

УДК 625.712.32 (575.2) (04)

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СНЕГОЗАЩИТНОЙ ГАЛЕРЕИ

Т.Б. Иманалиев

Предложено улучшенное конструктивное решение для лавинозащитных галерей с применением специального гидротехнического устройства.

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

Планируемое масштабное строительство новых транзитных железных дорог в Киргизии, которое должно обеспечить создание альтернативного и эффективного транспортного коридора, соединяющего ближневосточный и центральноазиатский регионы с динамично развивающимся Китаем, требует создания искусственных сооружений, имеющих высокую прочность и сейсмостойкость, что наиболее актуально в условиях Киргизии, где сейсмические воздействия происходят с высокой интенсивностью как по силе, так и по времени. С целью оптимизации несущей способности галереи, т.е. уменьшения динамических воздействий, было предложено использовать конструкции, называемые “трамплины”, которые позволяют отбрасывать снежную лавину в виде снеговоздушной струи, проходящей над снегозащитной галереей [1]. Для расчета параметров снеговоздушной струи используются зависимости, полученные для водяной струи, отбрасываемой носком-трамплином водосливной плотины [2].

Использование одиночных носков-трамплинов для защиты автомобильных дорог и других коммуникаций от схода снежных лавин было предложено С.О. Зеге. Автор [1] для более оптимальной защиты транспортных сооружений предложил использовать трамплины в сопряжении с лавинозащитными галереями, что позволит улучшить эксплуатационные и прочностные характеристики всего искусственного сооружения.

С целью обоснования данного решения целесообразно рассмотреть физическую сущность снежной лавины. Как было сказано выше, с некоторыми допущениями снежную лавину можно рассматривать как неравномерно движущийся поток дискретных частиц, имеющих в состоянии покоя определенное значение угла внутреннего трения. По мере движения лавины по трассе с большими уклонами происходит вовлечение дополнительных снежных масс, находящихся до

этого момента в состоянии неустойчивого равновесия. Поэтому можно рассматривать это движение как поток с неустановившимся расходом. В процессе движения указанный поток, благодаря большим абсолютным значениям средней скорости, вовлекает в движение и воздух под действием сил вязкого трения. При этом частицы потока приходят во взвешенное состояние. В результате, данное движение можно рассматривать как снеговоздушный поток. Описанное выше движение снеговоздушного потока имеет определенный аналог, а именно, движение бурного аэрированного потока на гидротехнических сооружениях, быстротоке или низовой грани высокой водосливной плотины [2]. Круглоцилиндрический носок-трамплин рассеивает отброшенную струю в вертикальной плоскости. Таким образом, если на трассе движущейся снежной лавины окажется поверхность в форме круглоцилиндрического носка-трамплина, то можно утверждать, что на сходе с кромки указанной поверхности образуется отброшенная снеговоздушная струя, движущаяся в воздушном пространстве, рассеивающаяся в вертикальной плоскости и падающая в низовую сторону. В результате защищаемое сооружение, а в нашем случае это лавинозащитная галерея, оказывается ниже отброшенного снеговоздушного потока, в “динамическом тоннеле”, как показано на рис. 1. При этом отброшенный поток с трамплина не оказывает динамического воздействия на защищаемое сооружение, благодаря чему предотвращается нарушение устойчивости основания галереи, что, несомненно, лучшим образом отразится на сейсмостойкости данного сооружения.

При проектировании лавинозащитных сооружений, сопряженных с трамплином, необходимо выполнение расчетов для определения:

- дальности отлета отброшенной снеговоздушной струи L;
- очертания траектории полета;
- толщины струи В.

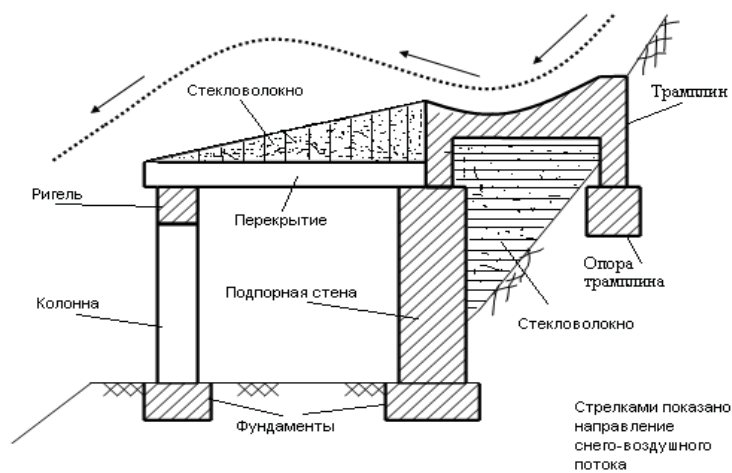


Рис. 1. Конструктивное решение лавинозащитной галереи с трамплином [1].



Рис. 2. 3D-модель галереи с трамплином [1].

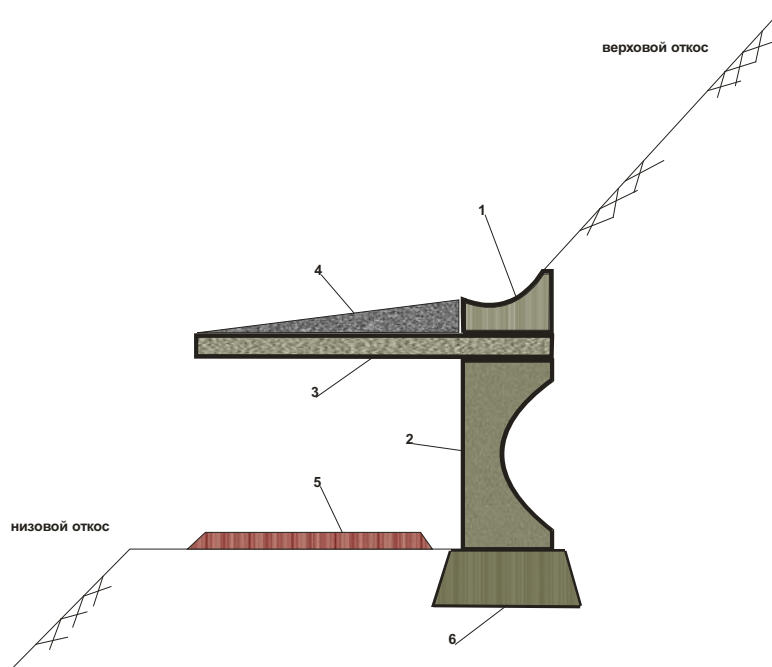


Рис. 3. Новое конструктивное решение галереи: 1 – трамплин; 2 – подпорная стена; 3 – перекрытие; 4 – амортизационный слой; 5 – дорожное полотно; 6 – фундамент подпорной стены.

Для определения дальности отлета L отброшенной струи использована расчетная формула С.О. Зеге (по И.И. Бройду, 1977) с экспериментальным уточнением:

$$L = \frac{I_0}{M_0 g} \operatorname{tg} \beta_0 F(\beta_0) \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2a}{\frac{I_0}{M_0 g^2 \beta_0 F(\beta_0)}}}} \right] \eta, \quad (1)$$

где η – коэффициент, учитывающий плотность снежной массы и трение снега о поверхность, $\eta=1,15$; I_0 – секундный импульс потока на сходе с трамплина (интегральная характеристика динамического давления), кг/с²;

$$I_0 = \int_0^h \rho_0 U_0^2 dh, \quad (2)$$

M_0 – интегральная характеристика локальной плотности на сходе с трамплина, кг/м²;

$$M_0 = \int_0^h \rho_0 dh, \quad (3)$$

ρ_0 – локальная плотность потока на сходе с трамплина, кг/м³; u_0 – локальная скорость потока на сходе с трамплина, м/с; a – ордината уровня падения струи (относительно кромки трамплина), м; g – ускорение силы тяжести, м/с²; h – высота потока (в радиальном направлении) на сходе с трамплина, м; β_0 – угол схода струи (угол наклона к горизонту касательной к поверхности трамплина в точке пересечения ее с кромкой).

Для водяной струи, отбрасываемой трамплином, выражение для определения M_0 имеет вид:

$$\frac{I_0}{M_0 g} = \frac{\alpha_0 v_0^2}{g}, \quad (4)$$

где v_0 – средняя по сечению скорость потока, м/с; α_0 – коэффициент Кориолиса.

На рис. 1, 2 показана балочная галерея, сопряженная с трамплином. В результате компьютерного моделирования и модельных экспериментов на сейсмоплатформе, были выявлены конструктивные недостатки предложенного решения. Это узлы сопряжения трамплина с подпорной стеной и давление горной породы на нижнюю плоскость трамплина. С целью нейтрализации указанных недостатков предлагается несколько иная конструкция системы галереи-трамплина, в которой несущие характеристики сооружения и устойчивость при динамических воздействиях будут за-

метно повышены. Предлагается полностью интегрировать трамплин в тело галереи, при этом использование консольной схемы представляется более оптимальным, хотя от альтернативных конструктивных схем галерей не следует отказываться, так как это зависит от геологических условий местности. Подпорную стену рекомендуется изготавливать С-образно в сторону горных пород с тем, чтобы трамплин размещался по верхней плоскости подпорной стены на консоль. Такая форма подпорной стены хорошо сопротивляется пассивному давлению грунта и обеспечивает условие экономии бетона. В оптимуме прямолинейная форма подпорной стены лучше, но в этом случае расход материалов несопоставимо высок. Рекомендуемая конструкция лавинозащитной галереи приведена на рис. 3.

Как было сказано выше, отброс снеговоздушного потока от конструкции самой лавинозащитной галереи позволяет оптимизировать несущую способность галереи. Дело в том, что у каждого сооружения есть так называемый запас прочности, при постоянном динамическом воздействии запас прочности может иссякнуть вследствие таких известных факторов, как “усталость” металла, бетона и железобетонных конструкций. По этой причине различные сооружения выходят из строя раньше проектных эксплуатационных сроков. Интегрирование конструкции “трамплин” в конструкцию лавинозащитной галереи позволяет уменьшить динамические воздействия от схода снежных лавин на конструкцию галереи и позволяет увеличить срок службы защищаемого сооружения. Также можно будет уменьшить армирование конструкции галереи и отказаться от громоздких арочных, балочных, рамных конструкций, что повлечет снижение общей массы сооружения. При сейсмическом воздействии данный фактор сыграет положительную роль в сейсмостойкости галереи.

Необходимы дальнейшие исследования с целью совершенствования конструкции снегозащитной галереи.

Литература

1. *Иманалиев Т.Б.* Сейсмостойкость лавинозащитных галерей. Бишкек: КГУСТА, 2005. 147 с.
2. *Бройд И.И.* О подобию водяных струй, отбрасываемых носком-трамплином водосливной плотины. Реферативная информация о передовом опыте. Сер. V. Специальные работы в промышленном строительстве. Вып. 3(69). ЦБНТИ Минмонтажспецстрой СССР, 1972. С. 25–27.