

## **Машины для растепления снежной массы**

**Ш.М. Мерданов, С.П. Пирогов, В.А. Костырченко, Т.М. Мадьяров**

Уборка и вывоз снега являются сложным видом клининговых услуг, поскольку эти работы постоянно проводятся при низких температурах и неблагоприятных погодных условиях. Зимой погода очень изменчива: снегопады сменяются дождями, затем опять ударяют морозы и образуется гололед. Все эти факторы создают препятствия для проведения жизни в привычном ритме. Именно поэтому одной из самых важных задач является уборка снега с территорий, его вывоз и обработка территории антигололедными реагентами. Такие работы производятся либо вручную, либо при помощи специальной техники.

Для уборки городских улиц используется специализированная техника, но она в полной мере не может провести уборку придворовой территории. Специализированные машины могут только убрать снежную массу только с открытых мест, но со временем места на придворовых территориях становится все меньше и меньше, использование спецтехники становится не рентабельно и невозможно. В виду этого необходимость использования ручного труда резко возрастает. Для оптимизации процесса уборки снежной массы с придворовых территорий предлагается использовать машины для растепления снежной массы с целью экономии денежных средств на вывозе снежной массы на свалки и использования специализированной техники.

Отличие зимней уборки городских дворов от уборки дорог заключается в отсутствии мест для складирования снега. Современная мощная дорожная техника способна сдвинуть снег к лотковой части дороги и отбросить его на необходимое расстояние за обочину. Однако на дворовой территории сразу за лотковой частью идет тротуар для прохода пешеходов, а за ним – дома. Поэтому снег с городских дворов необходимо вывозить, а это – процесс дорогостоящий.

Применительно к уборке дворов города и вывоз загрязненного снега в места его утилизации обходится дорого. Увеличение плеча перевозки снега на 10 километров по стоимости сравнимо с затратами на топливо, требующимися для плавления такого же количества снега в плавильных установках. Кроме того, перевозка снега автотранспортом приводит к дополнительной экологической нагрузке на воздушную среду города за счет загрязнения ее выхлопными газами. Поэтому целесообразно иметь сеть утилизирующих снег сооружений, относительно равномерно распределенных по территории города.

Опыт использования снегоплавильных пунктов у России имеется с 6 марта 1928 года, когда вышло постановление Президиума Московского Совета РК и КД «Об устройстве и содержании снеготаялок».

Начиная с 1933 года, стали применяться стационарные снеготаялки, работающие на отходящих газах котельных, сначала конструкции теплотехника Макарова, а затем с 1939 года инженеров В.Г. Ефремова и Н.И. Горбунова, более 60 которых находилось в эксплуатации. Они представляли собой кирпичный подземный резервуар, загружаемый снегом, через который проходил отходящий из котлов газ.

Велись активные поиски новых конструктивных решений передвижных (мобильных) снеготаялок. Были изготовлены различные конструкции угольных передвижных снеготаялок: однобункерная и двухбункерная снеготаялки конструкции инженеров П.В. Заколупина и А.П. Колодея и двухшатровая снеготаялка конструкции инженеров В.Я. Елагина и Н.И. Ильина с использованием электродвигателя и вентилятора для подачи под напором воздуха под колосниковую решётку, которые были испытаны в 1950 году и рекомендованы для применения как дворовые снеготаялки.

В 1966 году трестом «Гордормеханизация» Управления благоустройства Мосгорисполкома была изготовлена экспериментальная стационарная газовая тепловодяная снеготаялка, разработанная институтом

«Мосгазпроект», воду в которой разогревали три погружные газовые горелки [1 - 3].

Дальнейшим развитием системы утилизации снега является внедрение положительного, полученного в зимний период 2007/08 г.г., опыта использования передвижных отечественных снеготаялок конструкции института ВНИИстройдормаш.

Использование снеготаяльных установок в зарубежных странах, таких как Канада и США, показал, что у них широко применяются не только стационарные, но и передвижные снеготаялки [4, 5].

Все применявшиеся ранее и эксплуатируемые в настоящее время снеготаялки могут быть классифицированы:

- на стационарные, привязанные к обслуживанию конкретных территорий и мобильные двух видов - перевозимые и самоходные;
- по способу загрузки снега - с загрузкой автопогрузчиками (мобильные), со встроенным или навесным снегопогрузчиком (самоходные) и с самосвальной или бульдозерной загрузкой(стационарные);
- по типу теплоносителя - использующие в качестве теплоносителя горячую воду и газообразные продукты сгорания топлива или нагретый воздух;
- с теплоносителем, контактирующим со снегом, или бесконтактные, не имеющие непосредственного соприкосновения теплоносителя со снегом;
- с собственным или внешним источником тепла - погруженными горелками, контактными водоподогревателями, а так же с газовыми, угольными или дровяными топками, смонтированными вместе со снегоплавильной камерой или же тепло для плавления снега поступает от внешних источников, к которым подключена, например, стационарная снеготаялка;

- с пассивным плавлением снега в снегоплавильной камере или активным, с применением механического перемешивания, барботажа и струйных систем.

Все снеготаялки, работающие с применением вышеперечисленных конструктивных особенностей имеют различные производительности и к.п.д., а также иногда и существенные недостатки и многие из них уже являются достоянием истории и на практике не используются.

Для определения необходимости использования той или иной машины для растепления снежной массы необходимо произвести расчет теплового баланса для обоснования целесообразности использования снегоплавильного пункта.

Тепловой баланс рассчитывается как сопоставление прихода и расхода масс веществ в процессе растепления снежной массы. Различают два вида тепловых баланса: расчётный и экспериментальный [6, 7].

Процесс снеготаяния можно разделить на 2 стадии – нагрев снега до 0 градусов и перевод снега в жидкое состояние

Зададимся некоторыми параметрами:

$t_{сн} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  - максимально низкая температура снега, поступающего в тепловой бункер.

$\rho = 300 \text{ кг/м}^3$  - средняя плотность снега;

$c = 2,09 \text{ кДж/кгК}$  - теплоёмкость снега при его плотности  $300 \text{ кг/м}^3$ .

$r = 330 \text{ кДж/кг}$  - теплота плавления снега;

Количество теплоты, необходимое для нагрева снега до нуля градусов на площади в  $1 \text{ м}^2$  без учёта теплопотерь:

$$Q = c \cdot \rho \cdot \delta \cdot (0 - t_{сн}) \quad (1)$$

где  $\delta$  - интенсивность поступления снега (м/час).

$t_{сн} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}$  - температура снега ( $^{\circ}\text{C}$ )

Например, для нагрева слоя снега 5 мм. от  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  потребуется  $Q = 2,09 \cdot 300 \cdot 0,005 \cdot (0 - (-15)) = 47 \text{ Вт/час}$

Перевод снега в жидкое состояние:

$$Q_m = r \cdot \rho \cdot S \quad (2)$$

где  $r = 330$  кДж/кг. — скрытая теплота плавления снега;

Например, для плавления 5 мм. снега:

$$Q_m = 330 \cdot 300 \cdot 0,005 = 495 \text{ Вт/час на } 1 \text{ м}^2.$$

Если принять «G» - средний за период таяния приток тепла (Дж/м<sup>2</sup>с), то полное время таяния «T» (с) найдем по формуле при условии, что снег толщиной «δ» (м) распределён равномерно на поверхности нагрева площадью «S» (м<sup>2</sup>):

$$T = [c \cdot \rho \cdot S \cdot \delta \cdot (0 - t_{сн}) + (r \cdot \delta \cdot S \cdot \rho)]/G \quad (3)$$

Следовательно, время таяния снега прямо пропорционально его первоначальной толщине, площади слоя и средней плотности и обратно пропорционально среднему притоку тепла за период таяния. Чем больше приток тепла к снежному слою, тем интенсивнее его плавление.

Передача тепла в любой среде выполняется тремя основными способами: теплопроводностью от нагретых областей к холодным без перемещения вещества, конвекцией и СВЧ излучением.

При нагревании или охлаждении снега происходят фазовые переходы. Процесс теплопередачи в снеге очень сложен и не исследован. При опытных оценках теплопроводности снега обычно используют модель снега как сплошной непрозрачной однородной среды, которое описывается уравнением Фурье:

$$Q_T = -\lambda(dT/dN), \quad (4)$$

где  $Q_T$  - поток тепла (Вт/м<sup>2</sup>);  $T$  - температура;  $dN$  - расстояние, отсчитываемое по направлению передачи тепла (м);  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности (Вт/м\*К).

Чем меньше коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , тем лучше теплоизоляционные свойства тела.

Методы интенсификации можно подразделить на пассивные, которые не требуют прямых затрат энергии, и активные, которые требуют затрат

энергии извне. Эффективность обоих способов сильно зависит от характера теплообмена, который может изменяться от свободно-конвективного в однофазной среде до дисперсно-плёночного режима кипения.

За исключением широко распространённого способа, основанного на применении развитых поверхностей, пассивные методы мало что могут дать для интенсификации теплообмена при свободной конвекции. Это связано с тем, что скорости в таких процессах слишком низки, чтобы вызывать отрыв потока или вторичные течения. Выпущенный обзор по ограниченному числу данных для свободной конвекции воздуха, воды и масла, полученных на поверхностях, выполненных промышленными методами, или на поверхностях с искусственно нанесённой шероховатостью, приводит к выводу, что увеличение коэффициентов теплоотдачи вплоть до 100 % можно получить только для воздуха, но для жидкостей рост коэффициентов теплоотдачи очень невелик [7 - 10].

Использование теплообмена в результате использования механических средств является стандартным методом в химической и пищевой промышленности, где применяются вязкие жидкости. Данные по этим процессам и методы конструирования широко используются для нагреваемых цилиндров, вращающихся вокруг своей оси в объёме неподвижной среды.

Наиболее легко определяемая термическая характеристика – это теплота фазовых переходов, поскольку такие составляющие, как водяной пар и воздух, могут не приниматься в расчет и описываться следующим уравнением:

$$C = 2,115 + 0,00779T, \quad (5)$$

где  $C$  — удельная теплоемкость (кДж/(кг·°C)),  $T$ —температура (°C).

Рекомендации по модернизации снеготаяльных пунктов:

- первый способ заключается в увеличении производительности снеготаяльных пунктов за счет увеличения расхода топливно-энергетических ресурсов.

- второй способ заключается в увеличении времени растепления снежной массы путем использования более экономичных и экологичных способов.

Проанализировав эти способы можно сделать вывод, что второй способ подходит больше для территорий с небольшим количеством снежной массы.

Для определения оптимальных параметров растепления снежной массы необходимо проведение экспериментальных исследований по выявлению зависимости объема снежной массы от количества затрачиваемой тепловой энергии.

### **Список литературы:**

1. Основы теории тепловых процессов и машин. Часть II, Александров Н.Е., Богданов А.И., Костин К.И. и др.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний 2006 г., 571 с.

2. Поляков Д.В. Рабочие процессы и обоснование параметров электрических снеготаялок [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / Поляков Дмитрий Валерьевич. ТюмГНГУ. - Тюмень, 2006. - 16 с.

3. Динамика тепловых процессов [Текст]: Киев: Наукова думка, 1980г.- 133с.

4. Falkovich G. Fluid Mechanics, a short course for physicists. Cambridge University Press, 2011. pp. 140 – 145.

5. Masuch J. "Genanigkeit von Energieverbrauchsberechnung für raumlufttechnische Anlagen bei reduzierter Wetterdatenmenge", HLH 33(1982) №11, Nov. pp. 120 - 125.

6. Гавриленко А.В., Кирсанов А.Л., Елисеева Т.П. Основные направления энергосбережения в региональной экономике [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/340> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

7. Руденко Н.Н., Фурсова И. Н. Моделирование температурного поля в грунте [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1697> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз.

8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] - М.: Дрофа, 2003-840 с.

9. Мерданов Ш.М., Егоров А.Л., Райшев Д.В., Закирзаков Г.Г., Самойлова М.И., Шаруха А.В. Технические основы создания машин (Учебное пособие) [Текст] // под общ. ред. Ш.М. Мерданова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 260 с.

10. Эксплуатация подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин (Строительные машины): учебник [Текст] // Карнаухов Н.Н., Мерданов Ш.М., Шефер В.В., Иванов А.А.. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 436 с.