

АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ СХОДЕ СНЕЖНЫХ ЛАВИН



**Федорук
Василий Савович**

Профессор кафедры аварийно-спасательных работ, кандидат военных наук, доцент. Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Академия гражданской защиты МЧС России» – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, Московская обл., e-mail: fedoruk-57@yandex.ru

FEDORUK Vasily

Candidate of military Sciences, Professor at the chair of the Civil Defense Academy of EMERCOM of Russia Khimki, Moscow region
e-mail: fedoruk-57@yandex.ru

Ключевые слова: снежные лавины, критическая высота снежного покрова, скорость лавины, дальность выброса лавины.

Аннотация. В статье проводится анализ опасностей, возникающих при сходе снежных лавин, параметров снежных лавин и их поражающего действия.

ANALYSIS OF THE DANGERS ARISING FROM AVALANCHES

Keywords: snow avalanches, critical height of snow-cover, speed of avalanche, distance of the troop landing of avalanche.

Abstract. The analysis of dangers, arising up at the tails of snow avalanches is conducted in the article, parameters of snow avalanches and them po-razhayuschego actions.

Горная природная среда, дороги и транспортные средства на ней представляют собой сложную транспортную природно-техническую систему. В равнинных условиях процессы прямого и взаимного влияния дороги и транспортных средств на окружающую природную среду и наоборот являются менее существенными, чем в горных условиях.

В горных условиях более значимыми становятся процессы влияния окружающей природной среды на дорожно-транспортный комплекс. Окружающая природная среда в горах изобилует различными событиями природно-техногенного характера, которые создают ЧС и опасную аварийную обстановку для движущихся по дорогам транспортных средств. Происходит разрушение земляного полотна, конструкции дорожных одежд, инженерных сооружений и т. д. Усиливается дорожная и экологическая опасность как на самой дороге, так в полосе отвода земли и за ее пределами.

В горных условиях на каждый погонный метр дороги воздействуют склоновые и откосные

явления. Наиболее опасными из них являются снежные лавины, которые создают проблему с бесперебойной и безопасной перевозкой пассажиров и грузов, приводят к дорожно-транспортным происшествиям, в т. ч. с гибелью людей.

Изучение взаимодействия дорожно-транспортного комплекса и окружающей горной природной среды является важным звеном в науке и практике, а его анализ, оценка и прогноз имеет большое значение в предупреждении ЧС. Отсутствие мониторинга за взаимодействием окружающей горной природной среды с дорожно-транспортным комплексом нередко приводят к трагическим последствиям. Своевременное проведение такого мониторинга ЧС, связанных со сходами снежных лавин, позволит оценить опасность и разработать подходы и методы защиты от лавинных обрушений на горных дорогах.

Рассмотрим вопросы статической устойчивости снежных масс, условий его нарушения и их последствий. Статическая устойчивость снега в основном зависит от угла падения склона и высоты снежного покрова. Для статического расчета

устойчивости как в отечественной, так и в зарубежной литературе условно берется снежный блок шириной 1 м и длиной 1 м.

Вес снега в снежном блоке определяется [4] по формуле:

$$P = \gamma \cdot h \cdot l, \quad (1)$$

где γ – плотность снега, т /м³;

l – длина снежного блока, м;

h – толщина снежного покрова, определяемая по формуле:

$$h = H \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где H – высота снежного покрова по вертикали, м;

α – угол падения склона, град.

Вес расчетного снежного блока P может быть разложен на нормальную – N и сдвигающую – T силы:

$$N = \gamma \cdot h \cdot l \cdot \cos \alpha = P \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

$$T = \gamma \cdot h \cdot l \cdot \sin \alpha = P \cdot \sin \alpha. \quad (4)$$

Из формулы (4) следует, что сила T стремится сдвинуть снежный блок вниз по склону, чему препятствует сила сопротивления сдвигу τ по основанию.

Условие устойчивости снежного блока или покрова принимает вид:

$$T \leq \tau \cdot c \cdot l. \quad (5)$$

Предельное сопротивление снега сдвигу определится из выражения:

$$\tau \cdot c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (6)$$

где c – сила сцепления;

$\operatorname{tg} \alpha$ – коэффициент внутреннего трения снега;

σ – давление, определяемое по формуле:

$$\sigma = N/l = \gamma \cdot h \cdot \cos \alpha. \quad (7)$$

Подставляя приведенные значения в формулу (5), получаем:

$$\gamma \cdot h \cdot l \cdot \sin \alpha = l \cdot c + l \cdot \gamma \cdot h \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (8)$$

В результате упрощения этой формулы получим:

$$\gamma \cdot h \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha + c = \gamma \cdot h \cdot \sin \alpha, \quad (9)$$

Отсюда определим критическую высоту $h_{кр}$ снежного покрова:

$$h_{кр} = (c/\gamma) \cdot (\sin \alpha - \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha). \quad (10)$$

Превышение значения критической высоты $h_{кр}$ снежного покрова приводит к его срыву и падению со склона.

Таблица 1 – Значение критической высоты снега при разных углах склона

а, град.	30	40	50	60	70	80
h _{кр} , м	3	1,16	0,75	0,56	0,46	0,39

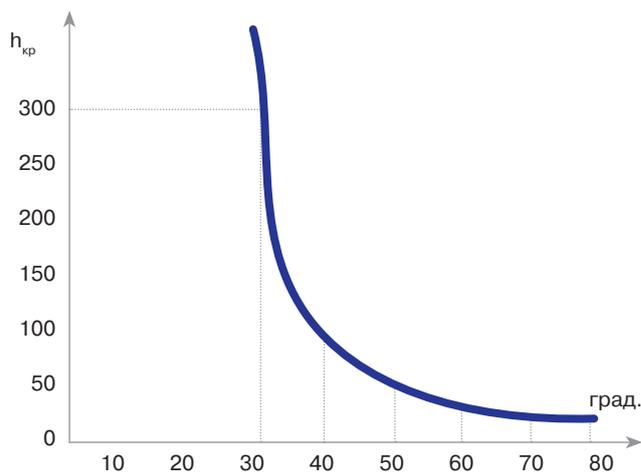


Рисунок 1 – Зависимость толщины снежного покрова от крутизны склона

Для конкретных условий Памира, где максимальный снежный покров на склонах дорог достигает 3 м, составлен график и таблица зависимости толщины снежного покрова и крутизны склона (рис.1, табл.1).

Из графика (рис. 1) и табл. 1 видно, что при $\alpha = 90^\circ$ значение знаменателя дроби формулы (10) равно абсолютному значению объемного веса снега γ , и $h_{кр}$ продолжает сохранять числовые значения. Это лишено логического смысла, так как на вертикальном склоне не может сохраняться снежный покров определенной толщины. Поэтому следовало бы ограничить применение формулы (10) при $\alpha \leq 80^\circ$.

Кроме превышения значения критической высоты $h_{кр}$ снежного покрова существует много других факторов, приводящих к сходу снежных лавин. К ним относятся: температурный режим снежной толщи, рекристаллизация снежной толщи, ползучесть снега, метелевый перенос снега, температурное сжатие снега, соотношение крутизны склона и толщины снега, микрорельеф подстилающей поверхности, состояние атмосферного климата, землетрясение, взрывные воздействия, шумовые воздействия, выстрелы из орудия, ружья, автомата, проход лыжника или диких зверей по линии возможного отрыва снежной лавины, воздействие воздушной ударной волны при сходе лавины с противоположного склона.

Снежные лавины несут в себе огромную разрушительную силу и представляют собой определенную угрозу для окружающей природной среды. На пути движения лавина сметает строения жилого, общественного и культурно-оздоровительного назначения. Особую опасность лавины несут лесной растительности. Снежная лавина

с прихваченной ею каменно-глыбовой массой и древесной растительностью, падая в реку, как правило, образует в ней запруды. При их прорыве размываются берега, наносится ущерб ихтиофауне. Перекрывая автомобильные дороги, лавины приводят к дорожно-транспортным происшествиям, нарушают бесперебойную и безопасную перевозку пассажиров и грузов, вызывают необходимость уборки снега с проезжей части дороги, что приводит к привлечению значительных сил и средств, большим затратам материальных и финансовых ресурсов.

Мониторинг показал, что сход снежных лавин происходит в три этапа: первый – сразу при обильном снегопаде, когда прирост снежного покрова достигает более 20 см на относительно крутых склонах; второй – после снегопада, когда температура воздуха повышается, и третий – когда начинается весенний массовый сход лавин под воздействием тепла земной коры и прогрева атмосферы.

На первом этапе лавинная масса бывает пылеобразного вида с мощной ударной волной; на втором – снежная масса менее пыльна, но имеет большую разрушительную силу; на третьем – лавина почти беспыльна, ее разрушительная сила меньше аналога второго этапа.

Следует отметить, что в одном сезоне все три этапа могут быть в одном и том месте схода. Отмечено также, что сходу лавин способствует нескошенная летом на этом месте трава. Засохшая осенью трава полегает в сторону падения склона, образуя гладкую поверхность, содействующую сползанию снега. При скошенной и убранной траве ее стержня в некоторой мере сдерживает сползание.



Чтобы успешно вести борьбу с лавинами при защите дорог и народнохозяйственных объектов, необходим подробный мониторинг лавиноопасных участков. Прогнозирование времени схода и параметров лавины должно стать одной из самых важных задач изыскателей, проектировщиков, строителей и работников ремонта и содержания дорог, спасательных служб МЧС.

Таковыми параметрами снежных лавин являются скорость и дальность выброса. Определение скорости движения лавин основано на дифференциальном уравнении движения точки – центра тяжести лавины и определяется из уравнения:

$$dv/dt = g \cdot \sin \alpha - f_1 - f_2, \quad (11)$$

где v – скорость движения лавины, м/с;

t – время, с;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

α – угол наклона склона, град.;

f_1 – сила трения лавины по склону;

f_2 – сумма других сил сопротивления.

Для инженерных расчетов в уравнении (11) коэффициенты силы, оказывающие сопротивление движению ($f_1 - f_2$) можно выразить одним обобщенным коэффициентом трения f . Тогда уравнение примет вид:

$$\frac{d(v^2)}{ds} = 2g \cdot (\sin \alpha - f \cos \alpha), \quad (12)$$

Для прямолинейного участка выброса или сползания лавины преобразуем уравнение в следующий вид:

$$v = v_0 + 2g \cdot (\sin \alpha - f \cos \alpha) \cdot S, \quad (13)$$

где v_0 – скорость лавины на начальном участке, м/с;

S – расстояние или длина участка выброса лавины, м.

Для нахождения скорости в определенной точке разность высот точек отрыва и расчета по вертикали обозначается буквой h , а горизонтальная проекция траектории движения l . Тогда, подставляя эти значения в уравнение (12), получаем:

$$\frac{dv^2}{ds} = 2g \cdot \left(\frac{dh}{ds} - \frac{fd}{ds} \right). \quad (14)$$

В точке остановки лавины $v = 0$,

$h_k - f_{\min} \cdot l_{\max} = 0$, отсюда:

$$f_{\min} = \frac{h_k}{l_{\max}} = \operatorname{tg} \beta_{\text{расч}}, \quad (15)$$

где h_k – разность высот между точками отрыва и остановки, м;

$\beta_{\text{расч}}$ – угол между горизонтальной линией и линии начала траектории лавины.

Таблица 2 – Значения коэффициента сопротивления k

Площадь снегосборного бассейна, га	k
до 2	0,10
от 2 до 10	0,10-0,05
от 10 до 25	0,05-0,03
от 25 до 50	0,03-0,015
более 50	менее 0,015

Расчеты [6] показали, что скорости движения лавин зависят от типа лавин и составляют:

30-70 м/с – лавины из сухого снега, пылевые со взвешенным характером движения;

20-40 м/с – лавины из старого снега, с текучим нижним и взвешенным верхним слоями;

10-20 м/с – лавины из мокрого снега, текучие.

Дальность выброса лавины S определяется по формуле:

$$S = 2,3 \frac{a}{k} 2 \lg \alpha - \frac{kv_0}{kv} v - \frac{v_0}{k}, \quad (16)$$

где $a = g \cdot \cos \alpha$ ($tg - 0,3$) – ускорение движения, зависящее от крутизны склона;

v_0 – скорость движения в начале выброса лавины;

v – скорость движения в конце выброса;

k – коэффициент сопротивления о подстилающую поверхность. Значения k вычисленные в [5] в зависимости от площади снегосборного бассейна, приведены в таблице 2.

Лавины Памира по степени опасности следует разбить на две группы. Первая – не достигающие горных дорог, хотя лавиносборные площади и твердые атмосферные осадки на склонах значительные, но крутизна их относительно небольшая и широкая пойма позволила проложить дорогу за пределами лавинодостигаемых расстояний. Вторая – достигающие горных дорог либо прямо падающие на них. Подобные лавины создают ЧС.

Таким образом, опасностью для горных дорог является: превышение значения критической

высоты снежного покрова, что приводит к его срыву и падению со склона со скоростью движения, которая зависят от типа лавин и составляет 10-70 м/с, и крутизны склона.

Литература

1. Амбарцумян, В. В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта / В. В. Амбарцумян, В. Б. Носов, В. И. Тогасов. – М.: ООО Издательство Научтехиздат, 1999.
2. Бабков, В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1993.
3. Евгеньев, И. Е. Автомобильные дороги в окружающей среде / И. Е. Евгеньев, Б. Б. Каримов. – М.: Трансдорнаука, 1997.
4. Козик, С. М. Расчет движения снежных лавин / С. М. Козик. – Л.: Гидрометеиздат, 1992.
5. Руководство по оценке воздействия на окружающую среду при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации объектов дорожного хозяйства: отраслевая дорожная методика Минтранса РФ -М., 2001.
6. Северов, Н. В., Александров К.В. Отчет о НИР «Обоснование требований и направлений совершенствования технологии поиска пострадавших при сходе снежной лавины». Химки, АГЗ МЧС РФ, 2008.

Literature

1. Ambartsumian V. V. Ecological safety of motor transport / V. V. Ambartsumyan, V. B. Nosov, V. I. Tarasov. – М.: ООО IZDATEL Nauchteclitizdat, 1999.
2. Babkov V. F. Road conditions and traffic safety. – М.: Transport, 1993.
3. Evgenyev I. E. Roads in the environment / I. E. Evgenyev, V. B. Karimov. – М.: Transportnaya, 1997.
4. Kozik S. M. The calculation of the motion of snow avalanches / S. M. Kozik. – L.: Gidrometeoizdat, 1992.
5. Guidance on evaluation of environmental impacts during design, construction, reconstruction and operation of objects of road economy: industry road technique of Ministry of transport of the Russian Federation-M., 2001.
6. Severov N. V., Aleksandrov K. V. Research Report «Substantiation of requirements and directions of improvement of technology of search of victims of the avalanches». Khimki, AGZ of EMERCOM of Russia, 2008.

