



Ядрошников Виктор Иванович родился в 1946 г. В 1968 г. окончил НИИЖТ по специальности «Строительство железных дорог». В 1980 г. защитил кандидатскую диссертацию, в 1999 г. — докторскую. Профессор кафедры «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог». Автор 90 публикаций.



Шевчук Сергей Сергеевич родился в 1957 г. В 1980 г. окончил Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта, в 2006 г. защитил кандидатскую диссертацию. Является заведующим научно-исследовательской лаборатории по борьбе с заносами и лавинами на железных и автомобильных дорогах. Автор 27 научных публикаций.

УДК 624.137:551.578.48

В.И. ЯДРОШНИКОВ, С.С. ШЕВЧУК

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛАВИНОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ НОВОКУЗНЕЦК—АБАКАН

Статья посвящена проблемам защиты участков железной дороги Новокузнецк—Абакан от снежных лавин. Для решения этих проблем на дороге используются различные варианты противолавинных мероприятий. Даются характеристики и оценка работы разных типов лавинной защиты и предлагаются наиболее эффективные способы защиты железнодорожного пути от лавин.

Снежные лавины возникают при накоплении на склонах снега, который под влиянием гравитационных сил стремится сдвинуться вниз. Устойчивость снежного покрова на склонах определяется условиями его образования и взаимодействием сил, удерживающих снежный пласт от скольжения, и сил, стремящихся сдвинуть снежный пласт вниз. Устойчивость снежного слоя на склоне определяется как некоторая функция удерживающих и сдвигающих сил.

Лавины способны возникать на любом крутом склоне при снежном покрове толщиной не менее 30 см. В естественных условиях главной физической причиной схода лавин является потеря устойчивости снега на склоне. Основными видами нарушения устойчивости является сдвиг (нарушение структуры снега составляющей силы тяжести) либо просадка (сокращение толщины подстилающего слоя при его разрыхлении под воздействием таяния или сублимационного выноса веществ), статические деформации, приводящие к сходу лавин, более характерны при воздействии на снег осадков, перераспределении снега ветром и других изменениях касательных и нормальных напряжений в снегу. Даже

локальная потеря устойчивости может в условиях предельного равновесия вызвать динамический процесс лавинообразования.

В таблице приведена Международная морфологическая классификация лавин, которой рекомендуется пользоваться при составлении кадастра лавиносборов и лавин.

Международная морфологическая классификация лавин

Зона	Критерий	Альтернативные характеристики и их коды	
Зарождения	A. Тип начала движения	A1. Двинулась из точки	A2. Двинулась с линии (лавина от линии, лавина из снежной доски) A3. Мягкая доска A4. Твердая доска
	B. Положение поверхности скольжения (поверхность обрушения)	B1. Внутри снежного покрова (лавина поверхностного слоя)	B2. В новом снежном покрове B3. В старом снежном покрове B4. По грунту (лавина полной глубины)
	C. Жидкая вода в снегу	C1. Отсутствует (сухая лавина)	C2. Имеется (мокрая лавина)
Транзита	D. Форма пути	D1. Движение на ровном склоне (неканализованная лавина, неограниченная лавина)	D2. Движение в русле (лотке) (канализованная лавина, лотковая лавина)
	E. Тип движения	E1. Облако снежной пыли (пылевая лавина)	E2. Течение вдоль поверхности грунта (текущая лавина)
Отложения	F. Поверхностная шероховатость отложений	F1. Крупнокомковатые (крупнокомковатые отложения) F2. Угловатые блоки	F3. Окатанные комья F4. Мелкокомковатые (мелкокомковатые отложения)
	G. Жидкая вода в снежных отложениях во время остановки	G1. Отсутствует (сухие лавинные отложения)	G2. Имеется (мокрые лавинные отложения)
	H. Загрязнение отложений	H1. Нет ясного загрязнения (чистая лавина) H2. Имеется загрязнение (загрязненная лавина)	H3. Скальные обломки, остатки почвы H4. Ветки, деревья H5. Обломки сооружений

По данной классификации большинство лавин на линии Новокузнецк — Абакан можно отнести к следующим видам: A4.B3.C1.D1.E2.F1.G1.H1 и A1.B4.C1.D2.E2.F4.G1.H3.

Железнодорожная линия Новокузнецк — Абакан на рассматриваемом участке Чульжанской (бывшая Междуреченская) дистанции пути протекает по юго-западным отрогам и склонам гор Кузнецкого Алатау, входящего в состав Алтайско-Саянской горной системы и расположенного в средней части южного пояса гор территории России. Этот участок проходит долинным ходом р. Томь и является уникальным с точки зрения концентрации неблагоприятных природно-климатических явлений (рис. 1). На двухстах километрах железнодорожного пути сосредоточены:

- лавиноопасные места протяженностью 4700 м;
- спływ глинистого грунта со склона (селеопасные места) — 1600 м;
- обвальные места камня со склона — 6100 м;
- размыв бермы и подмыв основания насыпи — 20 580 м.

Анализ орографии района показывает, что он является типичной лавиноопасной зоной. Склоны возвышенностей, прилегающие к долине р. Томь и использованные для трассирования дороги, имеют высоту, протяженность и углы наклонов такие, что сход лавин с них наблюдается ежегодно. На 86-м, 99-м, 130–131-м, 140–142-м км возможно несколько сходов лавин с одного лога в течение зимы.

В процессе строительства железной дороги Новокузнецк — Абакан специальные наблюдения и даже регистрация сходов лавин не производились. Систематически стали отмечаться сходы лавин со времени сдачи железнодорожной линии Новокузнецк — Абакан в постоянную эксплуатацию. Начиная с зимы

1959/60 г. в журнале диспетчера дистанции пути записывались: время и место схода лавин на железнодорожный путь, объем лавины и время, затраченное на ликвидацию завалов и восстановительные работы, время задержки поездов.



Рис. 1. Сход снежной лавины на 86-м км Чульжанской дистанции пути

Общий максимальный объем сошедших лавин составил 107 890 м³ за зиму 1965/66 г., когда сошло 65 лавин.

Во второй половине января 2006 г. в результате массовых сходов лавин общим объемом более 10 000 м³ перегоны на Чульжанской дистанции пути были закрыты более чем на 6 ч, а для очистки пути от искусственных лавин, вызванных профилактическими взрывами, перегоны закрывались более чем на 23 ч в течение недели.

За время эксплуатации на линии Новокузнецк — Абакан в качестве противолавинной защиты были использованы практически все возможные способы. Это противолавинные железобетонные галереи, снегоудерживающие сооружения, лавиноостанавливающие и лавинонаправляющие стенки, профилактический сброс лавин с применением взрывчатых веществ и, наконец, вынос пути из зоны действия лавины.

Впервые для предотвращения схода лавин здесь были применены разработанные в НИИЖТе снегоудерживающие сооружения с сетчатым заполнением пролетов, получившие впоследствии широкое распространение. Этими конструкциями было застроено большинство лавиноопасных склонов в период с 1979 по 1985 гг. Но в течение последующих лет эти работы, в силу известных обстоятельств, были свернуты. На данный момент, после 20-летней эксплуатации, существующие сооружения требуют реконструкции, а на большинстве лавиноопасных склонов необходимо строительство новых снегоудерживающих конструкций.

В лаборатории СГУПС по борьбе с заносами и лавинами разработана методика определения расчетных нагрузок от снега на удерживающие сооружения, проектирования и конструирования снегоудерживающих сооружений как самостоятельного средства защиты от снежных лавин, а также выбора рациональной схемы размещения сооружений на склоне (рис. 2). Данная методика позволила значительно уменьшить стоимость и трудоемкость строительства.

Кроме того, разработана конструкция лавинонаправляющей стенки с просветностью, которая обеспечивает эффект работы, аналогичный эффекту работы сплошной стенки при набегании лавинного тела (рис. 3). Наличие просветности позволяет также сократить расход материалов.



Рис. 2. Снегоудерживающие сооружения на склоне



Рис. 3. Лавинонаправляющая стенка

Полученные результаты используются при разработке как новых проектов, так и проектов по реконструкции противолавинной защиты линии Новокузнецк — Абакан.

На железной дороге Абакан — Новокузнецк, проходящей в горах Кузнецкого Алатау, наряду с опорными снегоудерживающими и однорядными лавинотормозящими конструкциями применяется противолавинная защита в виде галерей.

Противолавинные галереи целесообразно строить в лавинных очагах с большой снегосборной площадью и значительными продольными уклонами стартовых зон лавин, а также с транзитными участками большой протяженности. Факторами, влияющими на выбор противолавинной защиты в виде галерей, являются также: наличие в лавинных очагах массивов неустойчивых, осыпающихся, выветрелых горных пород; снежный покров значительной высоты; активная метелевая деятельность, способствующая образованию здесь снежных карнизов. Это условия, при которых лавинопредупреждающие или другие лавинозащитные системы становятся явно неконкурентоспособными. Окончательное решение по выбору варианта лавинной защиты обычно принимается с учетом экономических показателей и экологических факторов на основе материалов подробных изыскательских работ в зоне прохождения лавиноопасных участков железных дорог.

Противолавинными галереями защищены наиболее опасные участки пути в долине р. Томь (141/142-й и 133-й км) (рис. 4).



Рис. 4. Лавинозащитная галерея на 133-м км

Верховая опора галерей (подпорная стена) — сборная с участками из монолитного бетона. Фундамент и сборная верховая опора — из бетонных блоков двух размеров (0,75×1,25×1,40 м и 0,75×1,40×2,00 м). Каждый ряд блоков подпорной стены связан с нижележащим слоем анкерной системой. На высоте 5,25 м от обреза щебеночной подготовки в тело подпорной стены уложены железобетонные элементы, образующие разгружающую консоль с вылетом 1,5–

2,0 м. С наружной стороны подпорная стена облицована бетонной рубашкой по металлической сетке.

С речной стороны галерей устроена низовая железобетонная опора из фундамента стаканного типа, стоек и ригеля. Стойки опоры закреплены в фундаментах, расположенных вдоль оси пути через 5 м (по осям). В зоне устройства деформационных швов вместо сборной стойки устроены две монолитные железобетонные опоры. На опорах галерей размещены плиты перекрытия таврового сечения из железобетона со смонтированными закладными деталями, к которым прикрепляются балки галерей под второй путь. Со стороны реки по концам перекрытия устроен железобетонный равнобокий бортик, служащий для предупреждения осыпания амортизирующей дренирующей грунтовой засыпки на путь. По верху плит уложен выравнивающий слой из цементно-песчаного раствора, который покрыт гидроизоляцией из трех слоев стеклоткани между четырьмя слоями битумной мастики. Деформационный шов в подпорной стене галереи забит просмоленным пеньковым канатом в два ряда и пролит двумя слоями горячей битумной мастики, по которой уложены два слоя битумизированной ткани (рис. 5).



Рис. 5. Строительство лавинозащитной галереи на 133-м км

В месте сопряжения грунтовой засыпки с горным склоном устроена водоотводная канава. Дно и стенки канавы облицованы двойным мощением из камня. У галереи на 133-м км для отвода воды дополнительно устроен застенный дренаж из керамических труб, уложенных на слой мятой глины.

В начале 80-х гг. прошлого века на этом участке построены вторые пути, что вызвало необходимость переустройства однопутных галерей в двухпутные. Галерея под второй путь на 133-м км имеет такую же низовую опору и элементы перекрытия, что и у однопутных галерей. Отличие заключается в том, что бортик, поддерживающий грунтовую засыпку под второй путь, уже неравнобо-

кий. Меньшая сторона бортика обеспечила одинаковый уклон верхней поверхности грунтовой засыпки на галерее. Плиты перекрытия под второй путь уложены с верхней стороны на опорную часть ригеля однопутной галереи и сварены. Выровнены поверхности плит, и сделано гидроизоляционное покрытие.

В галереях на дороге Абакан — Новокузнецк удачно применены ударопоглощающие траншеи, которые практически полностью предотвращают импульсные воздействия лавинного потока. Однако при расчете снеголавинных нагрузок на галереи данным обстоятельством пренебрегли, что в итоге привело к завышению лавинных нагрузок и, как следствие, к перерасходу строительных материалов по перекрытию и низовым опорам.

Опыт строительства однопутных галерей и реконструкции их под два пути на дороге Абакан — Новокузнецк показал, что создание такой противолавинной защиты на эксплуатируемых участках всегда сопряжено с выполнением дополнительных сопутствующих работ (строительством обходов, малых искусственных сооружений и т.д.). Это, как правило, приводит к значительному увеличению затрат. Не привело к удешевлению общей стоимости сооружения двухпутных галерей и их поэтапное строительство (сначала для одного, а затем и для второго пути). Поэтому сооружать галереи для перспективных дорог в горных условиях следует еще при строительстве самой дороги и сразу под два пути (таким образом велось строительство на БАМе). В противном случае дороги будут нести убытки. В частности, это произошло при реконструкции галереи под два пути на 141 / 142-м км, когда ее не успели построить до ввода в эксплуатацию второго пути. Для завершения сооружения галереи потребовалось предоставить 1500 ч «окон», что на интенсивно работающей магистрали было практически невозможно.

Устройство галерей для защиты пути от лавин на дороге Абакан — Новокузнецк выявило недоработки, которые не следует допускать в будущем при создании такой противолавинной защиты на других дорогах.

Литература

1. *Руководство по снеголавинным наблюдениям и методам снеголавинного обеспечения.* Ташкент, 2001. 167 с.
2. Лосев К.С., Божинский А.Н., Гракович В.Ф. Прикладное лавиноведение // Итоги науки и техники. Гляциология. Т. 9. М., 1991.
3. *Lawinenverbauung der Felbertauern* — Sudrampe. Verkehrs-wirtschaft, 1986. 18. S. 47–51.
4. *Инструкция по проектированию и строительству противолавинных защитных сооружений* / СН 517–80. М., 1980. 16 с.
5. Божинский А.Н. Основы лавиноведения. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 279 с.
6. Исаенко Э.П. Методика выбора некоторых параметров противолавинных сооружений и установление расчетной дальности выброса в условиях ограниченной информации // Мат-лы гляциологических исследований. М., 1977. Вып. 37. С. 91–95.
7. Войтковский К.Ф. Лавиноведение. М.: Изд-во МГУ, 1989. 157 с.
8. Дюнин А.К. О теории борьбы с лавинами на железных дорогах // Тр. НИИЖТа. Вып. 89. Новосибирск, 1969.