

УДК 625.76.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ОТВАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Павлов Сергей Аркадьевич, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, dormash@madi.ru

Чикурин Артем Андреевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, artem.chikurin@rambler.ru

Корогод Даниил Владимирович, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, danya.korogod@mail.ru

Бабченко Алина Александровна, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, babchenko.alina@yandex.ru

Аннотация. В процессе уборки дорог общего пользования снежная масса перемешивается с реагентами и смётом. В результате адгезия получаемой смеси к поверхности металлических отвалов значительно возрастает. Увеличивается сопротивление сдвига снежной массы по поверхности отвала. Повышение температуры на поверхностях, находящихся в условиях отрицательных температур, приводит к образованию тонкого слоя воды на границе раздела между средами. Предполагается, что подогрев отвала с помощью выхлопных газов от машины позволит значительно снизить адгезию снега на его поверхности и создать тонкую водяную пленку, приводящую к снижению силы трения при движении снежной массы вдоль отвала. В статье предлагается практическая реализация системы подогрева отвала выхлопными газами. Рассмотрены вопросы влияния времени нагрева отвала с помощью выхлопных газов на формирование водяной пленки на границе раздела сред.

Ключевые слова: плужный снегоочиститель, металлический отвал, выхлопные газы, нагрев.

RESEARCH OF THE PROCESS OF HEATING DUMPS APPLIED ON MUNICIPAL EQUIPMENT

Pavlov Sergey A., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, dormash@madi.ru

Chikurin Artem A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, artem.chikurin@rambler.ru

Korogod Daniil V., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, danya.korogod@mail.ru

Babchenko Alina A., student,

MADI, 64, Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319, Russia, babchenko.alina@yandex.ru

Abstract. In the process of cleaning public roads, the snow layer is mixed with reagents, dust, small debris and pollution. As a result, the adhesion in the resulting mixture to the surface of the metal dumps increases significantly. The resistance to shear of the snow mass along the surface of the dump increases. An increase in temperature on surfaces under negative temperatures leads to the formation of a thin layer of water at the border between surroundings. It is assumed that heating the dump with the exhaust gases from the machine will significantly reduce the adhesion of snow on its surface and create a thin water film, leading to a decrease in the friction force when the snow mass moves along the dump. The article proposes a practical application of the exhaust gas heating system for the dump. The question of the influence of the time of heap heating with applied heating from exhaust gases system forming water film at the interface are considered.

Key words: plow-brush snowplow, working equipment, blade, exhaust gases.

Введение

Значительные затраты мощности уборочной техники по-прежнему расходуются на преодоление сил сопротивления снега, перемещающегося вверх и вдоль отвала при скоростной уборке. Предполагается, что применение технологии подогрева за счет собственных выхлопных газов техники позволит уменьшить сопротивления, что скажется на расходе горюче-смазочных материалов, а следовательно, позволит увеличить площадь убираемых участков. Отвальное оборудование с функцией подогрева выхлопными газами еще не применяется на уборочной технике при очистке от снежных масс.

Основная часть

Выполнен обзор используемых принципов и методов, которые используются для обогрева рабочего оборудования. Особенно важно применять наиболее надежные и экономичные способы, чтобы сделать конструкцию подогреваемого отвала полностью рабочей и безопасной с точки зрения эксплуатации и требований пожарной безопасности.

Результаты анализа научной литературы показали, что предлагаемые конструкции реально технически доработать и реализовать на практике. В связи с этим была рассмотрена технология устройства и работы рабочего оборудования снегоочистителя с подогреваемым отвалом.

В настоящее время существует запатентованная схема подогрева отвала выхлопными газами, которая основана на прикрепленном к отвалу герметичном отсеке, куда поступают выхлопные газы по отводящему патрубку (рис. 1) [1].

Рассматривая физико-механических свойств снега, можно рассчитать силы, возникающие на плуге при его взаимодействии со снегом (рис. 2).

Приведенная схема сил позволяет рассчитать параметры отвала, необходимые для очистки [2].

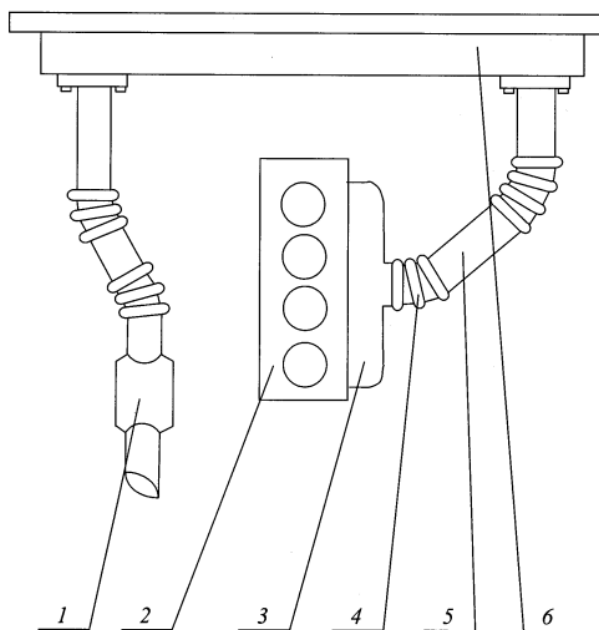


Рис. 1. Схема подогрева отвала выхлопными газами: 1 – выпускная труба; 2 – ДВС; 3 – выпускной коллектор; 4 – эластичная вставка; 5 – отводной патрубок; 6 – отвал

Одной из задач авторского коллектива было решить вопрос скорости таяния снега на подогреваемом отвале. Во время работы машина находится в постоянном движении, на отвал поступают всё новые и новые порции снежной массы, которые приводят к снижению его температуры, следовательно, следует найти равновесное состояние или хотя бы ту температуру подогрева, при которой на отвале будет сохраняться водоледяная пленка, снижающая силы сопротивления.

Эксперимент заключался в том, чтобы определить время таяния снега толщиной 5 см при различных температурах на металлической поверхности, имитирующей отвал [6]. В первой серии опытов температура отвала удерживалась на отметке $+20^{\circ}\text{C}$. В ходе эксперимента

фиксировалось время уменьшения снежной массы на 1 см, а также визуально наблюдаемое формирование водяной прослойки между снегом и пластиной (в табл. 1 столбец помечен знаком √). Результаты эксперимента отражены в таблице 1 и на графике (рис. 3).

Таблица 1

Время таяния снега на металлической пластине с температурой +20°C

Толщина снега, см	5	5	4	3	2	1
Время таяния 1 см, мин	0	-	13	19	24	32
Общее время таяния всего слоя, мин	0	1,6	3	32	56	88

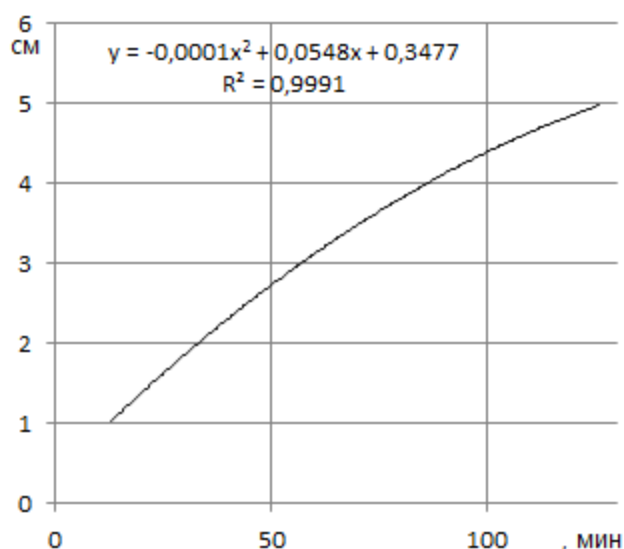


Рис. 3. Зависимость таяния снега определенной толщины от времени при температуре +20°C

Анализируя исследования, выполненные в диапазоне температур от +20 до +100°C, проведя также серию опытов с обновлением снежной массы, был сделан вывод, что стойкое и стремительное образование водяной пленки между поверхностью отвала и снежной массой наблюдается при температуре отвала +80°C и составляет около 0,8 секунды (рис. 4).

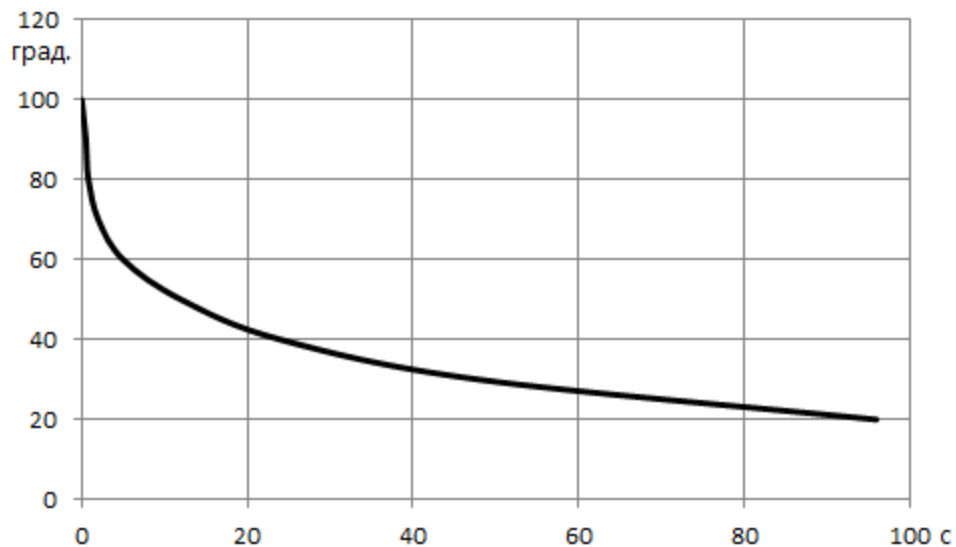


Рис. 4. Зависимость температуры отвала от времени образования водяной пленки

Таким образом, чтобы добиться формирования водяной пленки между снегом и отвалом необходимо обеспечить его постоянную температуру не ниже +80 °С.

Подогрев отвала с помощью электрической системы автомобиля потребует больших затрат и неминуемо приведет к увеличению расхода топлива. Потребуется замена электрической сети, чтобы она выдерживала такую нагрузку.

Подогрев отвала с помощью системы охлаждения двигателя потребует значительных изменений в системе охлаждения [3, 4].

Использование выхлопных газов минимизирует изменения в конструкции машины, а энергетические затраты на подогрев не увеличатся. Поэтому именно этот способ подогрева отвала и выбран в работе.

Мощность необходимая для первоначального подогрева отвала при наружной температуре -15 °С до требуемой температуры +80 °С за полчаса составит [5]:

$$P = \frac{cm(t_2 - t_1)}{T} = \frac{500 \cdot 1300 \cdot (80 - (-15))}{1800} = 34,3 \text{ кВт}$$

где P – мощность, кВт; c – удельная теплоемкость материала отвала, $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$; m – масса отвала, кг; t_1 – наружная температура, $^\circ C$; t_2 – требуемая температура, $^\circ C$; T – время нагревания отвала, с.

При движении машины по маршруту необходимо будет постоянно поддерживать температуру отвала.

К месту соединения приемных труб, вместо глушителя предлагается закрепить трубопровод, который в районе переднего бампера будет разделен на два патрубка для подсоединения к герметичному отсеку отвала с обеих сторон. Трубопровод покрывается теплоизоляционным материалом с коэффициентом теплопроводности $0,035 \text{ Вт/Км}^2$ для уменьшения потерь тепла по длине.

Герметичный отсек разделен на два по центру. Отсеки выполняются из стали и покрываются материалом с указанной теплопроводностью. Внутри герметичных отсеков крепятся два отвода с небольшими отверстиями по всей длине с шагом 10 см. Это необходимо для обеспечения более равномерного распределения выхлопных газов по отсеку, что даст равномерный нагрев отвала. Вместо трубопровода, отводящего выхлопные газы из отсеков, предусмотрены сквозные технологические отверстия с нижней стороны (рис. 5, 6).

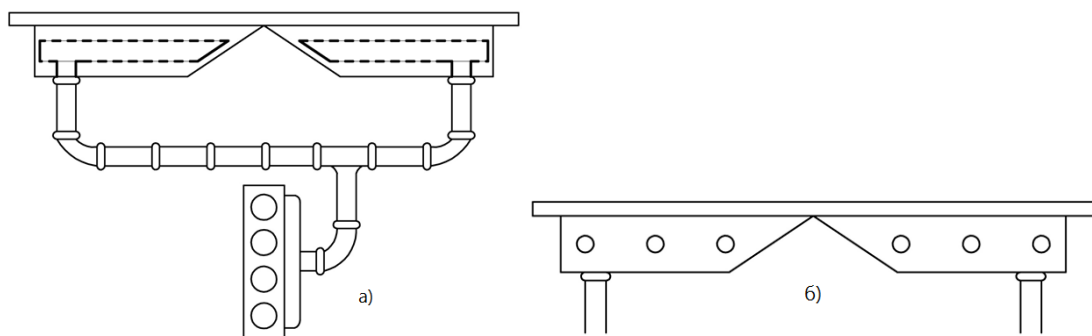


Рис. 5. Система подачи выхлопных газов от рядного двигателя к отвалу:

а) – вид сверху; б) – вид снизу

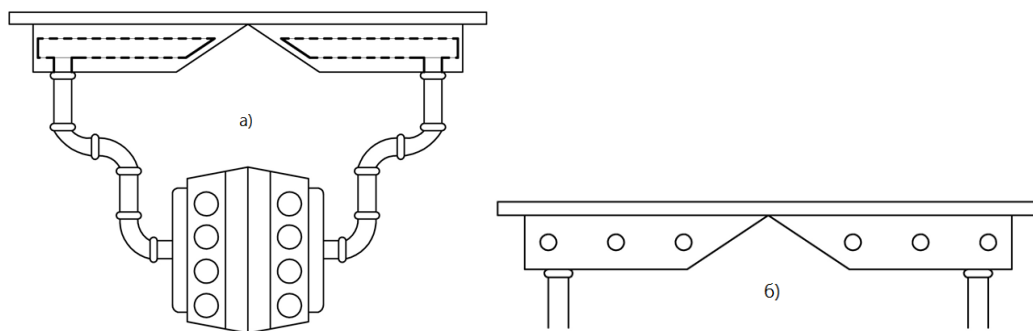


Рис. 6. Система подачи выхлопных газов от V-образного двигателя к отвалу:
а) – вид сверху; б) – вид снизу

Разработанная общая система подогрева отвала выхлопными газами позволит обеспечить его нагрев до $+80^{\circ}\text{C}$ перед началом работы машины за полчаса и затем поддерживать температуру за счет теплоты выхлопных газов.

Вывод

Таким образом, за счет подогрева между слоем снега и поверхностью отвала будет образовываться тонкий слой воды, значительно снижающий силы сопротивления передвижению снега вдоль и вверх по отвалу. Тяговая мощность машины остается без изменений за счет уменьшения тепловых потерь выхлопных газов, а также применения дополнительного электрического подогрева отвала. Следует помнить, что столь высокая температура может привести к термическим ожогам, поэтому при работе в таких условиях необходимо разработать дополнительные меры безопасности.

Список литературы

1. Система подогрева отвала бульдозера выхлопными газами: пат. 149462U1 РФ: МПК E02F 3/76 / Д. В. Шувалов: Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва" Министерства обороны Российской Федерации. – № 2014131738/03; заявл. 30.07.2014; опубл. 10.01.2015.

2. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины с рабочими органами интенсифицирующего действия / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1981. – 223 с.
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя / В.И. Анурьев. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1979. – 734 с.
4. Мерданов, Ш.М. Исследование конструкций отвалов снегоуборочных машин / Ш. М. Мерданов, В.В. Конев, А.В. Балин // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2. – ч. 2.
5. ДВС. Динамика и конструирование: в 2-х т. / В.Н. Луканин, [и др.]. – М.: Высшая школа, 2005. – Т. 2. – 355 с.
6. Баловнев, В.И. Стенд для исследования процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев, Н.М. Андрюхов, Р.Г. Данилов // Строительные и дорожные машины. – 2020. – №12. – С. 3–8.

References

1. SHuvalov D.V. Patent RU 149462 U1, 10.01.2015
2. Balovnev V.I. *Dorozhno-stroitel'nye mashiny s rabochimi organami intensificiruyushchego dejstviya* (Road-building machines with working bodies of intensifying action), Moscow, Mashinostroenie, 1981, 223 p.
3. Anur'ev, V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya* (Handbook of a mechanical engineer designer), Moscow, Mashinostroenie, 1979, 734 p.
4. Merdanov SH.M., Konev V.V, Balin A.V. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2015, no. 2.
5. Lukanin V.N. *DVS. Dinamika i konstruirovanie* (Internal combustion engine. Dynamics and design), Moscow, Vysshaya shkola, 2005, 355 p.
6. Balovnev, V.I., N.M. Andryuhov, R.G. Danilov, *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2020, no. 12, pp. 3-8.

Рецензент: Г.В. Кустарев, канд. техн. наук, доц., МАДИ