



**Қазақстан Республикасы
Ұлттық инженерлік академиясының**

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

**Национальной инженерной академии
Республики Казахстан**

№ 3 (73)

**Алматы
2019**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ РК**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
академик Б. Т. ЖУМАГУЛОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Н. К. Надиров – академик, заместитель главного редактора; **Е. И. Имангалиев** – ответственный секретарь; академик **Ж. М. Адилов**, академик **А. Ч. Джомартов**, академик **Р. А. Алшанов**, академик **М. Ж. Битимбаев**, академик **А. В. Болотов**, академик **А. И. Васильев** (Украина), академик **Б. В. Гусев** (Россия), академик **Г. Ж. Жолтаев**, академик **П. Г. Никитенко** (Белоруссия), академик **К. К. Кадыржанов**, академик **К. С. Кулажанов**, академик **А. А. Кулибаев**, академик **М. М. Мырзахметов**, академик **Х. Милошевич** (Сербия), академик **Г. А. Медиева**, академик **А. М. Пашаев** (Азербайджан), академик **А. Ш. Татыгулов**, академик **Н. М. Темирбеков**, академик **А. К. Тулешов**, академик **Б. Б. Телтаев**, академик **Ю. И. Шокин** (Россия).

**INTERNATIONAL
SCIENTIFICALLY-TECHNICAL JOURNAL
HERALD TO NATIONAL ENGINEERING ACADEMY
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

B. T. ZHUMAGULOV
Editor-in-Chief, academician

THE EDITORIAL BOARD:

N. K. Nadirov – academician, Deputy Editor; **Y. I. Imangaliyev** – Managing Editor; **Zh. M. Adilov**, academician; **A. Ch. Dzhomartov**, academician; **R. A. Alshanov**, academician; **M. Zh. Bitimbayev**, academician; **A. V. Bolotov**, academician; **A. I. Vasilyev**, academician (Ukraine); **B. V. Gusev**, academician (Russia); **G. Zh. Zholtayev**, academician; **P. G. Nikitenko**, academician (Belorussia); **K. K. Kadyrzhanov**, academician; **K. S. Kulazhanov**, academician; **A. A. Kulibayev**, academician; **M. M. Myrzakhmetov**, academician; **H. Miloshevich**, academician (Serbiya); **G. A. Mediyeva**, academician; **A. M. Pashayev**, academician (Azerbaijan); **A. Sh. Tatygulov**, academician; **N. M. Temirbekov**, academician; **A. K. Tuleshov**, academician; **B. B. Teltayev**, academician; **Yu. I. Shokin**, academician (Russia).

**Б. А. ЖАКИШЕВ¹, А. В. АТЯКШЕВА², М. Г. ЖУМАГУЛОВ¹,
М. Б. АЙТМАГАМБЕТОВА¹, Н. С. ИМАМБАЕВ³, К. Е. САКИПОВ¹**

¹Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

³Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И РАЗРАБОТКА СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КАЗАХСТАНА

Рассматривается технологический процесс удаления снега с улиц городов и мегаполисов в зимний период времени и приводится конкретное предложение по сокращению проводимых операций для ее осуществления путем разработки новой снегоплавильной машины с топочным устройством утилизатором отработанных масел. Приводится сравнительный анализ эффективности применения традиционных видов топлива, таких как дизельное топливо и природный газ. Наряду с этим произведен расчет производительности снегоплавильной машины для климатических условий Казахстана.

Ключевые слова: снегоплавильная машина, дизельное топливо, природный газ, климатические условия.

Бұл жұмыста қыс мезгілінде қалалар мен мегаполистердің көшелерінен қарды кетіру технологиялық процесі қарастырылады және пайдаланылған майларды кәдеге жарататын от жағу құрылғысы бар жаңа қар ерітетін машинаны әзірлеу арқылы оны жүзеге асыру үшін жүргізілетін операцияларды қысқарту бойынша нақты ұсыныс келтіріледі. Отынның дәстүрлі түрлерінің дизель отыны және табиғи газ сияқты алмасуының тиімділігі несалыстырмалы талдау жүргізіледі. Сонымен қатар, Қазақстанның климаттық жағдайлары үшін қар ерітетін машинаның өнімділігін есептеу жүргізілді.

Түйін сөздер: қар балқыту машинасы, дизель отыны, табиғи газ, климаттық жағдайлар.

In this work, we consider the technological process of removing snow from the streets of cities and megacities in the winter period of time and give a specific proposal to reduce the operation to be carried out by developing a new snow melting machine with a burner device for used oil utilizer. A comparative analysis of the effectiveness of the replacement of traditional fuels such as diesel fuel and natural gas. Along with this, the performance of the snow melting machine for the climatic conditions of Kazakhstan was calculated.

Key words: snow melting machine, diesel fuel, natural gas, climatic conditions.

Удаление снега является одним из основных мероприятий коммунальных служб городов и мегаполисов в зимнее время года. Традиционно технологически выполняются совокупно несколькими операциями одновременно, это: 1) сбор и окучивание снега с проезжей части дорог, пешеходных тротуаров, автомобильных стоянок, зон отдыха, дворов и прочее; 2) погрузка в передвижную самосвальную спецтехнику и 3) вывоз в специально отведенные для их складирования зоны, т.е. снегоотвалы.

В настоящее время проводятся работы по сокращению проводимой операции по очистке улиц от снежных завалов, полностью отказываясь от вывоза снега, решив эту задачу путем утилизации собираемого снега непосредственно в процессе уборки в специальных агрегатах, которые плавят снег, переводя их в жидкое агрегатное состояние.

Существует множество аналогов таких устройств как российских производителей, так и других зарубежных исполнителей, например, канадского производства, которые предлагают ряд модификаций таких устройств, которые можно разделить по их назначению или по видам:

- транспортные (перевозимые) – монтируются на раме, могут комплектоваться устройством для крюкового подъемного захвата «мультилифт», размещаются на подготовленной площадке с ровной твердой поверхностью или на кровле с достаточной несущей способностью;
- мобильные – монтируются на прицепе или на шасси автомобиля, могут работать на любой площадке, где есть возможность слива талой воды;
- стационарные – с заглубленным снегоплавильным бункером.

Плавление снега в установке происходит в снегоплавильном бункере за счет подведения к снежной массе тепла от различных источников. При этом осуществляется интенсивное перемешивание снега талой водой. Избыток воды сбрасывается через систему механических фильтров в канализацию (на локальные очистные сооружения). Передпуском в снегоплавильный бункер заливается холдная вода, так как плавление снега осуществляется именно водой, находящейся в снегоплавильной камере. В некоторых установках возможен «сухой» пуск, но процедура эта длительная. Поэтому для быстрого начала работы желательно наличие на объекте постоянного или передвижного источника холодной воды [1].

Существуют различные типы плавильных агрегатов, которые выполняют работу в различных условиях, например:

1) наземные передвижные или мобильные плаватели снега – принцип работы их заключается в том, что убираемый снег переводится в жидкое агрегатное состояние в специальных теплообменных камерах, где рабочей средой является нагретая вода, а источником тепла могут быть различные тепловые устройства, к примеру, горелки на основе жидкого или газового топлива, электрические тэны;

2) стационарные плаватели снега – они отличаются тем, что могут применяться на крышах каких-либо объектов строительных сооружений, однако источником тепла могут быть как тепловые устройства, так и система водоснабжения или системы отопления, куда данный объект имеет доступ подключения.

Коммунальные службы, прежде всего, интересуют вопрос производительности такого устройства, ведь время, затрачиваемое на уборку снега с определенной территории, имеет весьма огромное значение в условиях интенсивности транспортного потока и людского передвижения в городах и мегаполисах.

Так, для уборки снега с территории площадью $S = 50000 \text{ м}^2$, согласно [2], толщина снежного покрова в Казахстане при среднем снегопаде составляет 10-15 см. Для расчета целесообразно применить максимальное значение приведенных величин, т.е. $h = 15 \text{ см}$ (0,15 м). Чтобы получить требуемую производительность уборочной техники, необходимо площадь убираемой территории умножить на толщину снежного покрова при среднем снегопаде выбранного региона и разделить на $T = 24$ часа [1]. Тогда получим:

$$V = \frac{S \cdot h}{T} = \frac{50000 \cdot 0,15}{24} = 312,5 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где V – производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Однако следует учитывать тот факт, что снег может обладать разной плотностью (см. табл. 1), в зависимости от времени после выпадения он может уплотняться под воздействием различных факторов, например, температуры, атмосферного давления [3,4].

Таблица 1 – Плотность снега

Состояние снега	Плотность, кг/м ³
Свежевыпавший, чистый, не окученный	100–150
Свежевыпавший, обвалованный или окученный	200–300
Свежевыпавший, обвалованный, лежалый	340–420
Сброшенный с крыш	350
Целинный, лежалый около 30 суток	200–300
Целинный, лежалый более 30 суток	340–420

Технической задачей предлагаемой снегоплавильной машины является применение в качестве источника тепла топки-утилизатора отработанных масел двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а также снижение стоимости установки и эксплуатационных затрат.

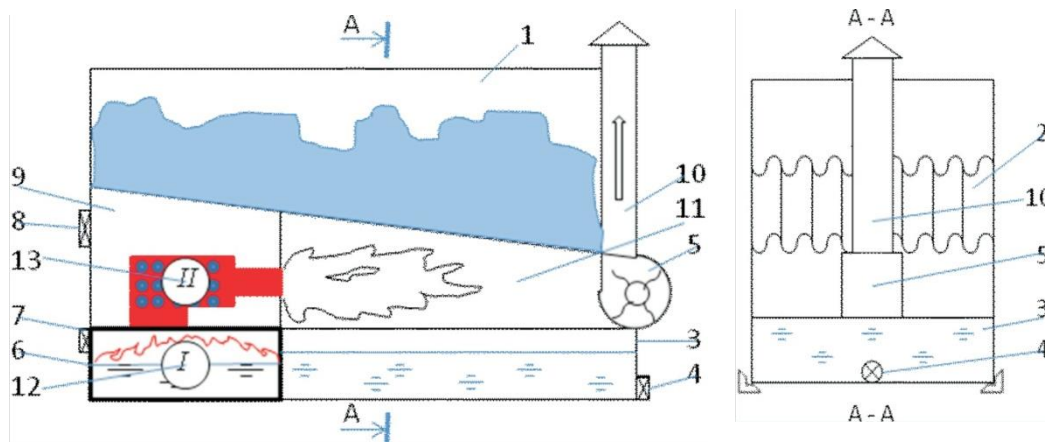
Решение указанной технической задачи достигается тем, что в предлагаемой снегоплавильной машине [5], содержащей ванну с решеткой верхней части для приема и плавления снежной массы и отверстием для слива талой воды; отсеком с заслонками для регулирования подачи воздуха и размещения источника тепла; топку-утилизатор отработанных масел с двухступенчатой камерой сжигания; дымосос, встроенный в вытяжную трубу уходящих газов и камеру нагрева, расположенный под дном ванны, что снижает стоимость установки и эксплуатационные затраты.

На чертеже изображена схема предлагаемой снегоплавильной машины.

Снегоплавильная машина [5] включает в себя ванну 1 с решеткой верхней части для приема и плавления снежной массы (на схеме не показана) и отверстие для слива талой воды 4, отсеком 9 размещения источника тепла с заслонками 7 и 8 для регулирования подачи воздуха, топку-утилизатор отработанных масел двигателей внутреннего сгорания с двухступенчатой камерой горения (I и II). Дымосос 5, встроенный в вытяжную трубу 10 уходящих газо-воздушных продуктов сгорания. Камеру нагрева 11, расположенную под дном ванны 2, камеру 3 для талой воды, первую ступень горения 12 и вторую ступень горения 13.

Снегоплавильная машина работает следующим образом. Предварительно зоны первой и второй ступени горения 12 и 13 разогреваются электрическими тэнами до требуемых температур, затем подключается спираль накаливании, с помощью которой воспламеняются отработанное масло в первой ступени и продукты сгорания во второй ступени сжигания, открываются заслонки регулирования подачи воздуха в обе ступени. После розжига топки-утилизатора 6 включается дымосос 5, с помощью которого продукты горения второй ступени всасываются в камеру нагрева 11, которые начинают разогревать дно 2 ванны. Затем в ванну 1 загружается снег через приемную

решетку, на которой остаются предметы, имеющие размер больше, чем ее ячейки. Они удаляются оператором. Снег при контакте с горячим дном ванны 2 плавится и образовавшаяся при этом плавлении талая вода сразу же стекает по впадинам дна 2 ванны в камеру для талой воды 3. Использование наклонного дна ванны увеличивает площадь его контакта с снегом, дает возможность перекачивать талую воду самотеком в камеру для талой воды и повышает производительность установки. Отстоенная талая вода из камеры 3 через сливное отверстие 4 патрубок или рукав (на схеме не показаны) может сливаться, например, в канализацию или другие емкости.



Принимая во внимание то, что снег убирается незамедлительно службами коммунального хозяйства, при условии, что они по технологической цепочке окучиваются, затем доставляются на место плавления, в этом случае имеет место уплотнение снега, что может увеличить производительность плавильной установки порядка два или три раза, так как плотность свежевыпавшего снега отличается от уже залежавшегося в разы.

Однако, следует учесть, что при всем этом не менее важным аспектом в массовом применении такой технологии являются затраты, возникающие во время технологического процесса, т.е. затраты в денежном эквиваленте на потребление энергии первичного источника тепла.

Расчёт эффективности таяния снега.

В качестве расчётной величины зададимся производительностью установки в $312,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ в соответствии с расчётом по формуле (1). Эквивалент данной величины составит:

$$m_t = 46,88 \text{ т/ч} = 13,02 \text{ кг/с}.$$

Исходные данные для расчёта:

- заданная масса снега $m = 46880 \text{ кг}$;
- плотность снега $\rho \approx 150 \text{ кг/м}^3$ (из таблицы 1);
- время уборки m кг снега $\tau = 3600 \text{ с}$;
- средняя температура снега на улице $t_1 = -20^\circ\text{C}$;
- средняя теплоёмкость снега $c_c = 2,1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$;

- удельная теплота плавления снега $q_{пл} = 330 \text{ кДж/кг}$;
- Тип топлива – отработанные масла;
- Теплота сгорания топлива $Q_n^p = 33520 \text{ кДж/кг}$;
- Температура горения масла $g_a = 1200^\circ\text{C}$;
- Температура уходящих газов $t_{yx} = 250^\circ\text{C}$;
- КПД сжигания топлива $\eta = 85\%$.

Рассчитаем необходимое количество теплоты для таяния снега Q . Процесс таяния будет складываться из нагрева Q_1 и таяния снега Q_2 (смена агрегатного состояния – переход в жидкую фазу).

$$Q = Q_1 + Q_2 = c \cdot m_{\tau} \cdot (0 - t_1) + q_{пл} \cdot m_{\tau} = 4844,27 \text{ кВт.} \quad (2)$$

то же

$$Q = 17440 \text{ МДж.}$$

Расход отработанного масла B_{τ} :

$$B_{\tau} = \frac{Q}{Q_n^p \cdot \eta} = 0,17 \text{ кг/с} = 612 \text{ кг/ч.} \quad (3)$$

При расчётной стоимости отработанного масла 12 тнг/кг стоимость уборки составит 7344,95 тнг/ч.

Теплообменную поверхность F , м^2 наклонного дна ванны можно определить из формулы для теплопередачи через эту поверхность

$$Q = k \cdot \Delta t \cdot F,$$

где k – коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Для заданных исходных данных $F = 36,25 \text{ м}^2$. Вариант размеров полотна наклонной поверхности $9 \times 4 \text{ м}$.

Для сравнения рассчитаем самый распространённый вариант с сжиганием дизельного топлива как наиболее экономичный источник теплоты и природного газа как альтернативу и сравним с отработанным маслом:

Таблица 2 – Сравнительный анализ

Показатель	Отработанное масло	Дизельное топливо	Природный газ
Расход снега, $\text{м}^3/\text{ч}$		312,5	
Время уборки, ч	1		
Теплота сгорания, кДж/кг	33520	43157	33500
Стоимость топлива, тнг/кг	12	146,4	73,3
Расход топлива, кг/ч	612	475,4	612,5
Стоимость уборки, тнг/ч	7344,95	69598,75	44913,88

Вывод. Сжигание отработанного масла в 9 раз дешевле по сравнению с дизельным топливом и в 6 раз – с природным газом при условии обеспечения одинаковой эффективности сжигания, несмотря на то, что расход дизельного топлива в 1,3 раза

меньше. Основная причина кроется в стоимости топлива. Цена за 1 тонну дизельного топлива выше в среднем в 12 раз цены отработанного масла. У природного газа цена отличается в 6 раз в пользу масла (для условий г. Нур-Султан).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 С. Журавский. Время собирать снег. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gkhprofi.ru/s-zhuravskij-vremya-sobirat-sneg/>. (Дата обращения 09.10.2017г.);
- 2 Климат Казахстана. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://best-trip4you.ru/klimat-kazakhstana>. (Дата обращения 13.10.2017г.);
- 3 Удельный вес снега, вес и плотность, таблица куба снега. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://naruservice.com/articles/udelnyi-ves-snega>. (Дата обращения 13.10.2017г.);
- 4 Плотность снега. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.musorunet.ru/tablica_plotnosti_snega.php. (Дата обращения 13.10.2017г.);
- 5 Жакишев Б.А., Конысбекова Г.К., Тайбасаров Ж.К., Сакипов К.Е., Атыкшева А.В., Айтмагамбетова М.Б., Сейдакбаров А.С. Снегоплавильная машина. Патент №4024 от 31.05.2019г. на полезную модель Республики Казахстан.

Редактор *М. Ахметова*
Верстка на компьютере *Е.В.Огурцовой*

Адрес редакции:
Национальная инженерная академия РК
050010, г. Алматы, ул. Богенбай батыра, 80
Тел. 8(727)-2915290

Подписано в печать 27.09.2019 г.
Гарнитура Таймс. Формат 70х100¹/₁₆.
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии ТОО «Luxe Media Publishing»