

ВИСЯЧАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЛАВИНОЗАЩИТНОЙ ГАЛЕРЕИ

Т.Б. Иманалиев

Предлагается висячая (вантово-пилонная) конструктивная система лавинозащитных галерей. Принцип заимствован из мостовых висячих конструкций, но нет аналогов применения вантовой и пилонной систем в снегозащитных галереях.

Ключевые слова: лавинозащитные галереи; сейсмические колебания; ванты; пилоны; подпорные стены; лавины.

Лавинозащитные галереи сооружают на горных участках автомобильных и железных дорог для защиты дорог и коммуникаций от схода снежных лавин. Существуют балочные, арочные, рамные и консольные типы лавинозащитных галерей (рис. 1). Выбор конструктивных схем галерей зависит от условий местности. Как правило, галереи устраивают в сейсмически опасных районах, что вызывает снижение устойчивости сооружения, так как существующие конструкции являются массивными и жесткими.

Во время сейсмического колебания большая масса и неоправданно высокая жесткость конструкции вызывает резонансные колебания самого сооружения, в результате чего может произойти разрушение галереи [1]. Опыт строительства и эксплуатации податливых систем на основе различных видов сейсмоизоляции и подвесного типа сооружений в странах с повышенной сейсмической активностью показали, что подобные сооружения выдерживают землетрясения с минимальными разрушениями.

Предлагаемая конструкция представляет собой перекрытие галереи, подвешенное на систему двухрядных эллиптических и вертикальных вант (металлические тросы), которые в свою очередь подвешены на двух промежуточных пилонах (опор), конечное закрепление вант производится на крайние 4 опорные части (по 2 с каждого края сооружения) (рис. 2–4). Данное решение не позволяет отказываться от существующих конструктивных элементов галереи, таких как подпорная стена и амортизирующий слой перекрытия, они используются вместе с новым техническим решением. Тем не менее, подвесная система позволяет отказаться от низовых опор пролетного строения галереи (перекрытия), что сокращает бюджет строительства, повышает устойчивость сооружения при динамических воздействиях вследствие уменьшения массы и жесткости сооружения.

Диаметр вант и высота пилонов пропорциональны длине галереи, что в свою очередь зависит от технико-экономического обоснования строительства и геологических условий местности устройства галереи. Техническое решение снегозащитной галереи не локализовано. Габаритное проектирование лавинозащитной галереи с предлагаемым техническим решением рекомендовано с учетом условий динамики сооружений, ТЭО, геологии и климатологии локального участка, а также опыта строительства висячих мостовых сооружений зарубежных стран.

Нагрузки от лавин на галереи рассчитываются по следующим выражениям давления лавины на кровлю галереи (в МПа):

$$P'_z = P_l + \gamma_l h_l \cos \alpha_c g 10^{-3}, \quad (1)$$

где α_c – угол наклона кровли к горизонту; γ_l – плотность лавинного потока; P_l – нормальное

давление от удара; g – ускорение свободного падения.

$$P_l = 10^{-10} \gamma_l v_{л}^2 \sin^2 \beta, \quad (2)$$

где h_l – толщина лавинного потока; β – угол между направлением движения лавины и поверхностью сооружения; $v_{л}$ – скорость лавины.

Зона действия лавины $P_{л'}$, откладываемая от точки встречи лавины с препятствием, $L_{л'}$:

$$L_{л'} = \frac{h_l}{\sin \beta}. \quad (3)$$

При отсутствии конкретных данных расчетную плотность лавинного потока γ_l принимают для свежеснегавшего снега 0,3, старого снега 0,4 т/м³. Давление лавины на кровлю галереи при полном сопряжении кровли со склоном P''_z составляет (в МПа):

$$P''_z = \gamma_l h_l \left(\frac{v_{л}^2}{gR} + \cos \alpha_c \right) g 10^{-3}, \quad (4)$$

где R – радиус сопряжения засыпки со склоном.

Давление снежных отложений на кровлю галереи:

$$P_{oc} = \gamma_{oc} \cos \alpha_c g 10^{-3} h_{oc}, \quad (5)$$

где γ_{oc} – плотность снежных отложений; h_{oc} – толщина снежных отложений.

Сила трения, действующая на кровлю галереи при обтекании ее лавиной, равна:

$$T = Pf, \quad (6)$$

где P – расчетное давление; f – коэффициент трения снега о поверхность сооружения.

Основным расчетным параметром является скорость лавины $v_{л}$. Точность ее определения

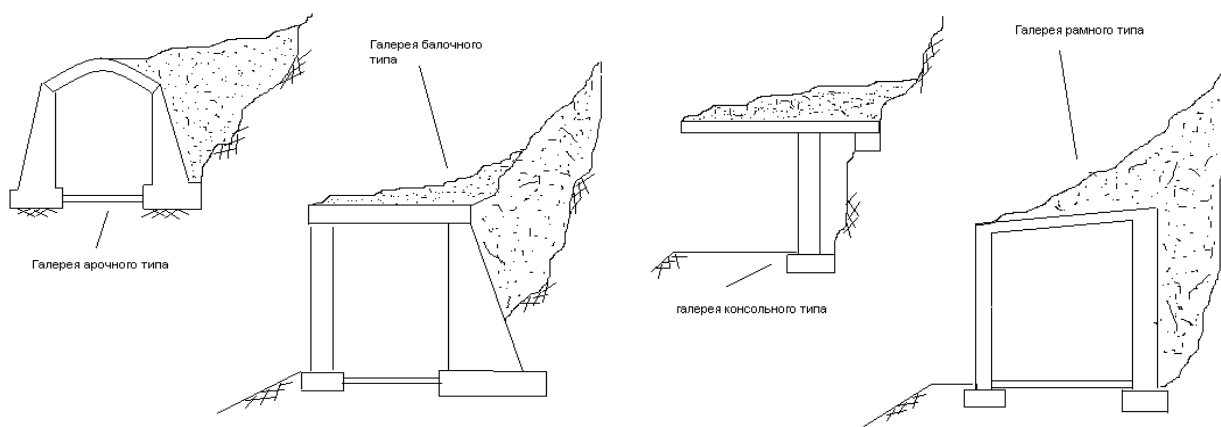


Рис. 1. Существующие конструкции галерей.

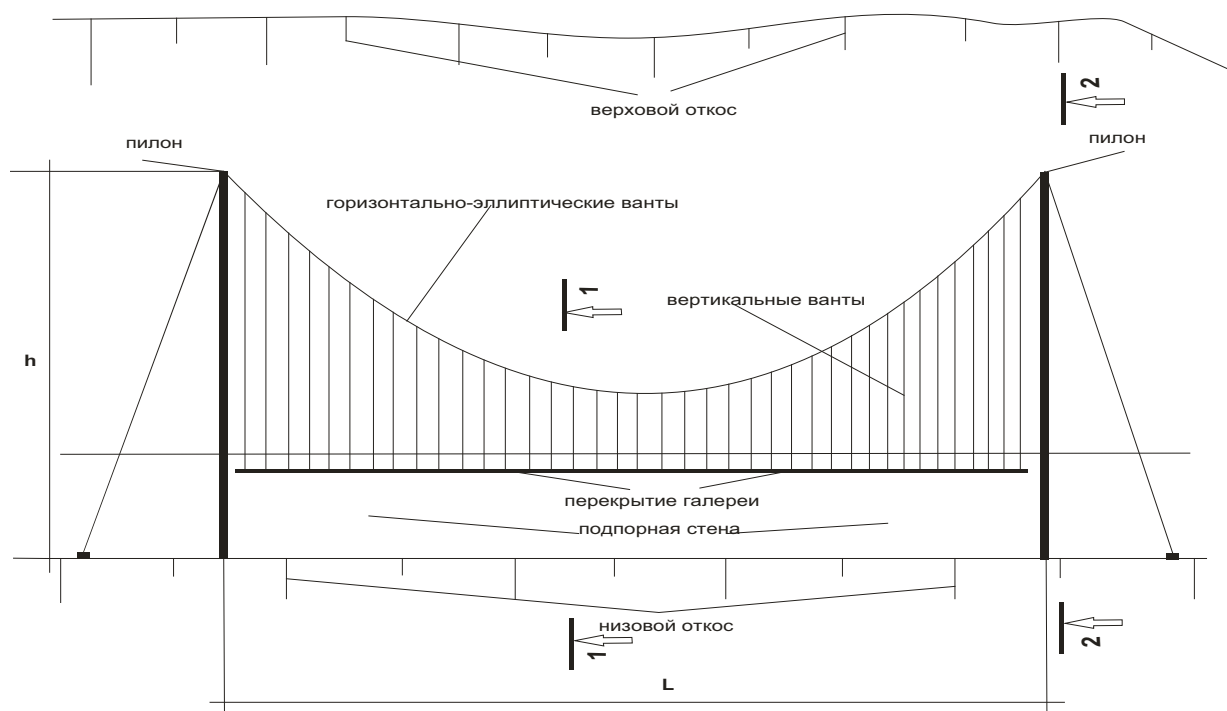


Рис. 2. Общий вид висячей галереи.

1-1

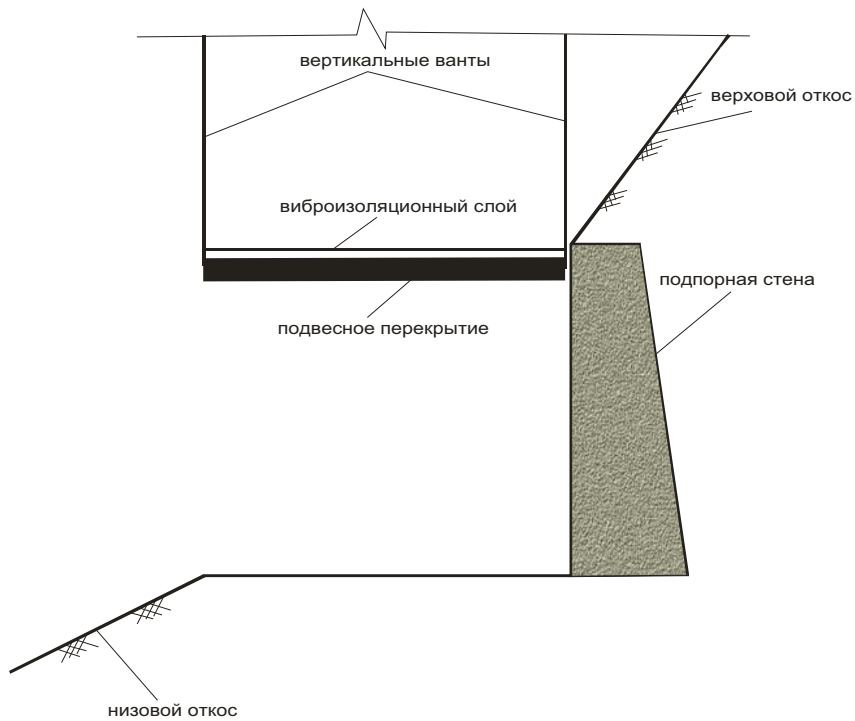


Рис. 3. Поперечный вид висячей галереи на уровне 1-1.

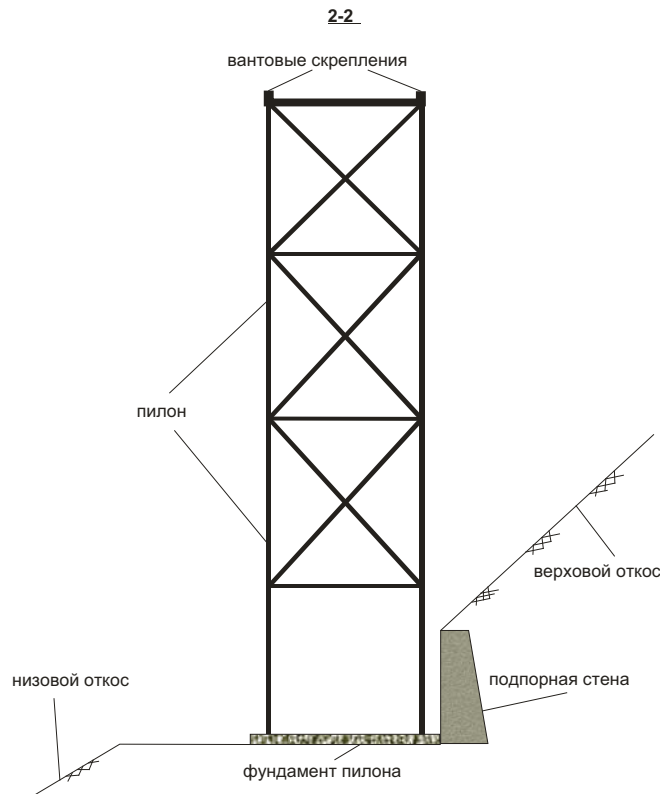


Рис. 4. Поперечный вид висячей галереи на уровне 2-2.

должна быть высокой, так как в предыдущих выражениях она представлена в квадрате. Величину $v_{л}$ находят по формуле:

$$v_{л} \sqrt{2g \left(h - \frac{Hl}{L} \right)}, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения; H – превышение места отрыва лавины над местом ее остановки; L – горизонтальная проекция расстояния между этими точками, дальность выброса лавины; h – превышение места отрыва над точкой продольного профиля пути движения лавины.

Для практических расчетов можно использовать следующую уточненную формулу, полученную в результате опытных данных:

$$P_{л} = 2,5 \gamma_{л} v_{л} \sin \beta g 10^{-3}. \quad (8)$$

Если расчетное давление определяется по (8), то следует считать $P_{г} = P_{л}$. Инструкцией СН 517-80 принято трение по поверхности склона по закону Кулона, следовательно имеем:

$$\frac{v_{л}^2}{2g} = h - \tau l, \quad (9)$$

где $\tau = H/L$ – средний коэффициент трения по закону Кулона.

Положение центра тяжести грунтовых и растительных остатков лавинного конуса выноса характеризует математическое ожидание дальности выброса лавины, или среднюю дальность L . Во многих случаях на местности можно установить и максимальную дальность выброса L_{max} . Фитоиндикационные методы Г.К. Тушинского [2] позволяют определить возраст выбросов. Если лавины на данном участке сходят ежегодно, то возраст максимального выброса в годах можно приравнять к числу членов статистического ряда n_0 в формуле Н.Н. Чегодаева для вероятности превышения n -го члена:

$$P_{э} = \frac{n - 0,3}{n_0 + 0,4}. \quad (10)$$

По вероятности превышения зафиксированной L_{max} ($n=1$):

$$P'_{э} = \frac{0,7}{n_0 + 0,4}. \quad (11)$$

Методика приближенной оценки динамики лавин должна основываться на местных данных L, L_{\max}, φ . Тогда скорости лавинного тела можно получить с любой вероятностью превышения, если с данной вероятностью определена максимальная дальность выброса с координатами H_{\max}, L_{\max} . Если считать, что линейные сопротивления не зависят от скорости лавинного потока (трение по закону Кулона), то расчетное значение v_l в точке l, h можно найти из выражения:

$$v_l = \sqrt{\frac{2g \left(h - \sum_1^m \tau_i \Delta l_i \right)}{1 + \sum_1^n \xi_i}},$$

$$\sum_1^m \Delta l_i = l, \quad (12)$$

где m – число отрезков Δl_i с разными коэффициентами сопротивлений τ_i ; n – число изменений сечений и поворотов лавинного потока до точек h, l ; ξ_i – местное гидравлическое сопротивление в i -той точке, где сечение и направление потока меняются.

При этом должно соблюдаться условие:

$$\left. \begin{aligned} H &= \sum_1^M \tau_i \Delta l_i \\ \sum_1^M \Delta l_i &= L_{\max}, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

где M – общее число изменений сечений на всем пути лавины.

Коэффициенты τ_i , в соответствии с исследованиями М.Э. Эглит и Е.М. Данилова [3], могут быть приняты в виде:

$$\tau_i = \tau \left(1 + \frac{h_l}{b} \right), \quad (14)$$

$$\tau_i = \tau, \text{ если } h_l \leq b,$$

где h_l – высота лавинного тела; b – ширина лотка, по которому скатывается лавина.

Значение τ находят из условия (13). Коэффициенты местных сопротивлений могут определяться по известным приближенным формулам гидравлики:

при резком расширении

$$\xi = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} \right), \quad (15)$$

при резком сужении

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right), \quad (16)$$

где ω_1 и ω_2 – приближенные значения площадей сечений до и после расширения.

Использование висячей системы позволяет утверждать, что лавинная составляющая нагрузок не будет отрицательно влиять на конструкцию галереи, т.к. лавинный поток беспрепятственно будет проходить сквозь вантовую систему, что окажет положительное влияние на устойчивость всей лавинозащитной галереи.

Литература

1. *Иманалиев Т.Б.* Сейсмостойкость лавинозащитных галерей. Бишкек: КГУСТА, 2005. 147 с.
2. *Тушинский Г.К.* Фотоиндукционные методы в гляциологии. М.: Изд-во МГУ, 1971. С. 55–72.
3. *Данилов Е.М., Эглит М.Э.* Движение лотковых лавин. М.: Изд-во ИГАН СССР, 1977. Вып. 31. С. 65–74.