

3 СНЕГОПРИНОС И СНЕГОЗАНОСИМОСТЬ ДОРОГ

3.1 Районирование территории по трудности снегоборьбы на автомобильных дорогах

Главным источником снежных отложений на дороге является снегоперенос, вызванный метелями, теория которых хорошо разработана в трудах некоторых ученых. Под действием ветра снежные частицы поднимаются над поверхностью снежного покрова и снова откладываются там, где скорость ветра снижается. Переносимые метелью частицы снега имеют различную форму и размеры 0,01 ...2 мм, но 90 % частиц имеют размеры 0,1 ...0,25 мм. Масса переносимых частиц колеблется в пределах 0,0001... 0,005 г. Частицы снега могут подниматься только до определенной высоты — *потолка взвешивания*. Крупные тяжелые частицы перемещаются скачкообразно по поверхности снежного покрова. Такое движение называют *сальтацией*.

Снегоперенос рыхлого снега начинается при скорости ветра более 3 м/с, когда мелкие частицы снега размером 0,02...0,5 мм смешиваются с приземным воздухом и образуют турбулентный снеговетровой поток. Выпадающие из этого потока частицы разрушают снежную поверхность, что способствует дополнительному питанию снеговетрового потока снежинками.

При низовой метели основная масса снега переносится в приземном слое высотой 1,5...2,0 м, причем около 90 % снега переносится на высоте 10...20 см.

Количество снега, переносимого низовой метелью, определяется ее *транспортирующей способностью*, которая оценивается *удельным твердым расходом метели*, или *интенсивностью переноса метели* I , $\text{м}^3/(\text{м}^*\text{ч})$, — массой снега, переносимого в единицу времени через единицу площади вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению снеговетрового потока. В общем виде эта зависимость описывается формулой Д. М. Мельника

$$Y_{\max} = C v_{\phi}^3, \quad (3.1)$$

где C — коэффициент пропорциональности, значение которого зависит от плотности снега в метелевых сугробах; v_{ϕ} — скорость ветра на высоте флюгера (т. е. на высоте 10 м), м/с.

Для большей части Европейской территории России, где плотность снега составляет $0,25 \text{ т/м}^3$, коэффициент пропорциональности $C = 0,00031$, для районов Сибири, Казахстана, востока и юго-востока Европейской части России $C = 0,00026$.

Метелевый поток может быть насыщенным и ненасыщенным: *насыщенный* — когда ветровой поток переносит количество снега, соответствующего его максимальной транспортирующей способности; *ненасыщенный* — когда масса переносимого снега меньше предела насыщения.

Для того чтобы поток стал насыщенным, необходим определенный путь разгона метели, который обычно называют *длиной разгона метели*.

Длина разгона метели составляет 100...400 м. Вся масса снега, проносящегося в единицу времени через 1 м фронта метелевого потока (на всю его высоту), называется *полным общим расходом*, определяемым по формуле:

$$W_n = 0,08(v_\phi - 5)^3, \quad (3.2)$$

где W_n — полный расход, г/(м²*с).

Переносом снега (снегопереносом) называют массу или объем снега, перенесенного за время t :

$$W_{\text{сп}} = It = Cv_\phi^3 t. \quad (3.3)$$

Наибольшее количество снега (около 90 %) переносится в нижнем слое потока в пределах 0,2 м над уровнем снежного покрова.

В отличие от величины снегопереноса в теории зимнего содержания дорог используют величину снегоприноса.

Снегопринос — это количество снега, приносимого метелями к одной стороне дороги в течение зимы. Объем снегоприноса обычно составляет только часть общего объема снегопереноса. Между снегопереносом и снегоприносом существует зависимость:

$$W_{\text{с.д}} = W_{\text{сп}} \sin \alpha, \quad (3.4)$$

где $W_{\text{с.д}}$ — снегопринос к дороге, м³/м; α — угол между направлением метелевого ветра и дорогой.

3.2 Способы определения объема снегоприноса

Имеется два основных способа определения объема снегоприноса: способ расходов и способ балансов.

Способ расходов, или суммарных приносов, заключается в следующем. Суммарное количество снега, принесенное к дороге с каждой ее стороны в течение зимы, равно сумме количеств снега, принесенных в течение всех метелей, дувших с данной стороны дороги. Количество снега, принесенное к дороге в течение одной метели, равно сумме количеств снега, который был принесен ветрами различных направлений в течение времени действия метели в данных направлениях. Таким образом, снегопринос к одной стороне дороги за год:

$$W_{\text{с.д}} = \frac{2,9 \cdot 10^4}{\rho_c} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (v_{\phi i} - 5)^3 \sin \alpha_i t_{K i}, \quad (3.5)$$

где ρ_c — плотность снега в снежных отложениях у дороги, т/м³; N — число

случаев метелей в течение зимы; m — число случаев изменения направлений, с которых дули ветры в каждую метель; $v_{\phi i}$ — скорость ветра по флюгеру во время метели, м/с; α_i — угол между направлением ветра и дорогой во время метели; t_{ki} — продолжительность действия метелей, ч.

Для всех ветров определенного румба принимается один угол, средний для данного румба. Ветры со скоростью менее 6 м/с и дующие под углом менее 10° и ветры при положительной температуре воздуха не учитываются. Данные по ветровому режиму берут на ближайшей метеостанции за последние 10 лет и затем определяют $W_{c.d.}$ за каждый год. Из полученных значений составляют статистический ряд и находят расчетный снегопринос с заданной обеспеченностью:

$$W_p = \bar{W}_{c.d.} + \sigma t, \quad (3.6)$$

где $\bar{W}_{c.d.}$ — среднеарифметическое значение снегоприноса к данной стороне дороги за 9 — 15 лет, м³/м; σ — среднеквадратичное отклонение $W_{c.d.}$ за n лет, м³/м:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}_{c.d.} - W_{c.d.i})^2}{n}}; \quad (3.7)$$

t — коэффициент, для дорог II — IV категорий $t = 1,5$, для дорог I категории $t = 2,0$.

Способ балансов основан на следующих исходных положениях. Для любой примыкающей к дороге ограниченной территории, называемой снегосборным бассейном, справедлив баланс снежных масс

$$W_n = W_o + W_c - W_u - W_b, \quad (3.8)$$

где W_n — остаток снега в бассейне в конце зимы, сохранившийся в виде снежного покрова; W_o — объем снега, выпавшего из облаков (твердые осадки); W_c — объем снега, принесенного извне ветром; W_u — объем испарившегося и растаявшего снега; W_b — объем снега, вынесенного ветром за пределы бассейна.

Снегопринос к одной стороне дороги $W_{c.d.}$ можно определить по формуле

$$W_{c.d.} = W_b \sin \alpha = (W_o + W_c - W_u - W_n) \sin \alpha, \quad (3.9)$$

где α — угол между направлением ветра и дорогой.

Ввиду сложности расчетов с использованием способа балансов почти во всех случаях при практических расчетах применяют способ расходов.

3.3 Снегозаносимость дорог

Под *снегозаносимостью* понимают подверженность дорог образованию на них снежных заносов. Количественной характеристикой снегозаносимости является отношение количества снега, отложившегося на дорожном полотне, к общему количеству снега, принесенного метелями к дороге.

Снег из снеговетрового потока выпадает там, где по каким-либо причинам происходит снижение скорости потока и уменьшение транспортирующей способности в приземном слое. Если скорость потока перед преградой v_1 а за преградой v_2 , причем $v_1 > v_2$, уменьшение ΔI транспортирующей способности насыщенной метели за преградой составит

$$\Delta I = C(v_1^3 - v_2^3). \quad (3.10)$$

Величина ΔI — это та часть переносимого снега, которая выпадает из снеговетрового потока около преграды. Чем сильнее тормозится ветер над насыпью, выемкой или у какой-либо преграды, тем вероятнее снежные отложения. На принципе замедления скорости и уплотнения транспортирующей способности снеговетрового потока основана работа снегозадерживающих устройств.

Любые препятствия и неровности на поверхности земляного полотна и проезжей части могут вызвать снежные отложения. Поэтому нельзя допускать неправильной снегоочистки. Снежным заносам способствуют бордюры, возвышающиеся над покрытием.