

---

---

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Н.Л. Дерюшева

ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»

*Ярославское шоссе, д. 26, Москва, Россия, 129337*

Обосновывается метод подачи теплоносителя для интенсификации таяния снежных масс по результатам эксперимента моделирования процесса таяния снежных масс. В целях защиты окружающей среды от загрязнений уличных покрытий при выгрузке и вывозе осадков автотранспортом из загрузочных камер снегоплавильных сооружений предлагается применять струйные аппараты для их перекачивания с помощью сжатого воздуха и дальнейшего транспортирования по канализационному коллектору на очистные сооружения города.

**Ключевые слова:** наружные системы водоотведения, снегоплавильные сооружения, интенсификация плавления снежных масс, защита окружающей среды

В зимнее время в населенных пунктах России не обойтись без уборки снега, особенно в крупных городах, таких как Москва. Снега с дорожных покрытий убирается так много, что возникла проблема его утилизации. Ранее в Москве снег просто сбрасывали в яры за городом, в реки Яузу или Москву [2; 5]. Поскольку убираемый снег не просто совокупность атмосферных осадков, но и масса антропогенных продуктов, содержащих органические, химические и минеральные вещества 3–5 класса опасности, при накоплении пагубно влияющих на экологическую обстановку местности, в 2000 г. в Москве снежные массы стали утилизировать на снегоплавильных сооружениях — мобильных и стационарных, размещенных в разных районах города. Казалось, что проблем возникать не должно: сбросили снег в приемный бункер, и он исчез. Снег под действием теплоносителя тает, жидкая среда отводится в канализацию, а минеральные вещества задерживаются в приемной камере или каналах песколовки и по мере накопления складываются, а затем вывозятся на полигоны для захоронения. Осадок выгружается из камеры и вымораживается на площадке. Если камера загружена, снег также выгружается в специально оборудованном для этого месте. Как правило, место складирования снега и осадка имеет существенное ограничение по площади. Поэтому машины выстраиваются в очередь для выгрузки избыточной массы снега в приемную камеру или на свободную площадку, а талые стоки от осадка стекают на дорожные покрытия. Шум машин, запахи стоков вызывают недовольство жителей, проживающих близко от снегоплавильных сооружений (СПС), поэтому их необходимо совершенствовать.

Наибольшее распространение получили снегоплавильные сооружения стационарного типа (ССПС) с традиционной технологической схемой (рис. 1, 2): загрузочная камера для приема снежной массы оборудуется решеткой, роторной дробилкой, трубопроводом для отвода талой воды с нижних уровней камеры, распределительным трубопроводом для подачи сточной воды сверху на снежную массу, отводным коридором для осаждения минеральных веществ из формиру-

ющихся жидких сред [2; 5]. Как отмечалось выше, недостатком данных сооружений является то, что выгружаемый на площадку осадок для обезвоживания с последующим вывозом его самосвалами на захоронение создает санитарную опасность для окружающей среды. В последнее время вывоз осадка на захоронение для крупных городов становится невозможным из-за отсутствия свободных территорий и высокой стоимости автотранспорта. Кроме того, подача сточной воды сверху на снежную массу не обеспечивает полного использования ее кинетической и тепловой энергии. После намочания снег с минеральными и органическими включениями тонет, а сверху образуется слой воды, который гасит энергию струи и температуру теплоносителя. Снежная масса тает настолько медленно, что уплотняется и примерзает к дну камеры. В последующем по мере намочания слой чистой снежной массы всплывает (за счет разности удельных весов воды и снежной массы), вытесняет часть воды и забивает поперечное сечение коридора и приемной камеры. При этом сброс снежных масс в ССПС становится невозможным и наступает нарушение работоспособности сооружения. Отказ ССПС связан и с тем, что сточная вода, которая подается сверху, теряет соприкосновение со снегом и падает на верхний уровень талой воды. При этом теряется как тепловая, так и кинетическая энергия теплоносителя.

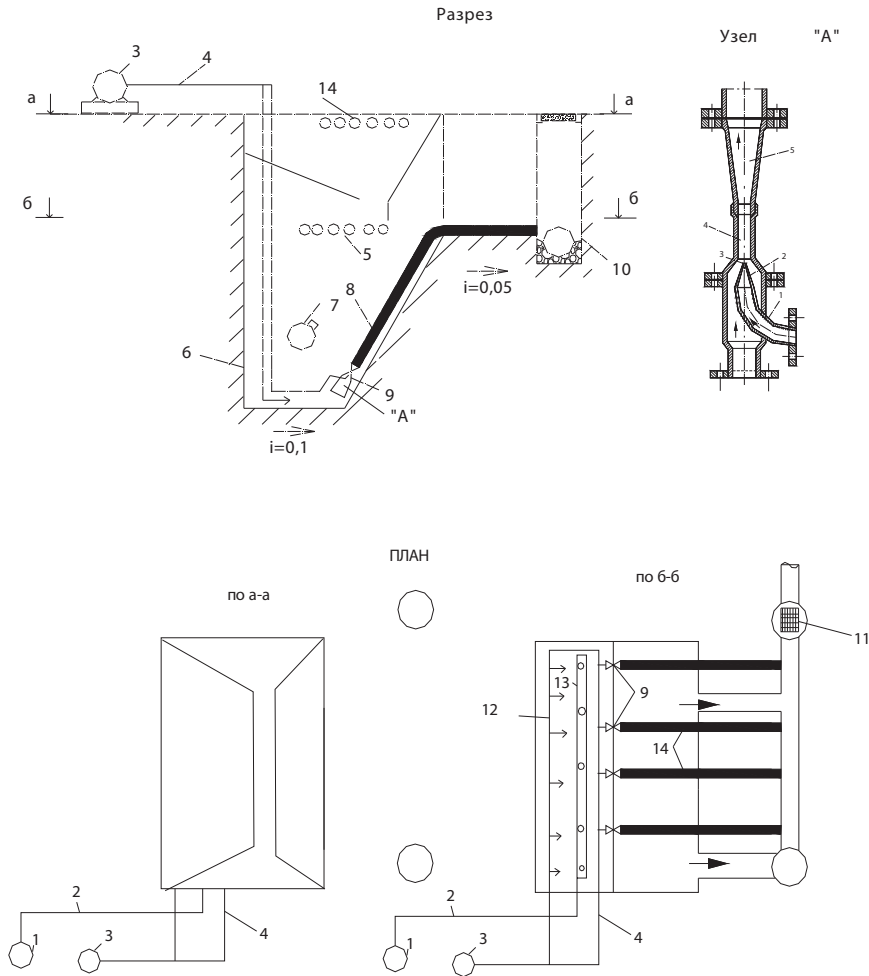


Рис. 1. Стационарное снегоплавильное сооружение на канализационном коллекторе

Чтобы повысить производительность ССПС и снизить частоту его отказов, предлагается сточные воды подавать на снежную массу не сверху, а снизу, как это делается при подаче перегретого пара на снегоплавильных сооружениях ТЭЦ, т.е. по схеме, приведенной на рис. 2.

Чтобы оценить эффективность данной схемы подачи теплоносителя, был выполнен эксперимент на модели сооружения. Моделирование процесса таяния снежной массы на снегоплавильном сооружении выполнялось в две стадии: в декабре и марте. В качестве теплоносителя использовалась водопроводная вода с температурой  $t = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$  (равной температуре сточных вод в коллекторе). Подача воды  $Q = 8\text{ л/мин} = 0,13\text{ л/с}$  контролировалась с помощью крыльчатых водомеров и емкостным методом. Длина струи от каждого spryska составляла  $l = 30\text{ см}$ . Снежная масса объемом 8 л, с объемным весом  $\gamma = 0,575\text{ кг/л} = 0,575\text{ т/м}^3$ , собранная с дорожных покрытий, при каждом испытании обливалась водой через

душевую насадку в количестве  $Q = 8 \text{ л/мин} = 0,13 \text{ л/с}$ . Эксперимент показал, что подача теплоносителя на снежную массу снизу обеспечивает эффективное смачивание загрузки, экономию тепловой энергии и снижение времени таяния снега в 1,32—1,65 раза по сравнению с применяемым, альтернативным методом. Результаты выполненного эксперимента приведены в табл. 1.



**Рис. 2.** Технологическая схема сооружения по утилизации снежных масс

План и разрез: 1 — насос; 3 — компрессор; 2 — трубопровод воды; 4 — воздухопровод; 5 — роторная решетка-нож; 6 — снегоприемная камера; 7 — коллектор с насадками для подачи теплоносителя; 8 — трубопровод подачи осадка; 9 — струйный нагнетатель; 10 — отводной канал; 11 — корзина; 12 — воздушный коллектор; 13 — струйный монитор; 14 — роторная решетка-дробилка  
Узел «А»: схема струйного нагнетателя: 1 — подача рабочей среды; 2 — сопло; отверстие сопла; 4 — горловина; 5 — диффузор

Таблица 1

**Данные о времени таяния снежной массы**

Условие подачи теплоносителя	декабрь, объемный вес снега $\gamma = 0,545 \text{ кг/л} = 0,545 \text{ т/м}^3$ , $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$								
	время, $t$ , с								
верхнее	313	330	310	350	329	346	311	338	$\bar{X}_B = 328,4$
нижнее	218	215	234	237	205	225	229	207	$\bar{X}_H = 221,3$

Условие подачи теплоносителя	март, объемный вес снега $\gamma = 0,575 \text{ кг/л} = 0,575 \text{ т/м}^3$ , $t = 17 \text{ }^\circ\text{C}$								
	время, $t$ , с								
верхнее	329	348	334	330	352	336	356	345	$\bar{X}_B = 341,3$
нижнее	229	211	230	236	235	223	231	209	$\bar{X}_H = 225,5$
$\bar{X}_B = 334,8; \bar{X}_H = 223,4$									
$k_{\text{ср}} = 334,8/223,4 = 1,5; k_{\text{макс}} = 345/209 = 1,65; k_{\text{мин}} = 310/234 = 1,32$									

Гипотеза об однородности данных испытания проверялась по критерию  $\hat{t}$  [1; 3]:

$$\hat{t} = \frac{y_m \sqrt{m \cdot (n-2)}}{\sqrt{n-m-m \cdot y_m^2}}, \quad (1)$$

$$\hat{t}_B = \frac{1,76 \sqrt{8 \cdot (16-2)}}{\sqrt{16-8-8 \cdot 1,76^2}} = 4,55 \text{ для верхней подачи,}$$

$$\hat{t}_H = \frac{1,72 \sqrt{8 \cdot (16-2)}}{\sqrt{16-8-8 \cdot 1,72^2}} = 4,59 \text{ для нижней подачи,}$$

где  $y_m = (\bar{X} - \bar{X})/S$  — наибольшее отклонение средней подгруппы от общей средней;  $n$  — объем выборки;  $m$  — объем  $j$ -й подгруппы;  $\bar{X}$  — средняя подгруппы наблюдений;  $\bar{X}$  — средняя совокупности наблюдений;  $S$  — статистическое среднее квадратическое отклонение данных в выборке.

Проверка гипотезы об однородности средних совокупности наблюдений и ее подгрупп выполняется по условию [1; 3]:

$$\bar{S} > t_q \frac{\sqrt{m(n-2)}}{\sqrt{n-m-my_m^2}}, \quad (2)$$

где  $t_q$  — критерий Стьюдента при уровне значимости  $q = 5\%$  и числе степеней свободы  $k = 16 - 2 = 14$ ;  $t_{5,14} = 2,14$ ;  $\bar{S}$  — среднее арифметическое отклонение наблюдений от средних значений,  $\underline{S}_B = 14,1$  при верхней подаче,  $\bar{S}_H = 10,7$  при нижней подаче.

Поскольку условие  $14,1 > 4,55$ ;  $10,7 > 4,59$  выполняется, гипотеза об однородности данных не отвергается.

Пользуясь формулой Н.П. Гавырина [4] для определения дальности полета гидромониторной струи, определим значение напора  $H$  перед распылением:

$$H = \sqrt{\left( \frac{l}{0,415 \cdot \sqrt[3]{\alpha \cdot d}} \right)^3} = 0,8 \text{ м,} \quad (3)$$

где  $\alpha = 1$  — угол наклона струи, град;  $d = 1$  — диаметр выходного сечения насадки, мм;  $l = 0,3$  — длина струи, м.

Выполненный эксперимент показал, что струи воды при соприкосновении со снегом лучше передают тепловую энергию, чем через слой воды. Подобное ре-

шение в технологической схеме утилизации снежных масс позволит повысить не только производительность сооружения, но и его надежность. Представляется целесообразным ССПС оборудовать струйным нагнетателем и системой трубопроводов для подвода сжатого воздуха. Температурный климат в приемном бункере должен контролироваться датчиками тепла. Если температура жидкой среды в контролируемых зонах падает ниже допустимой, то усиливается подача сжатого воздуха по системе трубопроводов. Сжатый воздух передает тепловую энергию жидкой среде и взрыхляет оседающую массу в бункере. Накопившийся осадок в бункере будет перекачиваться струйным нагнетателем по трубопроводам в канализационный коллектор. Для задержания крупных минеральных включений (щебня, гальки) перемещаемая среда предварительно проходит через сетчатую корзину.

**Выводы.** Предлагаемая схема ССПС позволяет интенсифицировать процесс таяния снежной массы; перемещать органические и минеральные осадки из бункера в канализационную городскую сеть непрерывно без применения механического оборудования; снижает санитарную опасность загрязнения окружающей среды, которая возникает при транспортировании в негерметичной таре осадков сточных вод влажностью 98%.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Большев Л.Н., Смирнов Н.В.* Таблицы математической статистики М.: Наука. Главная редакция физико-математическом литературы, 1983. 416 с.
- [2] *Борисюк Н.В.* Снег, снежная масса, утилизация // *Строительная техника и технологии.* 2012. № 1. С. 54–58.
- [3] *Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В.* Теория вероятностей и математическая статистика в технике. Техничко-теоретическая литература. М., 1955.
- [4] *Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П.Г. Киселева.* М.: Энергия, 1974.
- [5] *Храменков С.В., Пахомов А.Н., Богомолов М.В., Данилович Д.А., Ромашкин О.В., Пупырев Е.И., Корецкий В.Е.* Система удаления снега с использованием городской канализации // *Водоснабжение и санитарная техника.* 2008. № 10. С. 19–31.

## OPTIMIZING OPERATING OF SNOWMELT FACILITIES

N.L. Deryusheva

VPO "NIU MGSU"

*Yaroslavl highway, d. 26, Moscow, Russia, 129337*

Proving the coolant supply method for intensification snow blocks to melt on the results of experimental simulation of process snowmelt. In order to protect the environment from pollution street pavements during unloading and export of sediment transport from the loading chamber of snowmelt facilities, it is proposed to apply the jet apparatus for their pumping with compressed air and further forwarding of sewage collector to the wastewater treatment plant.

**Key words:** external drainage systems, snowmelt facilities, intensification of snowmelt, protection of the environment

## REFERENCES

- [1] Bol'shev L.N., Smirnov N.V. *Tablitsy matematicheskoy statistiki* [Tables of Mathematical Statistics]. M.: Nauka. *Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskomo literatury*, [Science. Home edition of Physical and mathematical literature], 1983.
- [2] Borisyuk N.V. *Sneg, snezhnaya massa, utilizatsiya*. [Snow, snow mass, recycling] // *Stroitel'naya tekhnika i tekhnologii*. [Construction Equipment and Technologies]. 2012. № 1. pp. 54—58.
- [3] Dunin-Barkovskiy I.V., Smirnov N.V. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika v tekhnike*. [Probability theory and mathematical statistics in the art.] *Tekhniko-teoreticheskaya literatura* [Technical and theoretical literature], Moscow, 1955.
- [4] *Spravochnik po gidravlicheskim raschetam*. [Manual hydraulic calculation. // *Pod redaktsiyey P.G. Kiseleva*. [Edited by PG Kiselyov]. *Iz-vo «Energiya»* [Because in the “Energy”]. Moscow, 1974, pp. 28.
- [5] Khramenkov S.V., Pakhomov A.N., Bogomolov M.V., Danilovich D.A., Romashkin O.V., Pupyrev Ye.I., Koretskiy V.Ye. *Sistema udaleniya snega s ispol'zovaniyem gorodskoy kanalizatsii*. [Snow removal system with urban sewage]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika*. [Water supply and sanitary engineering]. 2008. № 10. pp. 19—31.