



УДК 626.1

И.А. Каюмов, С.М. Койбаков

К ПРОБЛЕМЕ СНЕГОЗАНОСИМОСТИ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Опыт эксплуатации линейно-протяженных объектов на значительной территории СНГ, в том числе республик Средней Азии и Казахстана, показывает, что в условиях проявления метелевой деятельности возникают неблагоприятные явления от снегопереносов. При снегопереносах открытые обводнительно-оросительные каналы, автомобильные и железные дороги подвергаются снежным заносам, причиняя массу неудобств и потерь. На каналах круглогодичного действия возможно разрушение и продавливание ледового покрова от перегрузки снежными заносами, вызывающие резкое уменьшение пропускной способности, вплоть до полной остановки работы канала. Такие явления неоднократно наблюдались в период эксплуатации канала Иртыш-Караганда и других гидротехнических объектов. Снежные заносы на каналах сезонного действия препятствуют в ранний весенний период пропуску расчетного расхода воды по занесенному руслу при осуществлении влагозарядковых поливов и затоплении лиманов. Ежегодно из-за снежных заносов происходят перебои в движении автомобильного и железнодорожного транспорта, нанося огромный ущерб в целом народному хозяйству. Нередко гибнут люди, оставаясь один на один со страшной стихией. Актуальность этой проблемы подтвердила и нынешняя зима. По несколько суток были парализованы транспортные артерии по причине снегозаносимости автомобильных дорог в различных районах значительной территории Казахстана и других регионов.

На протяжении многих лет проблемами снегозаносимости различных объектов занимались как отечественные, так и зарубежные исследователи. К наиболее значимым можно отнести фундаментальные работы С.А. Чаплыгина, Н.Е. Жуковского, в области автомобильных и железных дорог работы А.А. Комарова, А.К. Дюнина, в области гидротехники -

А.Ж. Жулаева, В.Н. Карновича и других. Несмотря на достаточно глубокую изученность рассматриваемой проблемы как в теоретическом, так и в практическом плане, следует обратить внимание на вопрос влияния планового расположения объектов на их снегозаносимость.

Сходство проблемы снегозаносимости каналов и дорожных выемок можно объяснить тем, что в обоих случаях объект рассматривается как аэродинамический провал на пути снеговетрового потока. Это сходство дает основание разрабатывать общие инженерные мероприятия по предупреждению снегозаносимости рассматриваемых объектов, поскольку в их основу положены общие законы метелей, аэродинамики обтекания выемок и процессы аккумуляции твердой фазы из снеговетрового потока в зонах аэродинамических теней.

Исследованиями установлено, что формирование заносов в русле каналов происходит постепенно с бровки канала, перемещением шлейфа в направлении действия ветра, по мере поступления эродируемого материала [1]. Причем занос формируется с определенным уклоном поверхности по направлению ветра, называемым естественным откосом заноса, численно равным 6...12, в зависимости от скорости ветра и физико-механических свойств частиц грунта, участвующих в переносе. Также установлено, что до момента предельного заноса весь приносимый к каналу материал аккумулируется в нем.

Значение коэффициента естественного откоса заноса зависит от значения скорости ветра и пороговой (критической) скорости начала переноса частиц. В свою очередь, пороговая скорость зависит от физико-механических свойств дефлируемых частиц, т.е. от их размеров, формы, веса. Поток растекается с бровки выемки под определенным углом. Причем закон прямолинейного нарастания толщины пограничного

Таблица 1

| a \ m | | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 6,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 |
|----------------|----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 6 | 4°31 | 9°43 | 14°25 | 19°13 | 24°50 | 30°00 | 90°00 | - | - |
| m ₀ | 8 | 3°26 | 7°25 | 10°56 | 14°25 | 18°03 | 22°20 | 48°33 | 90°00 | - | - |
| | 10 | 2°52 | 5°44 | 8°38 | 11°32 | 14°30 | 17°28 | 36°51 | 53°08 | 90°00 | - |
| | 12 | 2°14 | 4°32 | 7°25 | 9°44 | 12°07 | 14°25 | 30°00 | 42°03 | 56°01 | 90°00 |

Таблица 2

Таблица расчета параметров снежного заноса для выемок трапециевидальной формы

| №/П | Расчетные схемы | Граничные условия | Расчетные формулы |
|---|-----------------|--|---|
| 1 | | $0 \leq x \leq mh$ $m < m_0 \sin \alpha$ | $F_x = \frac{1}{2} m_0 h^2 \sin \alpha K_m K_x^2 (1 - K_m);$ $x = m_0 h \sin \alpha K_m K_x; h_x = \frac{x}{m} - \frac{x}{m_0 \sin \alpha}$ |
| 2 | | $mh \leq x \leq m_0 \sin \alpha$ $m < m_0 \sin \alpha$ | $F_x = \frac{1}{2} m_0 h^2 \sin \alpha [(1 - K_m) - (1 - K_x)^2];$ $x = m_0 h \sin \alpha K_x; h_x = h - \frac{x}{m_0 \sin \alpha}$ |
| 3 | | $m < m_0 \sin \alpha$ $B < m_0$ $h(\sin \alpha + K_m)$ | $F_x = \frac{1}{2} m_0 h^2 \sin \alpha \left[(1 - K_m) - \frac{(1 + K_m - K_B)^2}{1 + K_m} \right]$ |
| Примечание: $K_m = \frac{m}{m_0 \sin \alpha}$; $K_B = \frac{B}{m_0 \sin \alpha}$; $K_x = \frac{x}{m_0 \sin \alpha}$ | | | |



слоя не зависит от величины скорости потока [2]. Вдоль любого угла, проведенного с бровки канала, относительная скорость остается постоянной, то есть $U / U_0 = const$.

Отсюда следует вывод, что для безвихревого обтекания выемки угол ее расширения не должен превышать 10° или коэффициент откоса не должен быть меньше $m = 6$. Если коэффициент откоса выемки окажется меньше 6, тогда ниже нижней границы растекания струи возникает вихревая зона с обратным направлением продольной скорости.

Теоретически коэффициент естественного откоса заноса по направлению действия ветра может принимать значения от 5,8 до ∞ или в градусах угол наклона заноса принимает значения от 0° до 10° . А на практике чаще всего коэффициент естественного откоса заноса колеблется от 6 до 12.

Объем снежного заноса в выемке на 1 п.м. ее длины равен:

$$F = \frac{1}{2} m_0 h^2 \sin a \left(1 - \frac{m}{m_0} \right),$$

где h - глубина выемки, м;

m - коэффициент откоса канала;

m_0 - коэффициент естественного откоса снежного заноса;

a - угол атаки ветра, град.

Из анализа формулы заносимости каналов видно, что с уменьшением угла атаки a соответственно уменьшается и объем заноса. С уменьшением угла атаки a может наступить момент, когда осуществляется равенство: $m_0 h \sin a = mh$ или

$$\frac{m}{m_0} = \sin a. \text{ Это, в свою очередь, означает равенство}$$

$m_0 = m / \sin a$, при котором плоскость, составляющая поверхность заноса, совпадает с плоскостью подветренного откоса выемки. Такому

условию отвечает значение $a = \arcsin \frac{m}{m_0}$. При всех

значениях угла $a \leq \arcsin \frac{m}{m_0}$ заносы в русле канала

будут отсутствовать, что мы и называем незаносимым профилем. Сопряженные значения угла атаки a и коэффициента откоса канала m , соответствующие

незаносимому профилю $a = \arcsin \frac{m}{m_0}$, при

различных значениях коэффициента естественного откоса заноса m_0 приводятся в табл.1.

Использование основных закономерностей формирования снежного заноса в выемках, характеризующих последовательность и особенности снегонакопления, позволяет рассчитать параметры заноса. Расчеты параметров снежного заноса для выемок трапециевидальной формы приводятся в табличной форме (табл. 2).

Литература

1. Жулаев А.Ж., Койбаков С.М. Расчеты снегозаносимости каналов. Вестник с/х науки Казахстана, № 9, 1987. – С. 72-77.
2. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – М.: Наука, 1984. – 716 с.