DOI: 10.15593/24111678/2017.01.05 УДК 625.768.5

К.Д. Кетов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК С УЧЕТОМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Рассмотрены два способа утилизации снега с урбанизированной территории: традиционный – очистка улиц от снега и его вывоз на «сухие» полигоны – и набирающий популярность – плавление снега с помощью снегоплавильной техники. Выявлено, что традиционный способ утилизации снежных масс на сегодняшний день устарел и потерял свою эффективность. Выяснено, что в настоящее время с основными проблемами утилизации снега эффективно справляется снегоплавильная техника.

Приведена классификация установок для плавления снега: по мобильности, способу загрузки снега, типу теплоносителя, виду процесса плавления снега, назначению. Для дальнейшего рассмотрения выбраны две самые рациональные для внутригруппового анализа группы: по мобильности и по типу теплоносителя.

Рассмотрена группа снегоплавильных установок по наличию мобильности, описаны особенности применения мобильных и стационарных установок, особенности выбора места их размещения, особые требования для осуществления их рабочего процесса. Проведен сравнительный анализ мобильных и стационарных установок по диапазону производительности, типам применяемых теплоносителей, преимуществам и недостаткам.

Рассмотрена группа снегоплавильных установок по типам применяемых теплоносителей, описаны принципы действия установок на сетевой воде, жидком и газовом топливе, электричестве, для каждого принципа действия показана схема работы установок. Проведен сравнительный анализ установок на различных видах теплоносителей по уровню опасности, наличию мобильности, стоимости плавления 1 м³ снега, преимуществам и недостаткам применения каждого теплоносителя.

С помощью разработанных таблиц можно сравнить виды снегоплавильных установок по мобильности и типам теплоносителей с целью осуществления дальнейшего рационального выбора.

Ключевые слова: снег, плавление снега, мобильные снегоплавильные установки, стационарные снегоплавильные установки, сетевая вода, жидкое топливо, газовое топливо, электричество.

K.D. Ketov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

THE APPLICATION OF SNOW MELTING INSTALLATIONS TAKING INTO ACCOUNT THEIR DESIGN FEATURES

Two methods of utilization of snow from the urbanized territory are considered: the traditional method representing cleaning of streets of snow and export of snow on "dry" grounds and gaining popularity a method – melting of snow by means of the snow melting equipment. It is revealed that the traditional method of utilization of snow masses became outdated today and lost the efficiency. It is found out that now the snow melting equipment effectively copes with the main problems of utilization of snow.

Classification of five groups of installations for snow melting is shown: on mobility, on a snow loading method, as the heat carrier, by the form snow melting process, to destination. For further review two most rational groups for the intra group analysis are chosen: on mobility and as the heat carrier.

The group of snow melting installations on mobility availability – is considered features of application of mobile and stationary installations, features of the choice of the place of their placement, special requirements for implementation of their working process are described. The comparative analysis of mobile and stationary installations on the performance range, types of the used heat carriers, benefits and shortcomings is carried out.

The group of snow melting installations on types of the used heat carriers – is considered the principles of action of installations on network water, liquid fuel, gas fuel, electricity are described, for each principle of action the scheme of work of installations is shown. The comparative analysis of installations on different types of heat carriers on danger level, on mobility availability, at the cost of melting of 1 m³ of snow, on benefits and shortcomings of use of each heat carrier is carried out.

By means of developed tables for the comparative analysis it is possible to compare most quickly types of snow melting installations on mobility and on types of heat carriers, for the purpose of their further rational choice for various purposes.

Keywords: snow, snow melting, mobile snow melting installations, stationary snow melting installations, network water, liquid fuel, gas fuel, electricity.

Введение

В связи с глобальными климатическими изменениями планеты Земля продолжительность и интенсивность снежных осадков ежегодно увеличиваются. Последствия таких изменений серьезно отражаются на состоянии городских улиц в виде парализованной транспортной системы и затруднительного передвижения пешеходов [1]. Именно поэтому каждую зиму одной из важнейших задач коммунальных служб является утилизация снега с городской территории [2].

Существуют два способа снегоуборки:

- 1) традиционные методы: механизированная очистка от снега, подсыпка щебнем, подсыпка пескосоляной смеси и вывоз снега на «сухие» полигоны;
 - 1) плавление снега с помощью снегоплавильных установок.

1. Традиционные методы уборки снега

Традиционная технология уборки снега включает выполнение следующих операций:

- очистка проезжей части, городских площадей и тротуаров от снега;
- сгребание снега в валки у обочин;
- погрузка снега в автотранспорт и транспортировка на «сухие» полигоны.

Традиционные методы хорошо справляются со своей первостепенной задачей, а именно с обеспечением безопасного и свободного перемещения пешеходов и автомобильного транспорта по улицам го-

рода. Однако в настоящее время большинство операций традиционной снегоуборки являются неэффективными по трем причинам:

1. Затраты на вывоз снега.

«Сухие» снежные полигоны устанавливаются на значительном расстоянии от центра города, поэтому грузовикам приходится преодолевать большие расстояния, прежде чем выгрузить из своих кузовов собранный в городе снег. Такое транспортирование снега требует немалых денежных затрат.

2. Нагрузка на транспортную сеть города.

При вывозе снежных масс из центральной части города грузовики, перевозящие снег, могут существенно повлиять на и без того затрудненное движение автомобильного транспорта в центре города.

3. Загрязненность снежной массы.

Снег способен отлично впитывать вещества, находящиеся в воздухе, поэтому в снежных массах, которые копятся в виде сугробов вблизи автомобильных дорог, концентрации различных токсичных веществ в 2–3 раза больше, чем в воздушной среде. С наступлением теплой погоды этот токсичный снег начинает таять, образуя талые воды, которые впитываются в почву, загрязняя и ее, и грунтовые воды.

Исходя из данных проблем, следует вывод, что традиционные методы уборки снега с городской территории на сегодняшний день устарели и стали малоэффективными [3, 4].

В связи с этим в ведущих странах мира с обильными снегопадами все большее распространение получает такая техника для утилизации снега, как снегоплавильные установки [5–7].

2. Снегоплавильные установки

Снегоплавильная техника в России появилась еще в начале XX в., когда в Москве на территории усадеб начали применять примитивные установки для плавления снега, в качестве топлива для которых служили дрова [8].

Сегодня принцип действия таких установок остался прежним, изменились лишь их конструкции, виды теплоносителей, технология плавления.

Работа снеготаялки происходит в следующей последовательности: бункер для плавления снега заполняется холодной водой, затем в него загружают снежную массу через сепараторы-дробилки, которые

измельчают снег и отделяют от него крупный мусор. Внизу бункера располагается теплообменный аппарат, который получает тепло от теплоносителя, на котором работает снегоплавильная установка. Стенки теплообменного аппарата нагреваются, за счет чего происходит растапливание снега, находящегося в бункере.

В процессе работы снегоплавильной техники образуются талые воды, которые необходимо отводить из установки. В них присутствует большое количество различных загрязнений: нефтепродукты, соли тяжелых металлов и частицы пескосоляной смеси. Сточные воды, содержащие перечисленные виды загрязнений в больших концентрациях, недопустимо сбрасывать в водоемы. В связи с этим талые воды перед сбросом в водоем должны подвергаться очистке.

Талые воды из снегоплавильной установки, предварительно прошедшие через механический фильтр внутри установки, сбрасывают строго в ливневый коллектор подходящего диаметра, на выпуске у которого располагаются очистные сооружения, на которых воды очищаются от основного количества загрязнений.

Главной проблемой сброса талых вод в ливневый коллектор является отсутствие на каждом выпуске ливневой канализации очистных сооружений, как, например, в городе Перми, поэтому сброс талых вод в ливневую канализацию допустим только в определенных местах [9].

Установки плавления снега делятся на пять групп [10, 11]:

- по мобильности возможность или отсутствие перемещения;
- *по способу загрузки снега* применение встроенных устройств для загрузки или применение специальной, предназначенной для погрузки техники;
- *по типу теплоносителя* использование различных источников для плавления снега;
- по виду процесса плавления обычный процесс плавления или ускоренный при помощи дополнительных приспособлений;
- по назначению в зависимости от места работы снегоплавильной техники.

Классификация снегоплавильных установок представлена на рис. 1.

Из пяти представленных групп для проведения сравнительного внутригруппового анализа наиболее рационально выбрать виды снего-плавильных установок по мобильности и по типу теплового носителя. Виды снегоплавилок по способу загрузки снега и по виду процесса плавления снега отличаются лишь наличием или отсутствием устройства



Рис. 1. Классификация снегоплавильных установок

для погрузки снега и наличием или отсутствием дополнительных механизмов для повышения скорости плавления соответственно. Виды снегоплавильных установок по назначению сравнивать между собой нерационально, так как они используются в различных местах и с конкретными целями.

2.1. Виды снегоплавильных установок по наличию мобильности

Мобильные установки. Мобильные установки для плавления снега – это установки, которые имеют собственную ходовую часть или могут перевозиться на специальных транспортных средствах [12].

Мобильные установки с невысокой производительностью (до 500 м³ снега в сутки) обычно имеют колеса небольшого диаметра с целью уменьшения погрузочной высоты, что позволяет эксплуатирующей организации применять для загрузки снега в приемное отделение фронтальные мини-погрузчики, которые вместе с другой техникой попутно собирают снег на обслуживаемой территории. Благодаря возможности перемещаться снегоплавилки могут перебрасываться с одного места на другое. Чаще всего установки с невысокой производительностью ис-

пользуются во дворах, на компактных парковках и в других местах, где имеется дефицит места.

Мобильная снегоплавильная установка с низкой производительностью представлена на рис. 2.



Рис. 2. Мобильная снегоплавильная установка с низкой производительностью

Мобильные установки с высокой производительностью (1000 м³ и более снега в сутки) закрепляются с помощью мощных прицепов или полуприцепов. Они не привязаны к конкретному месту, а главным является организация доступа к точке слива воды.

Перечисленные выше мобильные снегоплавильные установки доставляются на объекты с помощью грузовиков, оснащенных гидравлическими подъемниками. Расположение мобильных установок в зимний период в определенных точках города заранее оговаривается с муниципалитетом, так как снегоплавильная техника не имеет собственной ходовой части. Загрузка снега в приемный бункер снегоплавилки осуществляется с помощью фронтального погрузчика, привязанного в площадке кратковременного хранения снега, на которую самосвалы, работающие на коротких расстояниях, свозят снежную массу с окрестностей.

Мобильная снегоплавильная установка с высокой производительностью представлена на рис. 3.



Рис. 3. Мобильная снегоплавильная установка с высокой производительностью

Стационарные установки. Стационарные установки для плавления снега — это установки, которые располагаются на определенном месте и не имеют возможности перемещаться [13, 14].

Как правило, стационарные установки являются самыми производительными. Их монтируют на площадках-накопителях снежной массы, на которые свозят снег со всех районов города либо с определенной территории. Поскольку стационарные снегоплавильные установки в процессе эксплуатации не меняют своего месторасположения, на стадии проектирования предусматривают подведение к ним всех необходимых инженерных коммуникаций. Чаще всего в стационарных установках используют два вида теплоносителя: газ и сетевую воду. При использовании сетевой воды как теплоносителя стационарные сооружения располагают вблизи котельных и ЦТП, а при использовании газа сооружения следует располагать вблизи газовых магистралей.

Стационарные установки небольшой производительности обычно устанавливают на крышах, территориях предприятий и гипермаркетов.

Стационарная снегоплавильная установка с низкой производительностью представлена на рис. 4.

Стационарные установки с высокой производительностью — это большие снегоплавильные пункты, которые обычно устанавливают на определенной и габаритной территории вдали от жилой застройки.



Рис. 4. Стационарная снегоплавильная установка с низкой производительностью

Стационарный снегоплавильный пункт представлен на рис. 5.



Рис. 5. Стационарный снегоплавильный пункт

Поскольку стационарный снегоплавильный пункт способен плавить более $3000~{\rm m}^3$ снега в сутки, снег в его приемник могут сбрасывать самосвалы и мощные фронтальные погрузчики, поэтому к приемному бункеру следует предусматривать возможность подъезда.

Схема работы стационарного снегоплавильного пункта представлена на рис. 6.

При любых обстоятельствах для доставки снега с территории сбора до стационарного снегоплавильного пункта необходимо организовать транспортирование снега при помощи автомобильного транспорта, что влечет дополнительные денежные затраты.

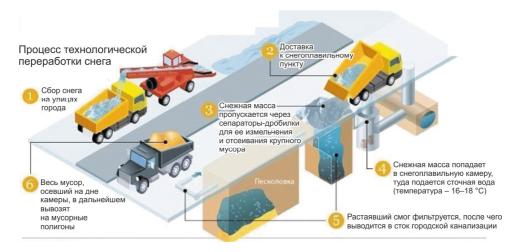


Рис. 6. Схема работы стационарного снегоплавильного пункта

В целях уменьшения затрат денежных средств на перевозку снежных масс до стационарных снегоплавильных пунктов расположение пунктов определяется заранее, для того чтобы расстояние, которое находится в прямой зависимости от стоимости перевозки, до пунктов было минимальным.

Сравнительный анализ стационарных и мобильных установок. На основе анализа снегоплавильных установок по мобильности составлена табл. 1, в которой отражены диапазоны производительности, типы используемых теплоносителей, преимущества и недостатки.

Таблица 1 Сравнительный анализ стационарных и мобильных установок для плавления снега

Вид	Производительность в зависимости от модели, M^3/Ψ	Типы теплоносителей	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4	5
Стационарные	0,5–1000	Сетевая вода(ГВС);жидкое топливо;газовое топливо;электричество	 имеют все необхо- димые инженерные коммуникации 	 Дороже мобильных; требуют дополни- тельных денежных за- трат на транспортирование снега к установ- кам; габаритные; отсутствие возможности передвижения;

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
				– при использовании
				в виде теплоносителя
				сетевой воды установки
				следует располагать
				поблизости от ЦТП или
				котельных;
				– при использовании
				в виде теплоносителя га-
				зового топлива установ-
				ки следует располагать
				поблизости от газовых
				магистралей
Мобильные	0,5–135	– Жидкое топливо;	– Возможность передви-	– Малая производитель-
		– электричество	жения;	ность;
		(мобильность	– малые габариты;	– узкий диапазон приме-
		зависит от длины	– не требуются дополни-	нения видов теплоноси-
		кабеля)	тельные существенные	телей;
			денежные затраты на	– необходимость ис-
			транспортирование	пользования грузовика
			снега;	с подъемным механиз-
			– дешевле, чем стацио-	мом для транспортиров-
			нарные модели	ки установки к месту
				работы

2.2. Снегоплавильные установки по типам теплоносителей

Сетевая вода (ГВС). Снегоплавильные установки на сетевой воде требуется располагать вблизи котельных или ЦТП [15].

Принцип действия снегоплавильных установок на сетевой воде следующий:

- горячая вода из системы теплоснабжения по напорному трубопроводу поступает в теплообменник;
- через металлические конструкции теплообменного аппарата тепло от сетевой воды передается талой воде;
- талая вода из бункера для плавления снега циркуляционным насосом перекачивается через теплообменный аппарат, подогревается и по специальным каналам подается обратно в камеру плавления снега, где отдает свое тепло снегу;
- горячая вода, частично отдавшая свое тепло талой воде из бункера, по обратному трубопроводу возвращается на подогрев в ЦТП или котельную;

 избыточная талая вода, образующаяся при плавлении снежной массы, через переливные кромки самотеком поступает в канализационный коллектор.

Схема действия установки для плавления снега на сетевой воде представлена на рис. 7.

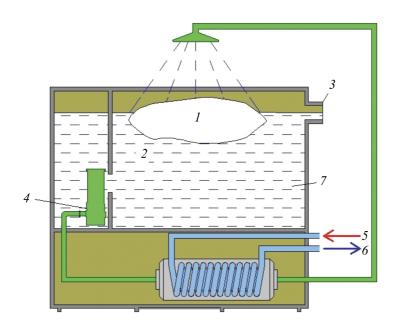


Рис. 7. Схема действия установки для плавления снега на сетевой воде: I – снег; 2 – талая вода; 3 – отвод избыточной талой воды; 4 – циркуляционный насос; 5 – подача горячей воды из системы теплоснабжения; 6 – подача горячей воды, частично отдавшей тепло, обратно в котельную или ЦТП; 7 – бункер для плавления снега

Жидкое мопливо. В большинстве случаев в роли жидкого топлива в снегоплавильных установках применяется дизельное топливо, но также возможно использование отработанного моторного масла, печного топлива и мазута.

Принцип действия снегоплавильных установок на жидком топливе:

- в них используется тепло, получаемое при работе горелок на жидком топливе, установленных на специальные водогрейные котлы;
- вся система располагается в бункере для плавления снега и погружена в талую воду;
- тепло от горячих газов, полученных при сгорании топлива,
 передается талой воде через стенки топочного устройства и жаро-

трубных теплообменных аппаратов, совмещенных с топкой по газовому тракту;

- подогретая талая вода из бункера для плавления снега циркуляционным насосом по специальным каналам подается обратно в зону плавления, где отдает свое тепло снегу;
- избыточная талая вода, образующаяся при плавлении снежной массы, через переливные кромки самотеком поступает в канализационный коллектор.

Схема действия установки для плавления снега на жидком топливе представлена на рис. 8.

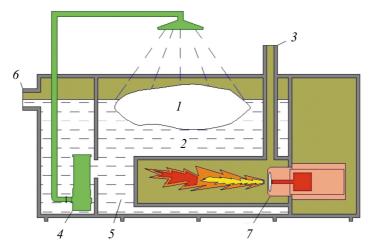


Рис. 8. Схема действия установки для плавления снега на жидком топливе: I — снег; 2 — талая вода; 3 — отвод газов, образовавшихся при сжигании топлива; 4 — циркуляционный насос; 5 — бункер для плавления снега; 6 — отвод избыточной талой воды; 7 — горелка на жидком топливе

Газовое топливо. Снегоплавильные установки на газовом топливе применяются в местах, где есть возможность подключения к газовой магистрали.

Внешний вид и принцип действия установок на газовом топливе аналогичны установкам на жидком топливе, единственным отличием является горелка.

Принцип действия снегоплавильных установок на газовом топливе:

– в них используется тепло, получаемое при работе горелок на газовом топливе, установленных на специальные водогрейные котлы;

- вся система располагается в бункере для плавления снега и погружена в талую воду;
- тепло от горячих газов, полученных при сгорании топлива, передается талой воде через стенки топочного устройства и жаротрубных теплообменных аппаратов, совмещенных с топкой по газовому тракту;
- подогретая талая вода из бункера для плавления снега циркуляционным насосом по специальным каналам подается обратно в зону плавления, где отдает свое тепло снегу;
- избыточная талая вода, образующаяся при плавлении снежной массы, через переливные кромки самотеком поступает в канализационный коллектор.

Схема действия установки для плавления снега на газовом топливе представлена на рис. 9.

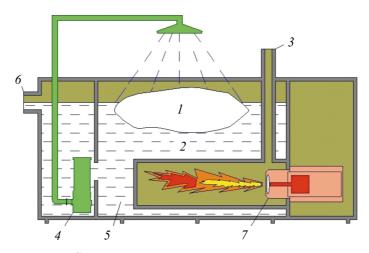


Рис. 9. Схема действия установки для плавления снега на газовом топливе: I – снег; 2 – талая вода; 3 – отвод газов, образовавшихся при сжигании топлива; 4 – циркуляционный насос; 5 – бункер для плавления снега; 6 – отвод избыточной талой воды; 7 – горелка на газовом топливе

Электричество. Снегоплавильные установки на электроэнергии используются для крыш и на небольших территориях.

Потребление энергии в установках на электроэнергии весьма существенное, поэтому их используют только в тех случаях, когда невозможно применение установок с другими типами теплоносителей.

Принцип действия снегоплавильных установок на электроэнергии:

– электрические трубчатые электронагреватели нагревают незамерзающую жидкость в специальной емкости снегоплавильной установки;

- циркуляционный насос подает нагретую незамерзающую жидкость в теплообменный аппарат;
- через металлические конструкции теплообменного аппарата тепло от незамерзающей жидкости передается талой воде;
- талая вода забирается из бункера для плавления снега циркуляционным насосом и по специальным каналам подается в зону плавления снега, где отдает свое тепло снегу;
- незамерзающая жидкость, частично отдавшая тепло, по обратному трубопроводу возвращается на подогрев;
- избыточная талая вода, образующаяся при плавлении снежной массы, через переливные кромки самотеком поступает в канализационный коллектор.

Схема действия установки для плавления снега на электричестве представлена на рис. 10.

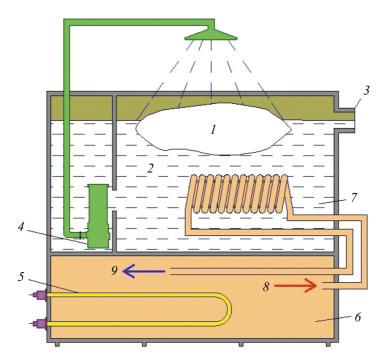


Рис. 10. Схема действия установки для плавления снега на электричестве: I – снег; 2 – талая вода; 3 – отвод избыточной талой воды; 4 – циркуляционный насос; 5 – трубчатый электронагреватель; 6 – емкость для специальной незамерзающей жидкости; 7 – бункер для плавления снега; 8 – подача нагретой незамерзающей жидкости; 9 – возврат незамерзающей жидкости, частично отдавшей тепло

Сравнительный анализ снегоплавильных установок на различных видах теплоносителей. В результате анализа видов снегоплавильных установок по типам теплоносителей составлена табл. 2, в которой отражены стоимость плавления, наличие мобильности установок, уровень опасности, преимущества и недостатки.

Таблица 2 Сравнительный анализ установок для плавления снега с различными видами теплоносителей

Тип тепло- носителя на снегопла- вильной установке	Стоимость плавления, руб./м ³	Наличие мобиль- ности	Уровень опасно- сти*	Преиму- щества	Недостатки
Сетевая	35–40	Стацио-	4	– Простота об-	– Требуется отдельная ко-
вода		нарные		служивания;	тельная или установка рядом
(ГВС)				– отсутствие	с котельной;
				шума при ра-	– нужен оператор обслужи-
276	100 120			боте	вания
Жидкое	100–120	Стацио-	2	– Высокая про-	– Постоянная заправка жид-
топливо		нарные,		изводитель-	ким топливом;
		мобиль-		ность;	– требуется оператор обслу-
		ные			живания;
				* *	 наличие шума при работе;
				плавления	– наличие выхлопных газов;
					 – бесперебойность работы
					зависит от качества топлива
Газовое	15–20	Стацио-	1		 Требуется сертификация в
топливо		нарные		стоимость	надзорных органах с посто-
				-	янной переаттестацией;
				– высокая про-	– нужен оператор газового
				изводитель-	хозяйства;
				ность	– наличие шума при работе;
					– наличие выхлопных газов
Электри-	160–170	Стацио-	3	– Отсутствие	– Необходимы мощные
чество		нарные,		шума при ра-	электросети;
		мобиль-		боте;	– требуется оператор-элек-
		ные (в за-		– простота об-	трик с допуском до 1000 В;
		висимости		служивания;	– самая высокая стоимость
		от длины		– малые габа-	плавления;
		кабеля)		риты	– самая низкая производи-
					тельность

Примечание. * Считать, что 1 – наиболее опасный уровень, 4 – наименее опасный.

Заключение

Таким образом, в данной работе описан набирающий популярность метод утилизации снега – плавление с помощью снегоплавильных установок, приведена их классификация (см. рис. 1). Составлены таблицы для двух групп снегоплавильной техники – по мобильности и по типу теллоносителя (см. табл. 1, 2).

С помощью табл. 1 можно узнать о производительности, типах теплоносителей, преимуществах и недостатках стационарных и мобильных снегоплавильных установок, что облегчает их выбор.

При помощи табл. 2 можно узнать о стоимости плавления 1 м³ снега, наличии/отсутствии мобильности, уровне опасности установок на разных типах теплоносителей, их преимуществах и недостатках.

В каждом случае выбор модели снегоплавильной техники индивидуален. Необходимо анализировать конкретную ситуацию с разных сторон (экономические составляющие, обеспечение безопасности людей, выбор месторасположения, объемы снега, а также преимущества и недостатки). Различные модели могут работать одновременно на одной территории, что облегчит решение большого ряда проблем.

Список литературы

- 1. Зимняя уборка городских территорий [Электронный ресурс]. URL: http://ztbo.ru/o-tbo/lit/sanitarnaya-ochistka-i-uborka-mest/zimnyaya-uborka-gorodskix-territorij (дата обращения: 27.09.2016).
- 2. Вывоз и уборка снега в России [Электронный ресурс]. URL: http://perevozka24.ru/spetsialniye-uslugi/vyvoz-snega (дата обращения: 28.09.2016).
- 3. Твердохлебов В.А. Снегоплавильный комплекс как альтернатива традиционным методам уборки городских территорий в зимнее время // Современные концепции развития науки: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 15 мая 2014 г. Уфа: Аэтерна, 2014. С. 45–48.
- 4. Перчаткин Ю.В., Твердохлебов В.А. Совершенствование технологии уборки городских территорий в зимнее время // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Орел, 1 апреля 20 мая 2014 г. Орел, 2014. С. 119–122.
- 5. Вывоз снега и его последующая утилизация [Электронный ресурс]. URL: http://tdbutovo.ru/oblictovka/1923-vyvoz-snega-i-ego-posleduyuschaya-utilizaciya.html (дата обращения: 02.10.2016).

- 6. Твердохлебов В.А. Снегоплавильная установка // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения: материалы 4-й Междунар. дистанцион. науч. конф. Липецк, 2013. С. 62–67.
- 7. Перчаткин Ю.В., Твердохлебов В.А., Щурин К.В. Снегоплавильный комплекс на базе коммунальных машин // Прогрессивные технологии в транспортных системах: материалы 11-й Науч.-практ. конф. Оренбург, 2013. С. 409–410.
- 8. Лагунов А.Я. Снеготаялки: московский опыт эксплуатации // Строительные и дорожные машины. 2010. \mathbb{N} 2. C. 56—61.
- 9. Кетов К.Д., Ручкинова О.И. Обоснование применения снегоплавильных установок в городе Перми // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. − 2016. − № 3. − С. 54–65.
- 10. Повышение производительности снеготаялки за счет установки дополнительного рабочего органа / А.Л. Егоров, Ш.М. Мерданов, В.А. Костырченко, Т.М. Мадьяров // Фундаментальные исследования. 2016. № 2. С. 251—254.
- 11. Устройство для плавления снежной массы при уборке территорий / В.А. Костырченко, Ш.М. Мерданов, А.Г. Обухов, Т.М. Мадьяров // Интерстроймех 2014: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Самара, 2014. С. 124–127.
- 12. Снегоплавильная машина это лучшее решение для переработки снега [Электронный ресурс]. URL: http://asphalt-zavod.ru/snegoplavilnaya-mashina-eto-luchshee-reshenie-dlya-pererabotki-snega.html (дата обращения: 06.10.2016).
- 13. Снегоплавильные установки виды [Электронный ресурс]. URL: http://www.snegoplavilnye-ustanovki.ru (дата обращения: 07.10.2016).
- 14. Снегоплавильная машина (снеготаялка): современное решение традиционных зимних проблем [Электронный ресурс]. URL: http://dorkomteh.ru/articles/komunal/~id=728 (дата обращения: 11.10.2016).
- 15. Снегоплавильные установки [Электронный ресурс]. URL: http://автоматика-оса.рф/4_1_snegoplavilnye-ustanovki.htm (дата обращения: 13.10.2016).

References

1. Zimniaia uborka gorodskikh territorii [Winter cleaning of urban areas], available at: http://ztbo.ru/o-tbo/lit/sanitarnaya-ochistka-i-uborka-mest/zimnyaya-uborka-gorodskix-territorij (accessed 27 September 2016).

- 2. Vyvoz i uborka snega v Rossii [Export and cleaning of snow in Russia], available at: http://perevozka24.ru/spetsialniye-uslugi/vyvoz-snega (accessed 28 September 2016).
- 3. Tverdokhlebov V.A. Snegoplavil'nyi kompleks, kak al'ternativa traditsionnym metodam uborki gorodskikh territorii v zimnee vremia [Snow melting complex as alternative to traditional methods of cleaning of urban areas in winter time]. *Sovremennye kontseptsii razvitiia nauki*, Ufa: Aeterna, 2014, pp. 45-48.
- 4. Perchatkin Iu.V., Tverdokhlebov V.A. Sovershenstvovanie tekhnologii uborki gorodskikh territorii v zimnee vremia [Improvement of technology of cleaning of urban areas in winter time]. *Aktual'nye voprosy innovatsionnogo razvitiia transportnogo kompleksa*, Orel, 2014, pp. 119-122.
- 5. Vyvoz snega i ego posleduiushchaia utilizatsiia [Export of snow and its subsequent utilization], available at: http://tdbutovo.ru/oblictov-ka/1923-vyvoz-snega-i-ego-posleduyuschaya-utilizaciya.html (accessed 02 October 2016).
- 6. Tverdokhlebov V.A. Snegoplavil'naia ustanovka [Snow melting installation]. *Sovremennaia nauka: aktual'nye problemy i puti ikh resheniia*, Lipetsk, 2013, pp. 62-67.
- 7. Perchatkin Iu.V., Tverdokhlebov V.A., Shchurin K.V. Snegoplavil'nyi kompleks na baze kommunal'nykh mashin [Snow melting complex on the basis of municipal cars]. *Progressivnye tekhnologii v transportnykh sistemakh*, Orenburg, 2013, pp. 409-410.
- 8. Lagunov A.Ia. Snegotaialki: moskovskii opyt ekspluatatsii [Snow melting installations: Moscow operating experience]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2010, no. 2, pp. 56-61.
- 9. Ketov K.D., Ruchkinova O.I. Obosnovanie primeneniia snegoplavil'nykh ustanovok v gorode Permi [Justification of application of snow melting installations in the city of Perm]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2016, no. 3, pp. 54-65.
- 10. Egorov A.L., Merdanov Sh.M., Kostyrchenko V.A., Mad'iarov T.M. Povyshenie proizvoditel'nosti snegotaialki za schet ustanovki dopolnitel'nogo rabochego organa [Increase in productivity of snow melting installation due to installation of additional working body]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2016, no. 2, pp. 251-254.
- 11. Kostyrchenko V.A., Merdanov Sh.M., Obukhov A.G., Mad'iarov T.M. Ustroistvo dlia plavleniia snezhnoi massy pri uborke territorii [The device for

melting of snow weight when cleaning territories]. *Interstroimekh* -2014, Samara, 2014, pp. 124-127.

- 12. Snegoplavil'naia mashina eto luchshee reshenie dlia pererabotki snega [The snow melting machine is the best decision for snow conversion], available at: http://asphalt-zavod.ru/snegoplavilnaya-mashina-eto-luchsheereshenie-dlya-pererabotki-snega.html (accessed 06 October 2016).
- 13. Snegoplavil'nye ustanovki vidy [Snow melting installations types], available at: http://www.snegoplavilnye-ustanovki.ru/ (accessed 07 October 2016).
- 14. Snegoplavil'naia mashina (snegotaialka): sovremennoe reshenie traditsionnykh zimnikh problem [Snow melting car (snow melting installation): modern solution of traditional winter problems], available at: http://dorkomteh.ru/articles/komunal/~id=728 (accessed 11 October 2016).
- 15. Snegoplavil'nye ustanovki [Snow melting installations], available at: http://автоматика-oca.pф/4_1_snegoplavilnye-ustanovki.htm (accessed 13 October 2016).

Получено 31.01.2017

Об авторе

Кетов Кирилл Дмитриевич (Пермь, Россия) – студент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: ket1395@yandex.ru).

About the author

Kirill D. Ketov (Perm, Russian Federation) – Student, Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply, Wastewater Disposal, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: ket1395@yandex.ru).