

ТРАНСПОРТНОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

625.032.37

ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ДОРОГ ОТ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА УБОРКИ, СКОРОСТИ СНЕГОПРИНОСА И ИНТЕНСИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Канд. техн. наук, доц. Ю.И. МОЛЕВ

Рассматривается проблема расчёта энергозатрат при изменении времени начала снегоочистки дорог. Показаны рациональные соотношения между скоростью снегопереноса, интенсивностью дорожного движения и временем начала уборки.

The problem of power inputs calculation at changing of time of snow-clearing is analyzed. Rational quantities of drift-snow transport speed, traffic level and the start of clearing are surveyed.

Существующая в настоящее время методика оценки изменения затрат на зимнее содержание дорог [1] не учитывает изменения физико-механических и геометрических параметров снежного покрова под воздействием движителей автомобилей. При этом в расчетной схеме изменения силы сопротивления снега рабочим органам коммунальных машин рассматривается только один слой снега — рыхлый, рост которого характеризуется монотонно возрастающей функцией.

Исследования сотрудников Нижегородского государственного технического университета [2, 3] показывают, что такое представление об изменении снежного покрова на поверхности дорог является крайне упрощенным. В действительности изменение толщины различных слоев снега, обусловленное интенсивностью взаимодействия с колесными движителями транспортных средств, может быть как отрицательной, так и положительной величиной. Так как интенсивность воздействия колес с поверхностью дороги не одинакова по ширине, то и изменение толщин снега по ширине дороги будет иметь разную скорость, что приводит к образованию зональности распределения снега (чаще всего называемой колеиностью).

При взаимодействии со снежным покровом на рабочий орган действует сила сопротивления, состоящая из ряда составляющих. Такие составляющие суммарного сопротивления как сопротивление, возникающее в результате трения призмы волочения разрабатываемого материала о поверхность отвала, сопротивление подъему стружки разрушенного снега вверх по отвалу, сопротивление перемещению призмы вдоль отвала, реактивная сила отбрасывания снега отвалом в проекции на ось движения машины, сопротивление перемещению отвала снегоочистителя по заснеженной поверхности дороги при установке его в плавающее положение, уплотнение слоистого снега и заглобление рабочего органасопротивлений, не зависят от слоистости снежного покрова. Наибольшее влияние слоистость снега оказывает на силу резания, определяемую из выражения

$$P_0 = \frac{v_p \sqrt{\frac{\cos \theta}{2}} \left(\frac{1}{h} \left(1,2 \arcsin \left(\frac{h}{x^* + h} \right) - \frac{1,5\pi}{2 \left(\left(\frac{x^*}{h} \right)^2 + 1,4 \right)} \right) - \left(\sin \frac{\theta}{2} + \frac{2}{7} \sin \frac{7\theta}{2} \right) \frac{\cos \theta}{x^*} \right) HC (x^*)^{2(\nu-1)}}{\left((\sin(\theta) - \frac{2}{3} \sin^3(\theta) + \frac{1}{5} \sin^5(\theta)) \frac{2,2}{\sqrt{\wp}} \right)^2}$$

где v_p — скорость резания; h — толщина резания; x^* — длина зоны распространения деформаций; θ — угол, образованный между краями рабочего органа и точкой максимального распространения деформации; HC — твердость снежного покрова; \wp — коэффициент концентрации напряжений ($\wp = 3$ соответствует упруго-изотропному полупространству, $\wp = 4$ — полупространству, модуль деформации которого возрастает с глубиной, $\wp = 5$ — для полупространства состоящего из слоистых материалов с различными физико-механическими свойствами).

С учетом зональности снежного покрова суммарная сила резания на рабочем органе может быть найдена из уравнения

$$W^{BH}_{PO} = \sum_{j=1}^M B_j \left(\sum_{i=1}^N P_{0i} + \sum_{i=1}^{N-1} dx^*_i g(\rho, h_i + 0,5\rho_{np} h_{np}) E_i \right)_j + \frac{g}{2} \sum_{j=1}^M f_j \rho_j h_j^2 \mu_j,$$

где i — число слоев в рассматриваемом снежном покрове; j — число зон снега;

$\frac{g}{2} \sum_{j=1}^M f_j \rho_j h_j^2 \mu_j$ — член уравнения, учитывающий взаимное влияние близлежащих зон друг

на друга; B — ширина зоны снежного покрова, разрабатываемой рабочим органом, E — коэффициент, учитывающий изменение силы резания при переходе от монослоистой к полислоистой разрабатываемой среде.

Общее изменение силы на рабочем органе, в зависимости от времени начала снегопада и интенсивности дорожного движения, показано на рис. 1.

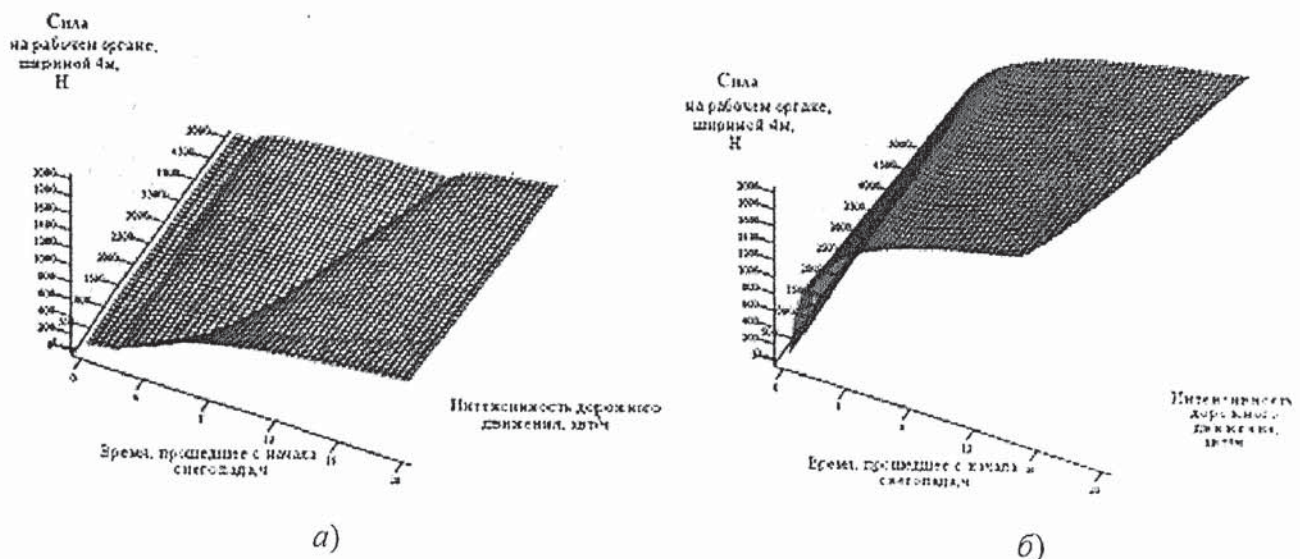


Рис. 1. Изменение силы резания на рабочем органе в зависимости от времени начала снегопада, при интенсивности выпадения снега, мм/ч: а — 2, б — 50

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии постоянного и монотонного роста силы на рабочем органе снегоуборочной машины в зависимости от интенсивности снегопада и времени начала уборки. В действительности существуют три критические точки, при переходе через которые энергоемкость процесса резко изменяется. Во-первых, это время, за которое снежный покров не ложится на дорогу, а разрушается и выносятся за ее пределы колесами транспортных средств. Величина данного параметра может быть определена из выражения

$$T_1 = \frac{1}{220(Q_{\text{сн}} + 0,000025I_{\text{тс}}^{0,6}) - 0,035 - 0,00008I_{\text{тс}}^{0,6}} - 27,5,$$

где $Q_{\text{сн}}$ — интенсивность выпадения снега, а $I_{\text{тс}}$ — интенсивность движения транспортных средств по исследуемой полосе. Во-вторых, это время, когда в зоне колеи начинает образовываться слой уплотненного снега. Данный момент может быть определен по следующей зависимости:

$$T_2 = \frac{300(h_3 - 0,00008I_{\text{тс}}^{0,6})}{100Q_{\text{сн}}},$$

где h_3 — толщина слоя экскавационно-разрушенного слоя снега на дороге. И, в-третьих, когда уплотненный слой снега в межколеиной и межполосных зонах полностью восстановит внутренние межкристаллизационные связи и превратится в снежно-ледовый накат. В зависимости от температуры и влажности поверхности дороги этот процесс может занять от 6 часов до бесконечности.

Зависимость энергоемкости удаления снега с поверхности дорог и ее сравнение с моделью, применявшейся до настоящего времени, показана на рис. 2.

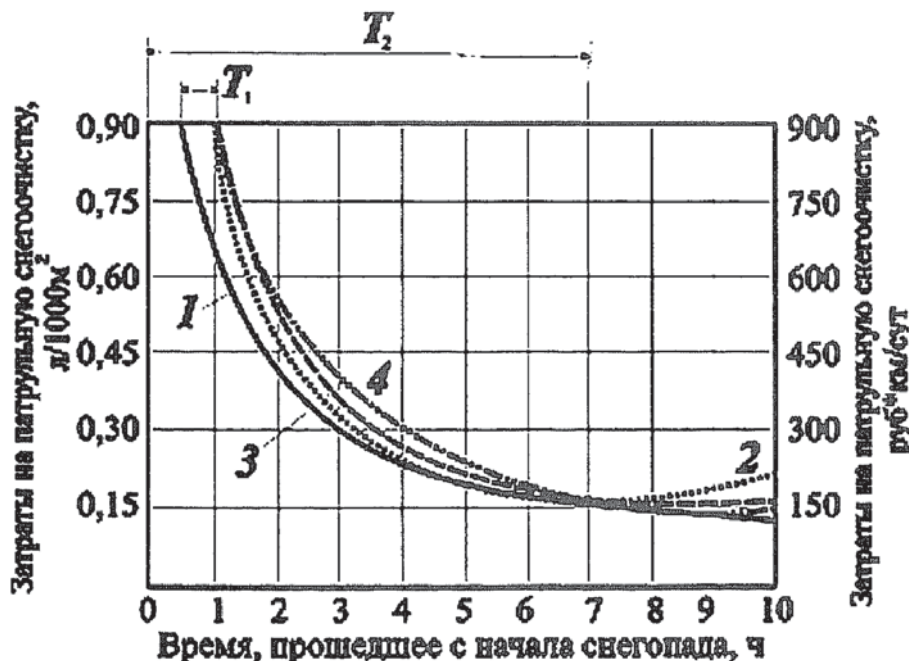


Рис. 2. Зависимость изменения затрат на очистку единицы поверхности дорожного покрытия от снега в зависимости от времени начала уборки: 1 — зависимость, применяемая ныне; 2 — предлагаемая зависимость для очистки дорог легкими (до 5 т) коммунальными машинами; 3 — предлагаемая зависимость для очистки дорог средними (5—12 т) коммунальными машинами; 4 — предлагаемая зависимость для очистки дорог тяжелыми (свыше 12 т) коммунальными машинами.

Полученные данные свидетельствуют о том, что предложенная математическая модель позволяет повысить точность расчета параметров взаимодействия рабочего органа коммунальной машины со снегом в промежутке от начала уборки и до 2 часов, а также после 7 часов от начала снегопада более чем на 50%, а в промежутке от 2 до 7 часов — на 25-30%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная энциклопедия дорожника. Т. 2. Ремонт и содержание автомобильных дорог / А.П. Васильев, Э.В. Дингенс, М.С. Коганзон и др.; под ред. А.П. Васильева. — М.: Информавтодор, 2004. — 507 с.
2. Модель снежного покрова на автомобильных дорогах как среды, разрабатываемой рабочими органами дорожных машин / В.В. Беляков, И.А. Ерасов, О.А. Захаров и др. / Межвузовский сб. научных трудов «Техника, технологии и перспективные материалы». — М.: МГИУ, 2004. — С. 81—85.
3. Б е л я к о в В. В., М о л е в Ю. И. Снег как опорное основание для движения транспортных средств // Известия Академии инженерных наук им. А.М. ПРОХОРОВА. — Т. 5. — Транспортно-технологические машины и комплексы, 2004. — С. 203—220.