

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ В БОРЬБЕ СО СКОЛЬЗКОСТЬЮ НА АВТОДОРОГАХ ДОРОГАХ КАЗАХСТАНА

Есентай Д.Е., магистрант КазАДИ им. Л.Б. Гончарова
Жунусов А.А., магистрант КазАДИ им. Л.Б. Гончарова
Омар А.Т., магистрант КазАДИ им. Л.Б. Гончарова

В практике дорожной и коммунальной службы применение химических реагентов для предотвращения зимней скользкости [1] на автомобильных дорогах Казахстана имеет весьма актуальное значение. Использование химического метода борьбы со скользкостью по сравнению с другими методами с эксплуатационной точки зрения наиболее экономически выгодным [2]. Область применения этого метода распространяется в особо интенсивных и скоростных дорогах (более 1000 авт/сут, скорость в зимнее время более 70 км/ч), тогда как фрикционные материалы менее эффективны вследствие малой продолжительности действия (не более 25-30 мин.).

Исходя из вышеизложенного, технико-экономическая оценка эффективности использования химических реагентов при различных методах их распределения (в твердом и жидком виде) с целью снижения силы смерзания (или сцепления) снежно-ледяного наката над дорожным покрытием включает следующие задачи:

- определить потребность материалов;
- определить потребность универсального распределителя химических материалов;
- затраты на приобретение исходных материалов – химических реагентов;
- затраты на топливо для универсальных разбрасывателей противогололедных материалов.

Пример 1. Потребное количество противогололедных химических реагентов [3.4]. Потребность химических реагентов можно определить с помощью следующих зависимостей:

а) в жидком виде

$$V_m = 6000 \cdot q \cdot m_c / 100, \quad (1)$$

где S – площадь покрытия дороги, на которой распределяются химические реагенты, m^2 ; q – плотность распределения химических реагентов, для жидких – $мл/м^2$, для твердых – $г/м^2$; m_c – масса химического реагента в 100 г воде, г.

б) в твердом виде

$$V_m = S \cdot q. \quad (2)$$

Исходные данные для расчета потребности материалов: ширина распределяемой поверхности – 6 м, длина – 1000 м; материал – NaCl, CaCl₂; температура воздуха – $t=-10$ °C; плотность распределения – $q=270$ мл/м² для жидкого и $q=90$ г/м² для твердого реагента.

Решение задач: масса химического реагента m_c в 100 г воде определяется из таблицы 3.1 и рисунка 4.7. Например, в соответствии с номограммой из рисунка 4.7 при $t=-10$ °C выбираем концентрацию раствора NaCl, которая равна $C=14$ %, а концентрация раствора CaCl₂ при той же температуре воздуха равна $C=16,7$ %. По этим данным из таблицы 3.1 плотность раствора NaCl соответствует $\rho=1,10$ т/м³, при этом $m_c=13,9$ г, а плотность раствора CaCl₂ равна $\rho=1,13$ т/м³ и масса реагента в 100 г воде равна $m_c=14,5$ г.

Таким образом, потребность раствора для хлористого натрия равна $V_m=6000 \cdot 270 \cdot 13,9/100=225,18$ кг, а для хлористого кальция – $V_m=6000 \cdot 270 \cdot 14,5/100=234,90$ кг на $S=6000$ м² оледенелой поверхности дороги. Потребность твердых реагентов хлористого натрия и кальция равна $V_m=6000 \cdot 90=540$ кг.

Пример 2. Потребность универсального распределителя противогололедных материалов на базе Рено можно [3].

Потребность Рено определить из выражения:

$$n_n = S \cdot n_{\phi} / \Pi, \quad (3)$$

где n_n – потребное количество разбрасывателей; n_{ϕ} – число распределений противогололедных материалов за период времени T_1 ; Π – производительность разбрасывателя:

$$\Pi = V_{\phi} \cdot p / (q \cdot T_1), \quad (4)$$

где V_{ϕ} – объем бункера (бака) универсального разбрасывателя, м³; p – плотность материала, т/м³; q – плотность распределения, мл/м² для жидкого и г/м² для твердого реагента; T_1 – продолжительность рабочего цикла, мин:

$$T_1 = t_p + t_{\text{нап}} + 2t_{\text{тр}} + t_{\text{всн}}, \quad (5)$$

где t_p – продолжительность распределения реагента, мин:

$$t_p = 60 \cdot V_{\phi} \cdot p / (B \cdot q \cdot V_p), \quad (6)$$

где B – ширина посыпаемой полосы, м; V_p – рабочая скорость разбрасывателя, км/ч; $t_{\text{нап}}$ – время наполнения бункера (бака для раствора), мин; $t_{\text{тр}}$ – продолжительность поездки разбрасывателя от места загрузки до места распределения, мин:

$$t_{\text{тр}} = 60 \cdot \ell / V_{\text{тр}}, \quad (7)$$

где ℓ – средняя дальность поездки, км; $V_{\text{тр}}$ – транспортная скорость, км/ч.

Исходные данные: плотность раствора $\text{NaCl}=1,10 \text{ т/м}^3$, $\text{CaCl}_2=1,13 \text{ т/м}^3$; $B=6 \text{ м}$; $V_p=60 \text{ км/ч}$; $t_{\text{нап.жид}}=10,5 \text{ мин}$ при $V_{61}=0,75 \text{ м}^3$ (общий объем бака $V_6=6,0 \text{ м}^3$); $t_{\text{нап.тв.}}=1,8 \text{ мин}$ при $V_{61}=0,54 \text{ м}^3$ (общая вместимость кузова $V_6=6,0 \text{ м}^3$); $\ell=4 \text{ км}$; $V_p=30 \text{ км/ч}$; $V_{\text{тр}}=60 \text{ км/ч}$; $t_{\text{всп}}=0,1 \text{ мин}$ для жидкого и $t_{\text{всп}}=0,05 \text{ мин}$; $n_{\phi}=0,2$.

Решение задачи:

$t_p=60 \cdot 0,75 \cdot 1,1 / (6 \cdot 0,00009 \cdot 40000) = 2,29 \text{ мин}$ для жидкого реагента;

$t_p=60 \cdot 0,54 \cdot 1,6 / (6 \cdot 0,00009 \cdot 40000) = 2,40 \text{ мин}$ для твердого реагента.

$t_{\text{тр}}=60 \cdot 14 / 60 = 4 \text{ мин}$.

$T_1=2,29+10,5+2 \cdot 4+0,1=20,89 \text{ мин}$ для жидкого реагента;

$T_1=2,40+1,8+2 \cdot 4+0,05=12,25 \text{ мин}$ для твердого реагента.

$\Pi=6,0 \cdot 1,1 / (0,00027 \cdot 20,89) = 1178,57 \text{ м}^2/\text{мин}$ при распределении жидкого реагента;

$\Pi=6,0 \cdot 1,6 / (0,00009 \cdot 12,25) = 8727,27 \text{ м}^2/\text{мин}$ при распределении жидкого реагента

$n_{\Pi}=6000 \cdot 0,2 / 1178,57 = 1,02$ распределителя в период времени T_1 для жидкого реагента;

$n_{\Pi}=6000 \cdot 0,2 / 8727,27 = 0,13$ распределителя в период времени T_1 для твердого реагента;

Пример 3. Затраты на приобретение противогололедных материалов.

Затраты на приобретение противогололедных материалов определяется следующим образом [4]:

$$C_M = V_M \cdot C_M, \quad (8)$$

где V_M – потребное количество материалов, кг; C_M – стоимость материала, тг/кг.

Исходные данные: $\text{NaCl}=225,18 \text{ кг}$, $\text{CaCl}_2=234,90 \text{ кг}$ (для приготовления раствора) и $V_M=6000 \cdot 90=540 \text{ кг}$ хлористый натрий и кальций по отдельности для распределения в сухом виде; стоимость $\text{NaCl}=114 \text{ тг/кг}$ (19,79 руб/кг) и $\text{CaCl}_2=223 \text{ тг/кг}$ (38,71 руб/кг) по договорной цене.

Решение задачи:

$C_M=225,18 \cdot 114=25670,52 \text{ тг}$ хлористого натрия для приготовления соляного раствора при $S=6000 \text{ м}^2$;

$C_M=225,18 \cdot 223=50215,14 \text{ тг}$ хлористого натрия для приготовления соляного раствора при $S=6000 \text{ м}^2$;

Пример 4. Затраты на приобретение ГСМ для разбрасывателей [4].

$$C_M = V_m \cdot C_m \cdot T_l, \quad (9)$$

где V_m – часовой расход топлива базовым автомобилем универсального пескорозбрасывателя, л/ч:

$$V_m = 1,03 \cdot N \cdot q_p \cdot K_{\text{ов}} \cdot K_n, \quad (10)$$

где N – мощность двигателя, кВт; q_p – удельный расход топлива при максимальной мощности, кг/кВт; $K_{дв}$ – коэффициент использования двигателя по мощности, $K_{дв}=0,85$; K_n – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от использования двигателя, $K_n=1,2$; C_m – стоимость топлива, тг/л; T_l – продолжительность рабочего цикла, час.

Исходные данные: $N=289$ кВт; $q_p=23$ кг/кВт; $C_m=79$ тг/л (по рыночной цене г. Алматы за 2020 г.).

Решение задачи:

$$V_T = 1,03 \cdot 189 \cdot 0,23 \cdot 0,85 \cdot 1,2 = 45,67 \text{ л/ч.}$$

$C_m = 45,67 \cdot 79 \cdot 20,89 / 60 = 1256,16$ тг при распределении жидких реагентов;

$C_m = 45,67 \cdot 79 \cdot 12,25 / 60 = 736,62$ тг при распределении твердых реагентов.

Резюме. Анализ проведенных экспериментальных исследований дал возможность определить нормы распределения химических реагентов на поверхности покрытия при аварийном методе и сопоставить полученные данные с теоретическими результатами.

1. На казахстанских дорогах при появлении скользкости больше всего применяют пескосоляная смесь, при этом их эффективное действие длиться всего лишь 40-70 мин.

2. При гололедном образовании в виде тонкослойного снежно-ледяного наката не практиковалось использование химических реагентов в виде жидкого раствора, а нормы их распределения принимались как в европейской части бывшего Советского Союза (при плотности распределения от 90 до 450 мл/м²), при этом концентрация рассолов колебалась в пределах $C=10-35$ %.

4. При профилактическом методе распределения твердых и жидких химреагентов не рекомендуется их применение при температуре воздуха ниже -12 °С в зонах с резко-континентальным климатом и при отсутствии механизированной очистки проезжей части дороги от жженого снега.

Список использованных источников

1. Лед и снег. /Под ред. У.Д. Кингери – М.: Мир, 1996.– 480с.
2. Киялбаев А.К., Телтаев Б.Б. Зимние виды скользкости и химические методы борьбы с ними. Учебное пособие. – Алматы: КазАТК. – 112 с.
3. Киялбаев А.К., Киялбай С.Н. Эксплуатация автомобильных дорог. Учебное пособие. /под ред. д.т.н., проф. Киялбаева А.К., изд. 2-е с изм. и доп. – Москва-Алматы: МААДО, КазАДИ. 2017. – 343 с.
4. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Издание официальное. – М: Минтранс РФ, 2003. – 72 с.