

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА С ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ И ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Шаруха А.В.¹, Довбыш В.О.¹, Шитый В.П.¹, Стрельбицкая С.В.¹

¹ФГБОУВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет». Тюмень, Россия (625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38) e-mail: general@tsoгу.ru

Уборка городской территории от снега в условиях непредсказуемой зимы, является одной из основных проблем районов с пониженными температурами. В настоящее время крупные промышленные города столкнулись с серьезной проблемой, очень важным является то, что лежащий снег в городе играет роль фильтра-накопителя химических и других загрязняющих веществ. Загрязнение снега увеличивается из-за отработавших газов, выбрасываемых в атмосферу автомобилями и заводскими установками. Накопление загрязненного снега в большом объеме порождает ряд острых экологических проблем. Существуют и широко применяются традиционные способы уборки снега – это россыпь песчано-соляной смеси, наброска, уплотнение, сгребание снега на определенной городской территории и дальнейший вывоз его на полигоны, где он складывается, занимая огромную площадь, и лежит до весны. На сегодняшний день многие специалисты видят большие перспективы в использовании нового способа утилизации снега, а именно, перевод его в жидкое состояние посредством снегоплавильных установок. Этот способ предполагает решить ряд проблем, возникающий при традиционной уборке снега, например, таких как: складирование большого объема снежной массы на полигонах, выбросы вредных газообразных веществ в атмосферу при работе специализированной техники, затраты на топливо для перевозки снега за черту города и т.д.

Ключевые слова: снег, снегоплавильный комплекс, тепловой баланс, изотермическая снегоплавильная камера.

STATIONARY COMPLEX FOR MELTING SNOW, LOCATED IN THE BASEMENT OF RESIDENTIAL BUILDING SAND SHOPPING CENTERS

Sharukha A.V.¹, Dovbysh V.O.¹, Shity V.P.¹, Strelbickaja S.V.¹

¹Tyumen state oil and gas university, Tyumen, Russia (625000, Tyumen street Volodarskogo, 38), e-mail: general@tsoгу.ru

Cleaning the urban area of snow in the unpredictable weather conditions, is one of the main problems locations with lower temperatures. At present the major industrial cities have serious problems. Very important is that snow in the city this filter drive chemical and other pollutants. Pollution of snow increases due to exhaust gases emitted into the atmosphere by cars and factory settings. The accumulation of contaminated snow in large volume causes a number of severe environmental problems. Exist and are widely used traditional methods of snow removal is a scattering of sand and salt mixture, placement, compaction, raking snow on a specific urban area and further transportation to landfills, where it is stored, and covers a huge area, and lies until spring. Today, many experts see great prospects in using a new method of disposal of snow. Translation of snow in the liquid state by installations for melting snow. This implies to solve a number of problems that occur when the snow, such as: storage of large amount of snow mass in landfills, emissions of harmful gases into the atmosphere during operation of specialized equipment, the cost of fuel for transportation of snow for the city limits, etc.

Keywords: snow, thermal balance, isothermal chamber for melting snow, complex for melting snow.

В настоящее время использование снегоплавильных машин и установок не получило широкого распространения по причине низкой рентабельности процесса плавления и отсутствия эффективных очистных сооружений, так как полученную воду нельзя сливать в канализацию из-за несоответствия нормам ПДК. Таким образом, к сожалению, мы не можем использовать снегоплавильные установки на автодорогах, так как наличие вредных веществ в полученной воде, после плавления снега, превышает все допустимые экологические

нормы, и становится невозможным сброс такой жидкости ни в водоемы, ни в канализации, и наиболее эффективным на сегодняшний день остаётся вывоз данного типа снега на специальные полигоны. Однако снег в городе располагается не только вблизи проезжей части, но и в жилых кварталах, где он соответствует экологическим нормам для его утилизации с помощью канализации.

Если рассмотреть уборку дворового снега используя традиционный способ утилизации – вывоз с помощью дорожных машин, то этот метод является очень дорогостоящим и может за зимний сезон достигать нескольких миллиардов рублей. Увеличение дальности вывоза снега на 20 километров, по затратам на топливо сравнимо с количеством топлива, расходуемого на плавление объема снега, равное вывозимому. Перевозка снега автотранспортом и простой в пробках загрязняет воздушную среду города. Перспективным видится создание сети сооружений для растепления и утилизации снега, расположенных на придворовых территориях и парковках торговых центрах, распределенных по территории города.

Рассмотрим разработанную модель снегоплавильной установки, которая должна отвечать следующим требованиям:

1. Модульность исполнения (конструкция должна состоять из универсальных модулей, позволяющих собирать снегоплавильные установки различных размеров, обеспечивающие производительность, установленную заказчиком);
2. Использование готовых сборочных единиц (для снижения стоимости конструкции);
3. Установка должна соответствовать соответствующим требованиям по электробезопасности для промышленных и гражданских зданий.

Общий вид модульной снегоплавильной установки, монтируемой в цокольных этажах в жилых и промышленных зданиях, представлен на рисунке 1.

Снегоплавильная установка состоит из модулей, представляющих собой рамную конструкцию, содержащую полый корпус, ограниченный антикоррозийными листами (алюминий), заполненный теплоизолирующим материалом (экструзионный пенополистирол).

Боковые поверхности модуля прорезинены, оснащены резьбовыми креплениями, позволяющими собирать бункер снегоплавильной установки заданного размера. Модуль боковой стенки представлен на рисунке 2,б. Задние боковые стенки имеют конструктивные отличия от боковой стенки, передняя стенка представляет собой наклонный загрузочный бункер.

Задняя стенка установки позволяет установить силовую станцию, которая приводит в движение шнековое оборудование, обеспечивающее равномерное поступление снежной

массы на нагревательный элемент снегоплавильной установки. Шнек также выполнен в модульном исполнении, позволяющим совмещать штифтовым соединением различные секции шнека до необходимой длины. На рисунке 2 представлены элементы модульной снегоплавильной установки.

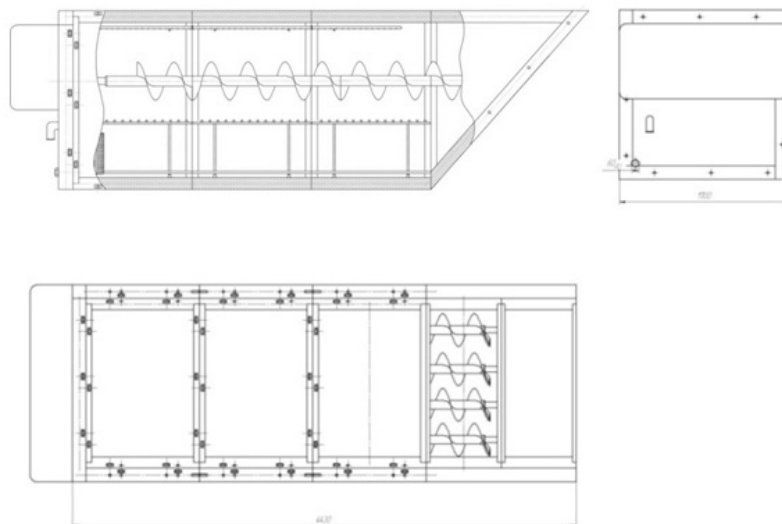


Рис. 1. Общий вид машины Приводная станция (рис. 2, и) представляет собой редуктор, приводимый в действие электромотором, питающимся от электрической сети жилого здания. Для сбора крупногабаритного мусора, попавшего в снегоплавильную установку, установлена предохранительная сетка, представленная на рисунке 2, д. Исполнение нагревательного элемента предлагается в двух элементах: 1) Источник теплой воды (рис. 2, е), 2) Нагревательный элемент (рис. 2, ж). Для интенсификации процесса растепления снежной массы предполагается дополнительное ее увлажнение, осуществляемое через модульный душевой коллектор (рис. 2, к). Подача талой воды осуществляется гидронасосом через механический фильтр гидронасоса (рис. 2, з)

Как указывалось выше, для реализации процесса снеготаяния необходимо соблюдение еще двух условий:

- 1) возможность пропуска талых вод без нарушения нормальной работы существующей канализации города;
- 2) соблюдение расчетного расхода сетевой воды в период снеготаяния.

Если рассмотреть примерный суточный график потребления горячей воды на нужды бытового разбора, приведенного на рис. 2.23, то видим, что среднесуточный расход горячей воды $G_{гв}^{ср}$ составляет примерно 45% от максимального, которым определяется пропускная способность канализационных коллекторов от отдельных зданий или кварталов застройки.

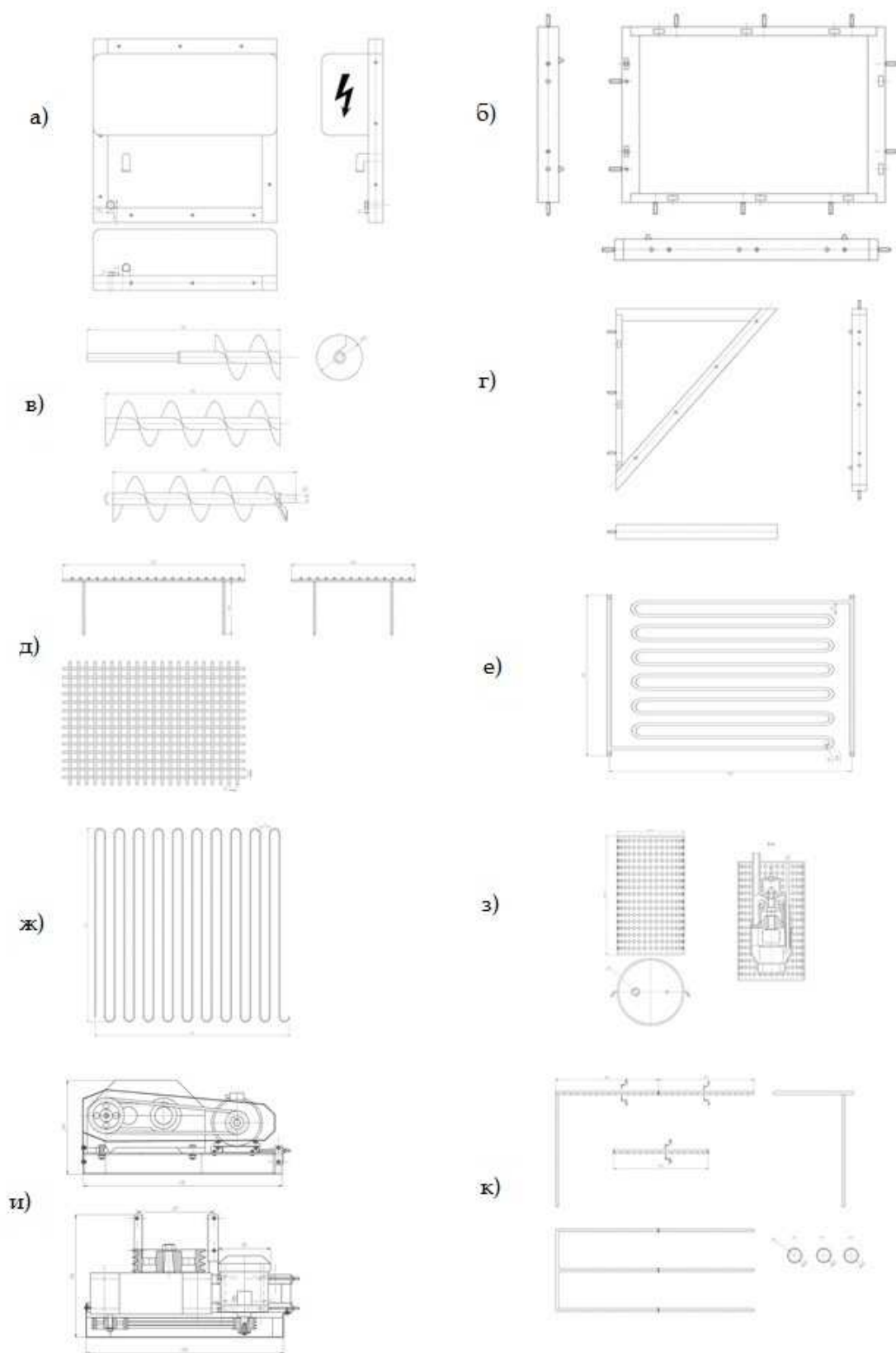


Рис. 2. Элементы модульной снегоплавильной установки:

а) задняя стенка с креплением приводной станции силовой установки, б) модуль боковой стенки, в) модуль наклонного загрузочного бункера, г) элементы модульного шнека, д) предохранительная сетка от крупного бытового мусора, е) нагревательный элемент (использование в качестве теплоносителя теплой воды), ж) нагревательный элемент

(электрический кабель), з) насос для подачи воды с фильтрующим элементом, и) приводная станция, к) модульная система предварительного увлажнения растепляемой снежной массы.

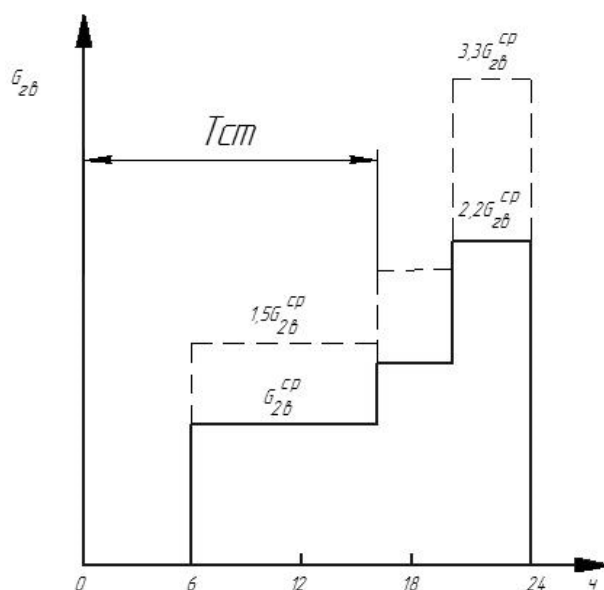


Рис. 2.23. Примерный суточный график горячего водоснабжения жилого дома

Чтобы не нарушить работу канализации, снеготаяния нужно проводить в часы суток, когда сброса воды из приборов горячего водоснабжения не производили, когда он сокращается до среднесуточной величины, т.е. в течение $T_{ст}$ часов. При использовании горячей воды ее обычно разбавляют до температуры 38—40°C [1]. Поэтому количество разбавленной воды, сбрасываемой в канализацию, возрастет на 50% и изобразится на графике пунктирной линией. Тогда производительность снеготаялок из первого условия для данной площади застройки должна быть:

$$G_{ст}^k \leq 1,5G_{гв}^{cp} \text{ — при таянии снега в дневные часы суток,}$$

$$G_{ст}^k \leq 3,3G_{гв}^{cp} \text{ — тоже в ночные часы}$$

здесь

$$G_{гв}^{cp} = 0,175F_{кв} \cdot z \cdot n \cdot h \cdot 10^{-3} \text{ кг/ч}$$

где $F_{кв}$ — площадь застройки, м²

z — норма потребления горячей воды на одного человека в сутки, кг/чел. сутки

n —этажность здания

h — высота этажа, м.

Производительность снеготаялок из второго условия в общем случае запишется:

$$G_{ст}^c = \frac{(G_{гв}^{cp} + G'_в)(\tau_{I1}^{ст} - \tau_{II1}^{ст})c \cdot \mu_{ст}}{(r - c_c t_H^{ст})} + \frac{(G_{гв}^{cp} + G'_в + G'_0)(\tau_{II2}^{ст} - \tau_{II1}^{ст})c \cdot \mu_{ст}}{(r - c_c t_H^{ст})} \text{ кг/ч}$$

где G'_0 — расчетный расход сетевой воды на отопление на данной площади застройки, кг/ч;

$\tau_{II1}^{ст}, \tau_{II2}^{ст}$ — температуры воды после теплообменников I, II при $\tau_H^{ст}$, °C;

$\mu_{ст}$ – коэффициент полезного действия снеготаяния учитывает потери тепла в окружающую среду и с талой водой, сбрасываемой в канализацию, его значение ориентировочно можно принимать в пределах 0,09—0,93;

R – скрытая теплота плавления снега;

$\tau_{ср}^{ст}$ – температура, с которой обратная смешанная вода поступает в теплообменник II при $\tau_{н}^{ст}$, °C.

$$\tau_{ср}^{ст} = \frac{(G'_B + G_{ГВ}^{ср}) \cdot \tau_{п1}^{ст} + G'_0 \cdot \tau_{20}^{ст}}{G'_0 + G'_B + G_{ГВ}^{ср}}, \text{ } ^\circ\text{C};$$

$\tau_{20}^{ст}$, $\tau_{2В}^{ст}$, $\tau_{ГВ}^{ст}$ – температуры обратной воды после систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения при °C.

В открытых тепловых сетях вместо величины $G_{ГВ}^{ср}$ в выражениях (4) и (4-1) нужно принимать расход воды на горячее водоснабжение из подающей линии тепловой сети.

Первый член выражения (4) представляет собой производительность снеготаялок, получаемую за счет использования тепла сетевой воды в теплообменнике I в часы отсутствия нагрузок горячего водоснабжения и вентиляции, второй — за счет использования в теплообменнике II тепла обратной воды из местных систем и теплообменника I.

Оптимальная производительность снеготаялок на отдельном вводе $G_{ГВ}^{опт}$ определяется по минимуму суммы зависимых годовых приведенных затрат по таянию снега $Z_{ст}$

$$Z_{ст} = K_{ст}(f_{ст} + p_n) + \frac{G_c \cdot P \cdot T_i}{175 \cdot G_{ст}} = \min$$

$K_{ст} = a_1 + b_1 \cdot G_{ст}$ – начальные вложения в снеготаялку, руб.;

где a_1, b_1 – коэффициенты, значения которых на основании предварительных расчетов принимаются $a_1=400$ т.руб.; $b_1=160$ т.руб. ч/ 10^3 кг

G_c – количество снега, подлежащего таянию на данной снеготаялке, кг/год.

$$G_c = \mu \cdot \varphi \cdot F_{кв} \cdot h_c \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}$$

где μ – коэффициент, учитывающий площадь уличных проездов; его величину можно принимать в пределах 1,3–1,5

φ - Доля выпавшего снега, подлежащего уборке

$F_{кв}$ - Площадь застройки, м²

h_c - Высота снежного покрова, м

ρ - Плотность снега, кг/м³

f_T - Доля годовых отчислений на амортизацию и ремонт, принимается в среднем по установке.

$$f_{ст} = 0,06$$

P_n - Нормальный коэффициент эффективности

$$P_H = 0,125;$$

где P -Заработная плата рабочего, руб./мес.

175 -Число часов работы в месяц, ч/мес.

T_i -Затрата времени рабочего на обслуживание снеготаялки в течение часа ее работы, ч/ч.

Взяв первую производную, $\frac{\partial z_{ст}}{\partial G_{ст}}$ приравняв ее нулю и решая относительно $G_{ст}$, находим:

$$G_{ст}^{опт} = \sqrt{\frac{G_c P T_i}{175 b_1 (f_{ст} + P_H)}}, \text{ кг/ч}$$

Расчётная производительность снеготаялки на отдельном вводе $G_{ст}$ должна быть такой, чтобы удовлетворить условиям сброса талой воды в канализацию и не превышения расчетного расхода сетевой воды на вводе, т.е.

$$G'_{ст} \leq G_{ст}^k; G'_{ст} \leq G_{ст}^c; G'_{ст} \leq G_{ст}^{опт}.$$

Количественную оценку возможностей для снеготаяния на базе теплофикации покажем на частном примере. По данным управления тепловых сетей, расчетный расход сетевой воды составляет $3 \cdot 10^6 \text{ кг/ч}$. Ввиду отсутствия точных данных по тепловой мощности и времени работы вентиляционных систем при определении дополнительной мощности отборов теплофикационных турбин для целей снеготаяния, второй член в уравнении(1) не учитывается.

В расчетах принимается:

$$\Delta t' = t'_1 - t'_{20} = 150 - 70^\circ\text{C}; P_{отб} = 1,2 \text{ бар}$$

$$t_H^{ТЭЦ} = -14^\circ\text{C}; t_H^{СТ} = -7^\circ\text{C}; \delta t^{СТ} = 10^\circ\text{C};$$

$$G' = 3 \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \eta_{СТ} = 0,9; \mu = 0,5; \varphi = 0,5;$$

$$h_c = 0,5 \text{ м}; \rho_c = 250 \text{ кг/м}^3; r = 335000 \text{ Дж/кг}$$

$$c = 4186,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}^\circ\text{C}; n_1 = 1760 \text{ ч/год}$$

Таким образом, результатом проделанной работы является получение следующих данных:

1.Дополнительная тепловая мощность отборов низкого давления теплофикационных турбин:

$$\Delta Q_{отб} = 125 \cdot 10^3 \text{ МДж/ч}$$

Что составляет 12,5 % от расчетного отпуска тепла по горячей воде.

2. Количество тепла, которое возможно использовать для снеготаялки за отопительный сезон:

$$Q_{\text{СТ}}^{\text{год}} = 220 \cdot 10^6 \text{ МДж/год}$$

3. Количество тепла, которое может быть растаяно за сезон:

$$G_{\text{С}}^{\text{год}} = 565 \cdot 10^6 \text{ кг/год}$$

4. Убираем от снега площадь застройки:

$$F_{\text{кв}} \approx 6,0 \text{ км}^2$$

5. Экономия условного топлива за счет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на базе снеготаяния:

$$\Delta B_{\text{СТ}} = 6,06 \cdot 10^6 \text{ кг. т./год.}$$

Список литературы

1. Баловнев В.И., Беляев М.А. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог. Учебное пособие для вузов. – Изд. 2-е. – Омск: «Омский дом печати», 2005. – С. 10-11.
2. Васильев А.Ф., Наумов Д.А. Рекомендации по применению теплоизоляционных материалов и конструкций для трубопроводов, оборудования и емкостей // «Новости теплоснабжения». – 2001. – № 9 (13), сентябрь. – С. 41–48.
3. Воронов Ю.В., Дерюшев Л.Г., Дерюшева Н.Л. Вопросы проектирования стационарных снегоплавильных пунктов // Сантехника. – 2013. – №2; URL: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=5499 (дата обращения: 25.12.2014).
4. Конев В.В., Бородин Д.М. Датчик для измерения температуры // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции / Отв. ред. Н.С. Захаров. – Тюмень, 2014. – С. 105-107.
5. СП 32.13330.2012. Свод правил. Канализация. Наружные сети и сооружения.

Рецензенты:

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Сервиса автомобилей и технологических машин», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г.Тюмень;

Тарасенко А.А., д.т.н., профессор, директор Регионального отделения Ассоциации инженерного образования России, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г.Тюмень.