

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ГАЛЕРЕИ С АРОЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ЛАВИН

Абдужабаров А.Х.¹, Бегматов П.А.², Эшонов Ф.Ф.³, Маткаримов А.Х.⁴

¹д-р. техн. наук, проф., Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Узбекистан;
a.abdujabarov@mail.ru

²и.о. доц., Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Узбекистан;
pbegmatov1986@mail.ru

³ст. преподаватель, Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Узбекистан;
farhod83@mail.ru

⁴канд. техн. наук, доц., Ташкентский государственный транспортный университет (ТГТУ), Узбекистан;
abdurashidmatkarimov1952@gmail.com

Аннотация: В статье изложены результаты натурных, модельных и теоретических научных исследований для определения сейсмических инерционных сил и воздействия лавины на галерею.

АРКА КАПТАГАН ГАЛЕРИЯНЫН СЕЙСМИКАЛЫК ТУРУКТУУЛУГУН ЖАНА КАР КӨЧКҮЛӨРДҮН ТААСИРИНИН АНЫКТОО

Абдужабаров А.Х., Бегматов П.А., Эшонов Ф.Ф., Маткаримов А.Х.

Аннотация: Макалада сейсмикалык инерцияны жана кар көчкүнүн галереяга тийгизген таасирин аныктоо боюнча толук масштабдуу, моделдик жана теориялык илимий изилдөөлөрдүн натыйжалары берилген.

SEISMIC RESISTANCE OF A GALLERY WITH ARCH COATING AND DETERMINATION OF IMPACTS FROM AVALANCHES

Abdujabarov A.Kh., Begmatov P.A., Eshonov F.F., Matkarimov A.Kh.

Abstract: The article presents the results of full-scale, model and theoretical scientific studies to determine seismic inertial and avalanche effects on the gallery.

Существующие нормы и расчеты по проектированию лавинозащитных галерей позволяют определить скорость и силу напора снежной лавины разной по физике и турбулентности без учета конструкции самой галереи, которые имеют различные динамические характеристики и способны в различной степени сопротивляться действию лавины и сейсмическим силам.

Использование насыпей для защиты галерей от скоростных лавин возможно, если ширина насыпи более 30 метров, т.к. ударная сила лавины может превысить срезные силы грунта, что определяется по закону Ш.Кулона и подтверждается реальными последствиями воздействия лавины на галереи, а также экспериментальными исследованиями на моделях [1].

Однако из последствий воздействия лавин известно о срезе насыпей шириной более 30 м. Это можно объяснить снижением угла внутреннего трения грунта при вибродинамическом воздействии, что отражено было в исследованиях академика А.Н. Узбекистана Х.А. Рахматулина и проф. Д.Д. Баркана [2, 3]. Снижение угла внутреннего трения грунта проявляется в различной степени в зависимости от свойств грунтов и частот вынужденных колебаний, которые возникают при сходе лавин.

Ранее проделанные теоретические и экспериментальные исследования балочных галерей позволили определить прогибные деформации балки при воздействии лавины, что увеличивает исходную ударную нагрузку лавины. При этом происходит снижение на подпорную стенку галереи и увеличение нагрузки на опорную колонну, что снижает общую устойчивость балочной галереи. При воздействии лавины на арочную галерею значительных изгибных деформаций не происходит и ударная нагрузка от лавины перераспределяется в большей степени на подпорную стенку, устойчивость которой обеспечивается активным давлением грунта, имеющее противоположное направление, а на опорную колонну с бортовым элементом – снижение нагрузки. Все эти выявленные эффекты увеличивают общую устойчивость галереи с арочным покрытием от действия скоростной лавины, которая создает высокочастотные колебания как при скоростном движении поездов или при взрывных работах при строительстве дорог – до 70 герц.

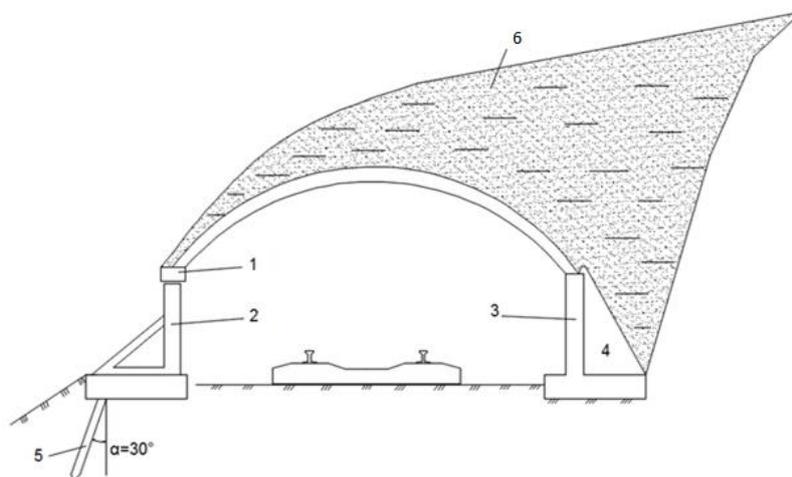


Рис. 1. Конструкция лавинозащитной галереи с арочным покрытием по оси дороги с забивкой сваи

1-бортовой элемент, 2-колонна, 3-подпорная стена, 4-контрфорс, 5-свая, 6-грунт засыпки.

Следует особо отметить, что физика движения лавины и ее воздействия на защитные сооружения изучена недостаточно. Примером может служить последствия схода лавины в горной местности Наманганской области Республики Узбекистана в 1960 г. Язык лавины закончился не доходя 40-50 метров до села, а жилище селения было частично разрушено от потока воздушной массы, которая сосредотачивается

впереди снежной лавины, обладает мощной разрушительной силой и создает сейсмические колебания. В последствиях схода лавин отмечалось, что при прохождении массы снега внутри построенных открытых галерей от возникновения вакуума были унесены люди и небольшое оборудование, что требует сооружения дополнительных ограждающих конструкций. Вероятно можно частично объяснить этими сложными физическими процессами высокого скопления воздуха впереди лавины, созданием вакуума внутри галереи и трудно объяснимого сосредоточения ударной нагрузки на максимально заглубленную часть галереи, что создает наилучшие условия для галереи с арочным покрытием открытого типа, снижая нагрузки на бортовой элемент и на опорные колонны.

Для наглядности в помощь проектировщикам лавинозащитных галерей сделан анализ возможных сходов лавин на железных дорогах г. Ангрен, г. Андижан, г. Наманган, г. Коканд с осредненными уклонами гор и наличия деревьев, которые влияют на скорость и частоту колебаний от лавин.

Нормативную воздействие от лавины определяется в виде сочетания следующих нагрузок [4, 5].

1. Равномерно распределенной вертикальной нагрузки от веса снега:

$$q = \gamma_c h_{л} ; \quad (1)$$

γ_c – объемный вес снега лавины;

$h_{л}$ – расчетная высота слоя снега лавины, м.

2. Нормативная нагрузка к поверхности амортизирующей отсыпки давления удара лавины:

$$P_{л} = \frac{\gamma_c}{g} v_{л}^2 \sin^2 \beta_0 ; \quad (2)$$

β_0 – угол между направлением удара и поверхностью амортизирующей отсыпки;

$v_{л}$ – скорость движения лавины в момент удара, определяется из выражения

$$S = 2,3 \frac{a}{k^2} l g ; \quad \frac{a - kv_0}{a - kv} = \frac{v - v_0}{k} ; \quad (3)$$

S – длина участка пути одинакового уклон, м;

a – ускорение движения массы лавины, м/сек².

$$a = g(\sin \alpha_{п} - f \cos \alpha_{п}) \quad (4)$$

f – коэффициент трения лавинного снега при движении.

k – коэффициент сопротивления движения лавины, зависящей от площади снегосборочного бассейна и определяется по графику (Рис-2)

v_0 – скорость движения лавины в начале участка, м/с;

$v_{п-1}$ – скорость движения лавины в конце предыдущего участка, м/с;

$\alpha_{п-1}$ – угол наклона предыдущего участка, град;

v – скорость движения лавинк в конце данного участка, м/с.

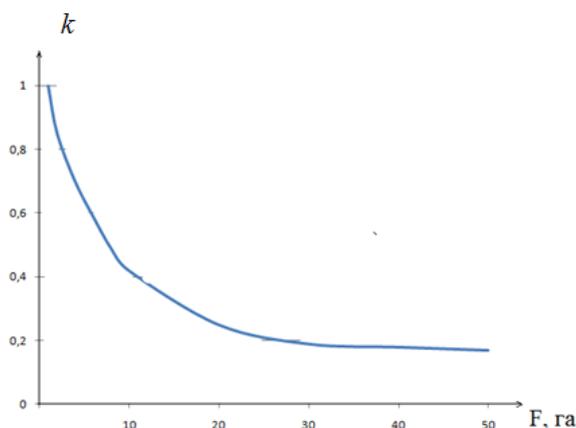


Рис. 2. Значение k от площади снегосборочного бассейна (S).

$$v = \sqrt{v_{п}^2 - 2g(\sin\alpha_{п} - f\cos\alpha_{п})S}; \tag{5}$$

Максимальная скорость пыливидных и прыгающих лавин не зависит от уклона пути:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2ghP_c}{P_B}}; \tag{6}$$

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

P_c – плотность снега, н/м³;

P_B – плотность воздуха, $P_B = 12,5$ н/м³.

Определение скорости движения лавины по осредненному профилю – табл. №1.

№	Длина пути м	Кругизна участке 2 П град	Ускорение движения лавины м/сек ²	Коэффициент сопротивления движения лавин	Скорость в конце участке м/с
1	290	29	1,15	0,5	16,5
2	680	27	2,5	0,5	39,8
3	290	21	2,1	0,5	38,4
4	465	17	0,7	0,5	34,1
5	283	21	1,1	0,5	21,2
6	69	8	-0,8	0,5	12,0
7	41	0	-2,1	0,5	0

Обследование воздействия лавин на инженерные сооружения включая мосты, подпорные стенки, водопропускные сооружения и полотно дорог позволили предложить более упрощенную схему воздействия лавин [4]. Давление от удара снежной лавины на 1м² амортизирующей отсыпки нормально к ее поверхности зависит от скорости движения лавины и конструкции сооружения:

$$P_L = v \cdot \gamma_c \frac{v_c^2}{g} \sin^2\alpha \cdot h_c; \tag{7}$$

v_c – скорость движения лавины;

ν – коэффициент учитывающий жесткость конструкции галереи, для рамных галерей $\nu = 1$, для арочных – $\nu = 0,8$, для балочных – $\nu = 0,9$, при устройстве в грунте засыпки прокладки из стеклоткани – $\nu = 0,7$;

α – угол между поверхностью амортизирующей отсыпки и направлением движения лавины;

g – ускорение силы тяжести;

h_c – толщина слоя снега, м.

При движении лавины при перекрытии галереи, за счет трения между снежной массой и амортизирующей отсыпкой возникает сдвигающая сила – T .

$$T = \gamma_c f L \left(\frac{v^2}{g} \sin^2 \beta \cdot h_c \cdot \cos \beta \right) k_y \cdot \nu; \quad (8)$$

где β – угол наклона поверхности амортизирующей отсыпки к горизонту;

f – коэффициент трения лавинного снега при движении;

L – длина перекрытия, м;

γ_c – объемный вес снега;

γ_c – объемный вес грунта засыпки;

v – скорость движения лавины;

k_y – коэффициент учитывающий плотность снега, для слежавшегося

$k_y = 0,9$, для рыхлого $k_y = 0,7$;

ν – коэффициент учитывающий жесткость конструкции перекрытия галереи, для рамных и арочных – $\nu = 1,0$, для балочных – $\nu = 0,9$.

Для наглядности получены осредненные величины нормального давления к поверхности амортизирующей отсыпки для балочной конструкции галереи $P_L = 22090$ н/м², для арочной галереи $P_L = 19200$ н/м². Значение сдвигающей силы направленной в сторону движения лавины равна, для балочной – $T = 1200$ н/м², для арочной галереи – $T = 1100$ н/м².

Обследование результатов воздействия лавин на инженерные сооружения и сопоставления с теоретическими расчетами позволяют утверждать, что результаты теоретических расчетов превышают реальность. Потому следует брать с коэффициентом $m = 0,8$ для балочных и рамных галерей, а для арочных с коэффициентом $m = 0,7$.

При определении сейсмической нагрузки следует учесть эффект снижения от конструкции фундаментов опорной колоны и подпорной стенки с контрфорсами: $-\lambda_a$ [6].

$$S = Q \beta k_c \cdot \lambda_a \quad (9)$$

λ_a – коэффициент учитывающий изолирующие свойства применения сложных фундаментов.

Выводы

1. Применение конструкции сложного фундамента со сваей для колоны галереи и подпорные стены с контрфорсами снижает сейсмические инерционные силы и высокочастотные колебания от лавины.
2. Результаты теоретических и экспериментальных исследований лавинозащитных галерей позволяют рекомендовать применение арочных галерей, по устойчивости воздействию лавин сейсмическим силам и по экономическим обоснованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абдужабаров А.Х., Иманалиев Т.Б.** Конструкции противолавинных галерей с учетом скорости лавин и сейсмичности района//Вестник КГУСТА. Вып. 1 (27). Бишкек, 2010.
2. **Рахматулин Х.А., Жубаев Н., Ормонбеков Т.** Распространение волн деформаций. Бишкек. Имм, 1985.-148 с.
3. **Баркан Д.Д.** Динамика оснований и фундаментов. Москва: изд-во и типолит. № 1 Стройвоенмориздата, 1948 (Ленинград). - 412 с.
4. **Абдужабаров А.Х.** Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог. КАСИ, Бишкек. 226 с.1996 г.
5. **Инструкция по проектированию и строительству противолавинных сооружений.** СН 517-80-М. Стройиздат. 1980 г. с.16
6. **СНиП Строительство транспортных сооружений в сейсмических районах.** ШНК 2.01.20-16. Ташкент 2016.
7. **Ракым у. А.** Моделирование узловых соединений конструкций коридоров мобильных сооружений. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2021. – № 1 (11). – С.42-54.
8. **Сатыбалдиев Р.А.** Анализ результатов замера вибрационных колебаний покрытия дорог местного значения. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2021. – № 2 (12). – С. 16-25.
9. **Мырзаев Т.К., Миталипов Т.Н.** Анализ последствий землетрясений, произошедших на юго-западной территории Кыргызской Республики. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2020. – № 2 (10). – С.62-77.
10. **Аскарбеков С.Н.** Разработка технологии по улучшению ирригационных сетей среднего населенного пункта. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2020. – № 1 (9). – С.47-58.
11. **Тяпин А.Г., Антонов Н.А.** Влияние податливости фундаментной плиты на сейсмическую реакцию сооружений. Часть I: Сооружение типа "матрешки". – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2020. – № 1 (9). – С.32-46.
12. **Тяпин А.Г., Антонов Н.А.** «Скрытый» параметр программы SASSI и его влияние на сейсмическую реакцию сооружений. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2020. – № 2 (10). – С.46-54.