23. Для отвода талых вод, стекающих с косогора и образующихся в процессе таяния занесенного внутрь галереи снега, в верховом кювете у порталов и в пределах галереи следует устраивать водоприемные колодцы.

Отвод воды из колодцев должен осуществляться с помощью поперечных труб или закрытых лотков.

3.24. Для отвода грунтовых вод, поступающих к защитной галерее с верховой стороны, должно быть предусмотрено устройство продольного непрерывного застенного дренажа типа штольни, связанного с водоприемными колодцами.

В верховых опорах рекомендуется предусматривать специальные шахты для осмотра и ремонта застенного дренажа.

3.25. С целью предотвращения замерзания воды и образования наледей при проектировании водоотводных конструкций необходимо предусматривать устройство теплоизоляции.

IУ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭСТАКАД (ВИАДУКОВ) ДЛЯ ПРОПУСКА СКАЛЬНЫХ ОБВАЛОВ

1. Общие указания

4.1. Эстакады (виадуки) для пропуска скальных обвалов следует применять в исключительных случаях, когда трасса железнодорожной линии пересекает глубокие и узкие лога, по которым происходит движение скальных обломков при обвалах.

4.2. Проектирование и расчет эстакад (виадуков) следует вести в соответствии с действующими нормативными документами по проектированию мостов.

4.3. При проектировании эстакад (виадуков) для пропуска скальных обвалов необходимо избегать устрой-

ства промежуточных опор на пути преобладающего движения скальных обломков.

В случае необходимости устройства опор в зоне возможного прохождения скальных обвалов опоры должны быть защищены специальными сооружениями - камнеотбойными стенами из железобетона, бетона, камня с амортизирующей отсыпкой (рис.4) и проверены расчетом на динамическое воздействие скальных обвалов согласно п.2.13 настоящих Рекомендаций.

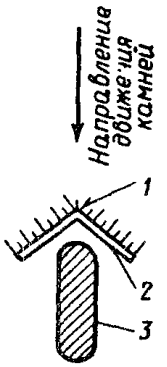


Рис.4: 1-амортизирующая отсыпка; 2-камнеотбойная стена; 3-опора

2. Определение отметки низа пролетного строения

4.4. Отметка низа пролетных строений эстакад (виадуков) со стороны косогора (рис.5) должна назначаться в зависимости от максимального отклонения траектории движущихся камней от поверхности склона в вертикальном направлении в створе сооружения. Максимальное отклонение определяется формулой

$$a_{max} = \frac{V_p^2(tg\,\alpha_m - ctg\,\beta)^2}{2g(1+ctg^2\beta)}, \quad (19)$$

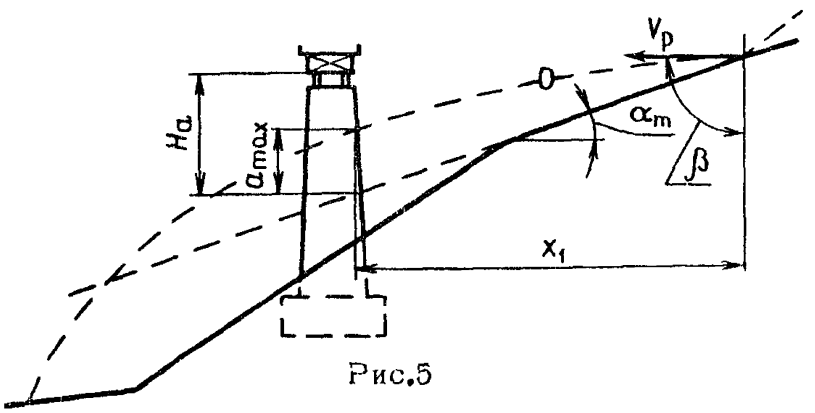


Рис.5

где V_p - расчетная скорость движения камня у сооружения, определяемая по приложению 5;

α_m - угол крутизны нагорного склона в точке опасного удара камня о склон (град.), которая определяется координатой x_1, вычисляемой по формуле

$$x_1 = \frac{V_p \sin\beta(\operatorname{tg}\alpha_m - \operatorname{ctg}\beta)}{g} \quad ; \qquad (17)$$

β – угол отражения, отсчитываемый от вертикали и определяемый по табл.1 приложения 5, град.

При назначении отметки низа пролетного строения расстояние H_a (см.рис.5) определяется по формуле

$$H_a \geq a_{max} + 1 \quad , \qquad (18)$$

и принимается от поверхности склона (при склоне,имеющем однообразный уклон) или мысленного продолжения склона крутизной α_m от опасной точки (при склоне ломанного очертания).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

НЕОБХОДИМЫЕ ДАННЫЕ И СПОСОБ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ ГАЛЕРЕЙ

Наименование работ по этапам	Необходимые данные для проектирования противообвальных галерей	Способ определения расчетных параметров и получение необходимых данных
Сбор данных по обвальному участку	Характер и размеры имевших место горнообвальных явлений Протяженность фронта обвалов, места падения и размеры камней Последствия горно-обвальных явлений и применявшиеся мероприятия по борьбе с ними Климатические особенности района	Сбор сведений осуществляется в геологических фондах. Используются архивы местных и центральных организаций, литературные данные, сведения, полученные в результате опроса местных старожилов
Топографические работы	План местности в горизонталях Поперечные профили	Съемка плана местности выполняется в масштабе не менее I:2000. При этом план должен охватывать весь обвальный участок как с нагорной, так и с низовой сторо ны. На плане отражаются геоморфологические элементы и формы рельефа местности (ложбины, тальвеги, водоразделы, выступающие скальные карнизы и т.п.) Поперечные профили должны быть выполнены в масштабе не менее I:500. При съемке поперечных профилей должны быть заснятъ все характерные переломы профиля до самых верхних водораздельных отметок, с которых возможно падение камней
Инженерно-геологические работы	Геологическое строение горно-обвального участка Характер, мощность, глубина и элементы залегания коренных пород, наличие тектонических нарушений, степень выветрелости пород, основная система трещин и величина отдельностей Состояние поверхностного покрова Геологические разрезы по характерным поперечникам в местах проектирования сооружений Физико-механические свойства горных пород: γ_1 - объемный вес коренных пород и делювиальных грунтов слагающих нагорный склон, т/м^3; σ - допускаемое напряжение на грунты в основании галерей, кг/см^2; γ - объемный вес грунта амортизирующей отсыпки, т/м^3; φ - угол внутреннего трения грунта амортизирующей отсыпки, град.	Инженерно-геологические работы проводятся путем детального обследования горно-обвального участка с производством разведочных и лабораторных работ. Обследованию подлежат области отрыва, транзита и отложения пород. Разведочные работы (расчистка, устройство скважин и шурфов) выполняются для изучения характера залегания горных пород и их состояния, а также для определения их мощности. Лабораторные работы проводятся с целью определения физико-механических свойств горных пород.

Наименование работ по этапам	Необходимые данные для проектирования противообвальных галерей	Способ определения расчетных параметров и получение необходимых данных
Опытные работы по определению и уточнению расчетных параметров	Определение расчетной величины камней и осыпей Выявление основных направлений и характера движения обломков горных пород. Уточнение границ горнообвального участка Уточнение расчетной (конечной) скорости камней V_p у места предполагаемой защиты Уточнение расчетных значений угла отражения β	Расчетная величина камней и осыпей устанавливается на основании анализа статических данных, осмотра и обследования скальных обнажений, обмера осыпей и обломков горных пород, задержавшихся на пологих участках склона и у места проектируемого сооружения. Основное направление и характер движения обломков горных пород, а также уточнение границ обвального участка устанавливается при опытном сбрасывании камней (искусственных обвалах). Опытное сбрасывание камней производится с самых верхних точек скального косогора. Во время опытного сбрасывания устанавливается также объем и форма камней, дошедших до места предполагаемой защиты. Уточнение расчетной скорости V_p производится во время опытного сбрасывания камней с помощью киносъемки. Предварительно в створе предполагаемого сбрасывания камней в пределах интересующего участка через 2-3 м устанавливаются вешки. Падение камней, заснятое на кинопленку в пределах установленных вешек, расшифровывается с помощью микрофото или кинопроектора. При этом путем проекции на бумагу положения камня в каждом кадре получаем в целом траекторию его падения. Скорость падения камня в пределах определенного участка $$V_{kc} = \frac{S}{t},$$ где S – протяжение участка траектории, в пределах которого необходимо определить осредненную скорость; t – время движения камня в пределах участка, определяется из выражения $$t = \frac{n_k}{n_c};$$ n_k – количество кадров, зафиксированных на бланке расшифровки в пределах участка, на котором определяется конечная скорость; n_c – скорость съемки (количество кадров в секунду). Протяженность участка траектории определяется по бланку расшифровки. При этом масштаб устанавливается по высоте вешек и расстоянию между ними. Расчетные значения угла отражения β уточняются по наибольшим замеренным в натуре при сбрасывании дальностям падения камней ℓ_k (расстояние от места падения камня до подошвы склона) и определяются из выражения $$\ell_k = \frac{V_p^2 (\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{Ctg}\beta)^2}{2g \operatorname{tg}\alpha (1 + \operatorname{Ctg}^2\beta)},$$ где V_p – конечная расчетная скорость, м/сек; α – крутизна склона, град.

Приложение 2

Методика определения расчетной дальности выброса лавин 1%-ной обеспеченности при отсутствии или недостаточности натурных наблюдений по А.Н.Кожевникову (Сибгипротранс)

Путем анализа рельефа по топографическим картам, аэровизуальными наблюдениями и наземными обследованиями (с помощью геоморфологических и геоботанических методов) выделяются лавинные очаги.

На местности устанавливаются видимые границы максимального лавинного выброса по каждому очагу и, кроме того, на пути следования разыскиваются следы вторых, ближайших к максимальным, дальностей выбросов.

Используя геоботанические методы или опросы старожилов, определяется давность (возраст) максимальных выбросов каждой лавины.

С помощью формулы Н.Н.Чегодаева подсчитывается вероятность превышения двух установленных на местности дальностей выброса

$$p = \frac{H - 0,3}{n + 0,4} \times 100, \%,$$

где H – номер члена ранжированного ряда случайных явлений;

n – суммарное число членов ряда.

При подсчетах по этой формуле длины путей схода лавины, найденные на местности, принимаются соответственно за первый и второй члены ранжированного ряда, а число членов ряда принимается равным возрасту максимального выброса.

Пользуясь готовой таблицей ординат кривых распределения (при $C_s = 2 C_v$), приведенной в "Наставлении по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки" (Москва, 1961), по отношению двух зафиксированных на местности дальностей выбросов подсчитанной обеспеченности определяется ближайший больший коэффициент вариации ряда C_v, характеризующий одну конкретную кривую распределения для этого лавинного очага:

$$L_1 = K_1\bar{L}, \quad L_2 = K_2\bar{L}, \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{K_1}{K_2},$$

где $\bar{L}$ – среднемноголетняя дальность выброса лавины;

L_1 – максимальная зафиксированная дальность выброса;

L_2 – ближайшая к максимальной дальность выброса;

K_1 и K_2 – соответствующие данной обеспеченности табличные ординаты кривой распределения, зависящие от коэффициента вариации.

По установленной таким образом кривой распределения вычисляется расчетная дальность выброса лавины 1%-ной обеспеченности, которая и используется для оценки лавинной опасности и корректировки скоростей движения в формулах ТНИИС или Эльмесова-Кумыкова.

При невозможности определения на местности для какой-либо лавины двух дальностей выбросов, необходимых для выбора кривой распределения, последняя может быть принята по аналогии. В качестве аналога используется кривая распределения одной из соседних лавин, имеющая наибольший для данного района коэффициент вариации.

Для лавин, у которых по каким-либо причинам границы выброса вообще не установлены или нет подходящего аналога, можно рекомендовать вести определение расчетной дальности выброса, пользуясь кривой распределения с наибольшим табличным коэффициентом вариации ($C_v = 1{,}2$). В этом случае необходимы натурные наблюдения за фактическими дальностями выбросов таких лавин за период не менее двух лет.

Приложение 3

Коэффициент K_a уменьшения бокового давления грунта амортизирующей отсыпки

(по данным Закавказской лаборатории ЦНИИСа)

	K_a			
$B/H_ф$	$\alpha = 60^0$	$\alpha = 70^0$	$\alpha = 80^0$	$\alpha = 90^0$
0	0,880	0,765	0,625	0,450
0,1	0,931	0,819	0,684	0,517
0,2	0,969	0,864	0,738	0,579
0,3	0,991	0,904	0,787	0,687
0,4	0,999	0,936	0,831	0,691
0,5	1,000	0,968	0,869	0,740
0,6	1,000	0,982	0,903	0,784
0,7	1,000	0,991	0,932	0,826
0,8	1,000	1,000	0,956	0,863
0,9	1,000	1,000	0,974	0,895
1,0	1,000	1,000	0,988	0,923
1,1	1,000	1,000	0,997	0,947
1,2	1,000	1,000	1,000	0,966
1,3	1,000	1,000	1,000	0,981
1,4	1,000	1,000	1,000	0,992
1,5	1,000	1,000	1,000	0,998
1,6	1,000	1,000	1,000	1,000

Приложение 4

Примеры по определению основных параметров нагрузок на противообвальные галереи

А. Нормативное боковое давление грунта отсыпки при максимально возможном накоплении продуктов выветривания горных пород на кровле галереи определяется согласно п.2.12 (при $\varphi = 40^\circ$, $\gamma = 1{,}7$ т/м^3, $\alpha_{от} = 35^\circ$, $\theta = 0$, $L = 8{,}0$ м, $\alpha = 70^\circ$ и $h_{ст} = 1{,}0$ м).

$$\operatorname{tg}\varepsilon_н = \frac{-\operatorname{tg}40^\circ + \sqrt{(1+\operatorname{tg}^2 40^\circ)\left(1+\frac{\operatorname{tg}35^\circ}{\operatorname{tg}40^\circ}\right)}}{1+(1+\operatorname{tg}^2 40^\circ)\frac{\operatorname{tg}35^\circ}{\operatorname{tg}40^\circ}} = \frac{-0{,}839+\sqrt{1{,}704\times 1{,}835}}{1+1{,}704\times 0{,}835} = 0{,}384;$$

$$\varepsilon_н = 21^\circ;$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{-\operatorname{tg}40^\circ + \sqrt{(1+\operatorname{tg}^2 40^\circ)\left(1-\frac{\operatorname{tg}35^\circ}{\operatorname{tg}40^\circ}\right)}}{1-(1+\operatorname{tg}^2 40^\circ)\frac{\operatorname{tg}35^\circ}{\operatorname{tg}40^\circ}} = \frac{-0{,}839+\sqrt{1{,}704\times 0{,}166}}{1-1{,}704\times 0{,}835} = 0{,}731;$$

$$\theta = 36^\circ 10';$$

$$\lambda_a = \frac{\cos 14^\circ \sin 57^\circ 10' \cos 76^\circ 10'}{\cos^2 21^\circ \cos 71^\circ 10' \sin 111^\circ 10'} = \frac{0{,}9703\times 0{,}8403\times 0{,}2391}{0{,}9336^2\times 0{,}3228\times 0{,}9325} = 0{,}743;$$

$$H_ф = L\operatorname{tg}\alpha_{от} + h_{ст} = 8{,}0\times 0{,}7 + 1{,}0 = 6{,}6 \text{ м};$$

$$H_{от} = 6{,}6\,\frac{\cos 35^\circ \cos 21^\circ}{\cos 14^\circ} = 6{,}6\,\frac{0{,}819\times 0{,}934}{0{,}970} = 5{,}2 \text{ м}.$$

По таблице приложения 3 находим для B=0 при $\alpha=70^{\circ}$ значение $K_a = 0{,}765$.

Величина равнодействующей активного бокового давления отсыпки определяется по формуле (2)

$$E_a = \frac{1{,}7 \times 5{,}2^2}{2} \times 0{,}743 \times 0{,}765 = 13{,}1 \text{ т.}$$

Горизонтальная и вертикальная составляющие равнодействующей активного бокового давления отсыпки определяются по формулам (5) и (6):

$$E_{a\,гор} = 13{,}1 \cdot \cos 35^{\circ} = 13{,}1 \cdot 0{,}819 = 10{,}7 \text{ т;}$$

$$E_{a\,вер} = 13{,}1 \cdot \sin 35^{\circ} = 13{,}1 \cdot 0{,}574 = 7{,}5 \text{ т.}$$

Точка приложения равнодействующей находится на расстоянии $\frac{5{,}2}{3} = 1{,}73$ м от поверхности кровли галереи.

4. Нормативная нагрузка от удара одиночного камня

При расположении галереи в основании склона однообразной крутизны ($\alpha = 70^{\circ}$), при высоте падения обломков скальной породы и склона H=50 м скорость падения камня на кровлю галереи определяется согласно приложению 5 по формуле

$$V_p = \varepsilon \sqrt{H}.$$

По табл.2 (приложение 5) при $\alpha = 70^{\circ}$ коэффициент $\varepsilon = 3{,}43$,

$$V_p = 3{,}43 \sqrt{50} = 24{,}3 \approx 25 \text{ м/сек.}$$

Нормативная нагрузка от удара одиночного камня определяется по формуле (7).

При расчетном объеме камня 1,0 $м^3$, условно принятого шарообразной формы, радиус шара $R=\sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}}=0{,}62$ м, а площадь диаметрального сечения

$$F = \pi R^2 = 3{,}14 \cdot 0{,}62^2 = 1{,}2 \text{ м}^2.$$

Тогда глубина проникания камня в амортизирующую отсыпку при $\gamma = 1{,}7$, $Q = 2{,}5$ т, $\varphi = 40^{\circ}$ и $F = 1{,}2$ $м^2$ определится по формуле (8)

$$x = 2{,}5\sqrt{\frac{2500}{2\cdot 9{,}81\cdot 1700\cdot 1{,}2}}\sqrt{\frac{1}{2\,tg^4(45^\circ+\frac{40^\circ}{2})-1}} = 0{,}98 \text{ м.}$$

При этом величина P определяется по формуле (7)

$$P = 2\cdot 1700\cdot 0{,}98\left[2\,tg^4(45^\circ+\frac{\varphi}{2})-1\right]\cdot 1{,}2 = 164{,}5 \text{ т.}$$

Сила удара P (по Н.М.Ройнишвили) будет распределяться через амортизирующую отсыпку в предположении плоского распределяющего действия ее под углом $\varphi = 40^\circ$ к направлению удара. Угол падения камня принимаем равным 70° к горизонту согласно приложению 5.

Длина участка галереи, воспринимающей удар:

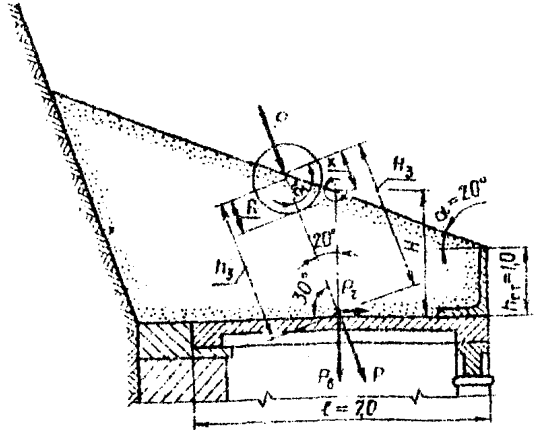
$$b_p = 2R + 2h_3\cdot tg40^\circ = 2\cdot 0{,}62 + 2\cdot 2{,}47\cdot 0{,}839 = 5{,}38 \text{ м (см. рисунок).}$$

$$H = 1{,}0 + 3{,}5\,tg\,20^\circ = 2{,}27;\quad S_3 = 90^\circ + 20^\circ = 110^\circ;$$

$$\delta_1 = 180^\circ - 110^\circ - 20^\circ = 50^\circ;\quad H_3 = H\frac{\sin 110^\circ}{\sin 50^\circ} =$$

$$= 2{,}27\frac{0{,}94}{0{,}755} = 2{,}83 \text{ м;}$$

$$h_3 = H_3 - x + R = 2{,}83 - 0{,}98 + 0{,}62 = 2{,}47 \text{ м.}$$



Тогда ударная сила на 1 пог.м галереи

$$p = \frac{P}{b_p} = \frac{164{,}5}{5{,}38} = 30{,}6 \text{ т/м .}$$

При этом горизонтальная составляющая

$$p_г = 30{,}6 \cdot \cos 70^\circ = 30{,}6 \cdot 0{,}342 = 10{,}5 \text{ т/м},$$

вертикальная составляющая

$$p_в = 30{,}6 \cdot \sin 70^\circ = 30{,}6 \cdot 0{,}94 = 28{,}8 \text{ т/м}.$$

Приложение 5

Определение расчетной скорости падения камня на галерею в момент удара (по Н.М. Ройтишвили)

При определении расчетной скорости падения камня на галерею следует различать два характерных случая расположения галерей на горно-обвальных участках:

I случай. Галерея расположена в подошве скального косогора и падение обломков скальной породы возможно непосредственно на кровлю галереи (рис.1). Угол падения обломка на галерею рекомендуется принимать равным среднему уклону крутизны косогора.

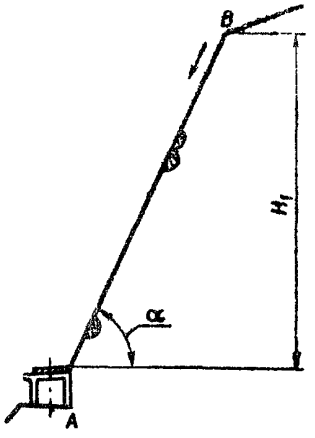


Рис.1

II случай. Галерея расположена у крутого откоса выемки, которым подрезан более пологий участок горного склона, и падение обломков скальной породы на галерею возможно только после их удара о пологий участок склона (рис.2).

Согласно схеме метода попыток находится на склоне такая точка M, после удара о которую камень падает в середину пролета галереи. Скорость падения определяется формулой

$$V_p = \sqrt{V_к + 2gH_1}; \qquad (19)$$

угол ψ находится из уравнения

$$tg\,\psi = ctg\,\beta \sqrt{1 + \frac{2gH_1}{V_к^2 \cos^2\beta}}, \qquad (20)$$

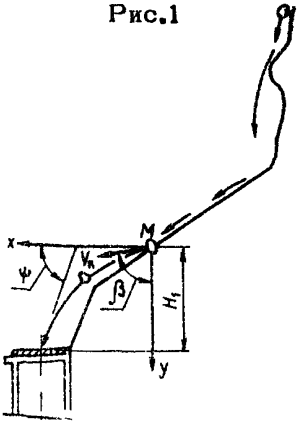


Рис.2

где $V_к$ – скорость камня в точке М, м/сек,

β – угол отражения (табл.1).

Скорость движения камня в точке М определяется по одному из нижеприведенных типов косогоров.

Расчетные скорости движения камней по склонам однообразной крутизны следует определять по формуле

$$V_р = \varepsilon\sqrt{H_1},$$

где ε – коэффициент, определяемый по табл.2;

H_1 – высота падения камня.

При крутизне склонов менее 40°, покрытых густым мелким кустарником или лесом, расчетные скорости следуем умножать на коэффициент $\eta = 0{,}8$.

При оголенных склонах, крутизной более 35° с выступающими скальными обнажениями расчетные скорости следует умножать на коэффициент $\eta = 1{,}2$. При этом расчетная скорость не должна превышать $V_р \leq 4{,}43\sqrt{H_1}$.

При определении расчетных скоростей движения камней по склонам переменной крутизны следует различать четыре характерных типа склонов.

Тип 1. Склоны уступчатого профиля с отдельными уступами высотой до 5 м и ломанные склоны с длиной отдельных участков менее 10 м или при разнице в углах крутизны до 5°.

Расчетные скорости движения камней следует определять как при однообразном склоне по спрямленному профилю (по среднему углу крутизны склона).

Тип 2. Ломанные склоны 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).

Расчетные скорости следует определять по формуле

$$V_р = \Sigma\varepsilon_i\left(\sqrt{H_i} - \sqrt{H_{i-1}}\right).$$

Коэффициент ε_i принимается по табл.2.

Тип 3. Ломанные склоны с отдельными участками при углах крутизны $\alpha < 28\text{–}30^\circ$ и крутыми участками с $\alpha \leq 60^\circ$ при длине участков более 10 м и при разнице в углах крутизны смежных участков более 5° (рис.4).

Расчетные скорости рекомендуется определять путем вычисления их по отдельным участкам с учетом замедления движения на пологих элементах склона.

В конце каждого участка, кроме самого верхнего, скорость определяется по формуле

$$V_{K(i)} = \sqrt{V_{0(i)} + H_i \varepsilon_i^2} ,$$

где

$$V_{0(i)} = V_{K(i-1)} \cos(\alpha_{(i-1)} - \alpha_{(i)});$$

в случае, когда $\alpha_{(i-1)} > \alpha_{(i)}$,

и $V_{0(i)} = V_{K(i-1)}$, если $\alpha_{(i-1)} < \alpha_{(i)}$,

где $V_{K(i-1)}$ – скорость в конце пологого участка склона.

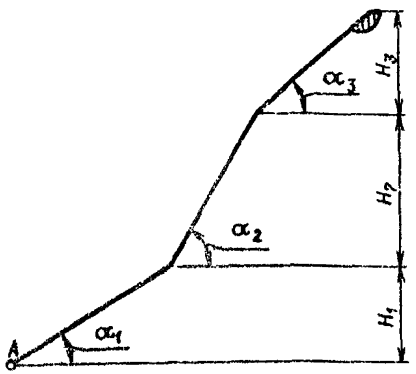


Рис.3. Схема поперечного профиля склона (тип 2)

В подошве верхнего крутого участка склона скорость рассчитывается по формуле

$$V_K = \varepsilon \sqrt{H_1};$$

при $\alpha < 30^0$ коэффициент ε_i определяется по формуле

$$\varepsilon_i = \sqrt{2g(1 - K_i \operatorname{ctg} \alpha_i)},$$

где $K = 0{,}0048\ \alpha + 0{,}416$.

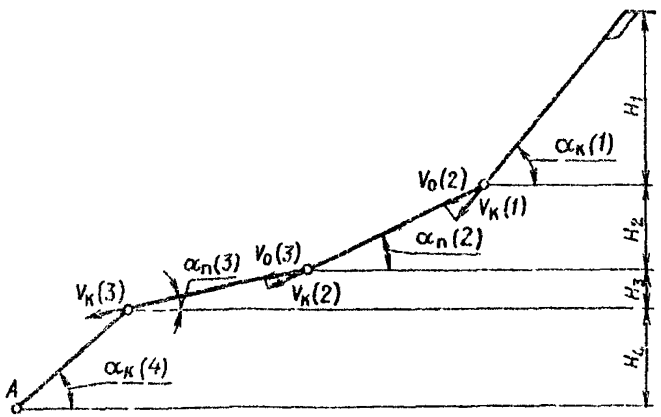


Рис.4. Схема поперечного профиля склона (тип 3)

Тип 4. Ломанные склоны с очень крутыми участками при $\alpha > 60^{\circ}$ и высотой более 10 м (рис. 5). Расчетная скорость в точке А определяется по формуле

$$V_p = \sqrt{V_{t(0)}^2 + \varepsilon^2 H_2},$$

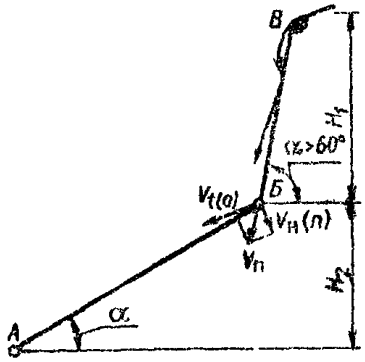


Рис.5. Схема поперечного профиля склона (тип 4)

где $V_{t(0)}$ – тангенциальная составляющая скорости отражения в точке Б, определяемая по формуле

$$V_{t(0)} = (1-\lambda) V_n \cos(\alpha_1 - \alpha);$$

V_n – скорость движения камня в точке Б

$$V_n = \varepsilon_1 \sqrt{H_1}.$$

Коэффициент ε_1 определяется по табл.2.

λ – коэффициент мгновенного трения, принимается по табл.3 в зависимости от характера поверхностного покрова и рода поверхностного слоя грунта на участке протяжением не менее 15 м непосредственно у подошвы крутого склона.

Таблица I

УГЛЫ ОТРАЖЕНИЯ β
(по Ройнишвили Н.М.)

V_p	α°												
м/сек	20	23	25	28	30	33	35	38	40	42	45	52	60
10	103°	103°	103°	102°50'	102°	101°	100°	98°20'	96°55'	95°30'	92°52'	85°20'	74°15'
11	100°	100°	100°	99°30'	99°	98°	97°	95°15'	94°	92°30'	90°	82°50'	72°
12	97°11'	97°	97°	96°30'	96°10'	95°	94°10'	92°30'	91°15'	90°10'	87°25'	80°20'	70°
13	95°	94°30'	94°30'	94°	93°,45'	92°30	91°45'	90°10'	89°	87°30'	85°12'	78°25'	68°15'
14	93°06'	92°38'	92°15'	91°40'	91°20'	90°15'	89°25'	87°50'	86°40'	85°20'	83°	76°20'	66°23'
15	91°30'	90°52'	90°20'	89°40'	89°10'	88°15'	87°20'	86°	84°42'	83°25'	81°	74°34'	64°53'
16	90°04'	89°12'	88°48'	88°	87°20'	86°30'	85°30'	84°20'	82°50'	81°31'	79°25'	73°	63°30'
16,5				86°58'									
17	88°50'	88°56'	87°15'	86°27'	85°35'	84°40'	83°45'	82°30'	81°15'	80°	77°50'	71°35'	62°10'
18	87°50'	86°37'	85°55'	84°58'	84°	83°05'	82°15'	81°	79°55'	78°30'	76°25'	70°15'	61°10'
19	86° 50'	85°36'	84°50'	83°47'	82°46'	81°35'	80°45'	79°25'	78°20'	77°	75°	69°	60°
20	86°	84°38'	83°47'	82°35'	81°31'	80°21'	79°30'	78°	77°	75°50'	73°50'	67°40'	59°
21	85°08'	83°47'	82°49'	81°35'	80°28'	79°14'	78°10'	76°47'	75°44'	74°32'	72°30'	66°38'	58°
22	84°28'	83°03'	82°02'	80°41'	79°31'	78°08'	77°	75°36'	74°33'	73°26'	71°22'	65°40'	57°10'
23	83°54'	82°19'	81°15'	79°51'	78°24'	77°18'	76°11'	74°30'	73°26'	72°18'	70°20'	64°39'	56°15'
24	83°16'	81°38'	80°34'	70°01'	77°49'	76°17'	75°16'	73°37'	72°30'	71°16'	69°21'	63°44'	55°29'
25	82°45'	81°05'	79°54'	78°25'	77°06'	75°32'	74°28'	72°40'	71°35'	70°20'	68°24'	62°53'	54°48'
27	81°45'	80°01'	78°48'	77°09'	75°50'	74°06'	72°59'	71°07'	70°06'	68°54'	67°07'	61°18'	53°10'
30	80°34'	78°41'	77°24'	75°35'	74°10'	72°20'	71°05'	69°09'	68°	66°49'	64°49'	59°11'	51°20'
32	79°54'	78°08'	76°37'	74°44'	73°18'	71°19'	70°06'	68°	66°50'	65°38'	63°32'	57°55'	50°24'
35	79°	77°	75°35'	73°27'	72°08'	70°06'	68°42'	66°39'	65°24'	64°05'	61°54'	56°13'	48°55'
38	78°20'	76°11'	74°45'	72°41'	71°07'	69°08'	67°39'	65°25'	64°08'	62°45'	60°32'	54°42'	47°25'
40	77°55'	75°45'	74°17'	72°10'	70°36'	68°25'	66°59'	64°46'	63°26'	62°05'	59°40'	53°46'	46°47'

Примечание. α – угол крутизны склона перед сооружением;

V_p – расчетная скорость в створе сооружения.

Таблица 2

Коэффициенты ε
(по Н.М.Ройнишвили)

α	ε	α	ε	α	ε	α	ε	α	ε	α	ε	α	ε	α	ε
30	I,II	38	2,I4	46	2,68	54	3,00	62	3,23	70	3,43	78	3,72	86	4,I3
3I	I,33	39	2,2I	47	2,70	55	3,03	63	3,25	7I	3,45	79	3,76	87	4,20
32	I,5I	40	2,30	48	2,75	56	3,06	64	3,28	72	3,50	80	3,8I	88	4,27
33	I,68	4I	2,35	49	2,79	57	3,I0	65	3,30	73	3,54	8I	3,85	89	4,34
34	I,77	42	2,43	50	2,88	58	3,I2	66	3,32	74	3,58	82	3,90	90	4,43
35	I,86	43	2,48	5I	2,88	59	3,I4	67	3,35	75	3,62	83	3,94		
36	I,99	44	2,55	52	2,92	60	3,I7	68	3,37	76	3,67	84	4,00		
37	2,08	45	2,58	53	2,96	6I	3,I9	69	3,4I	77	3,69	85	4,06		

Коэффициенты ε могут уточняться предварительным сбрасыванием камней на сбвальном участке и приниматься при проценте обеспеченности р = I%.

Таблица 3

Коэффициенты λ
(по Н.М.Ройнишвили)

Характер поверхностного покрова	λ
Скальные обнажения	0,1
Плотный крупнообломочный делювий	0,3
Одернованная гладкая поверхность	0,1
Рыхлый делювий, застрявшие камни, осыпь и т.д.	0,4
При неглубоком залегании коренных пород у поверхности склона (0,5 м)	0,3

Приложение 6

Примеры по определению основных нормативных нагрузок на противолавинные галереи

1. Определение скорости движения лавины

Определение скорости движения лавины производится по расчетному профилю. Значения элементов рассматриваемого профиля приведены в таблице.

№ участка	Длина пути S, м	Крутизна склона на участке α_n, град.	Ускорение движения лавины a, $м/сек.^2$	Коэффициент сопротивления движения лавины k	Скорость в конце участка V, м/сек.
1	290	22	0,95	0,06	13,6
II	770	30	2,37	0,06	34,8
III	225	28	2,00	0,06	34,3
IУ	315	19	0,40	0,06	20,2
У	190	33	2,90	0,06	30,3
У1	105	6	-1,90	0,06	15,0
УII	29	0	-2,95	0,06	0

Определение скорости производится последовательно по участкам методом подбора, до места остановки лавины (V = 0). Расчет ведется по формуле (11) согласно п.2.15,б.

Например, для участка 1. При f = 0,3 и V_0 =0. Выбираем скорость V = 14 м/сек. Подставляя значения в формулу (11), получим

$$S = 2{,}3 \frac{0{,}95}{0{,}06^2} \lg \frac{0{,}95 - 0{,}06 \cdot 0}{0{,}95 - 0{,}06 \cdot 14} - \frac{14 - 0}{0{,}06} = 335 \text{ м}$$

$$335 > 290.$$

Как видно, выбранная скорость не удовлетворяет длине участка 1. Принимаем скорость V = 13,6 м/сек. Тогда

$$S = 2{,}3\,\frac{0{,}95}{0{,}06^2}\,\ell q\,\frac{0{,}95 - 0{,}06\cdot 0}{0{,}95 - 0{,}06\cdot 13{,}6} = \frac{13{,}6}{0{,}06} = 289\ \text{м}.$$

$$289 \approx 290.$$

Отклонение полученного расстояния от действительного рекомендуется не более 2%, что удовлетворяется в конкретном случае.

Для участка II $V_0 = 13{,}6$ м/сек, $f = 0{,}3$. Определение скорости ведется аналогично участку 1. Результаты определения скоростей по участкам сведены в таблицу.

Получаемая дальность выброса лавины может быть откорректирована по местным признакам (геоморфологическим, геоботаническим и др.). При расхождении значений дальности выброса, полученных по формуле и по местным признакам более чем на 10%, величины скоростей движения лавины корректируются обратным расчетом.

II. Определение основных нормативных нагрузок от прохождения снежной лавины

А. При $\gamma_c = 400$ кГ/м^3 и $h_л = 4{,}0$ м равномерно распределенная вертикальная нагрузка согласно п.2.15,а определяется по формуле (9)

$$q = 400 \times 4{,}0 = 1600\ \text{кГ/м}^2.$$

Б. При $\gamma_c = 400$ кГ/м^3, $V_л = 30{,}3$ м/сек и $\beta_0 = 20^\circ$ нормальное к поверхности амортизирующей отсыпки давление от удара снежной лавины согласно п.2.15,б определится по формуле (10)

$$p_л = \frac{400}{9{,}81} \times 30{,}3^2 \times 0{,}342^2 = 4380\ \text{кГ/м}^2.$$

В. При $q = 1600$ кГ/м^2, $p_л = 4380$ кГ/м^2, $\alpha_{от} = 12^\circ$ и $f = 0{,}3$ величина сдвигающей силы, действующей в плоскости поверхности амортизирующей

отсыпки, направленной в сторону движения лавины и вызванной силами трения, определяется формулой (15) согласно п.2.15,в

$$t = (1600 \times 0{,}978 + 4380) \times 0{,}3 - 1600 \times 0{,}208 = 1450{,}6 \text{ кГ/м}^2.$$

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВООБВАЛЬНЫХ И ПРОТИВОЛАВИННЫХ ГАЛЕРЕЙ 4

1. Общие положения..... 4
2. Выбор и назначение типов противообвальных и противолавинных галерей..... 6
3. Габаритные размеры, план и профиль галерей..... 7

II. РАСЧЕТ ГАЛЕРЕЙ..... 8

III. КОНСТРУИРОВАНИЕ ГАЛЕРЕЙ..... 18

1. Фундаменты верховых и низовых опор.... 18
2. Верховые и низовые опоры..... 19
3. Перекрытие..... 20
4. Амортизирующая отсыпка..... 21
5. Гидроизоляция, водоотвод и дренаж..... 21

IV. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭСТАКАД (ВИАДУКОВ) ДЛЯ ПРОПУСКА СКАЛЬНЫХ ОБВАЛОВ..... 22

1. Общие указания..... 22
2. Определение отметки низа пролетного строения..... 23

ПРИЛОЖЕНИЯ..... 25

Редактор И.А.Сумбатян
Корректор М.Ф.Шувалова

Подп.к печ. 6/IУ-72г. Л51664
Заказ 21. Тираж 299 экз.
Объем 2,6 п.л. + 3 вклейки.
Ротапринт ЦНИИСа.

gost.e-ecolog.ru