

Модернизация снегоуборочной машины с поворотным v-образным отвалом

К.В. Мальцев, Г.Г. Закирзаков, А.Г. Закирзаков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

Аннотация: В настоящее время, не смотря на разнообразие мини-погрузчиков по назначению и виду выполняемых работ, проблемы, связанные с технологией уборки снега с дорог и придомовых территорий, остаются актуальными. Вместе с непрерывным ростом парка коммунальной техники, постоянно осуществляются качественные изменения её рабочего оборудования, направленные на увеличение производительности и эффективности процесса уборки снега, посредством внедрения новых рациональных и технических решений.

Ключевые слова: мини-погрузчик, отвал, уборка снега, рабочее оборудование, снежный покров, уплотнение, гидроцилиндры, амортизаторы

Зимнее время года в большинстве районов Российской Федерации сопровождается обильным количеством снежных осадков, а значит, вопрос уборки выпавшего снега становится, как никогда, актуальным. Например, длина магистральной улично-дорожной сети Тюмени примерно составляет 220 километров, что в зимний период требует почти ежедневного выхода на работу дорожных рабочих и снегоуборочной техники, во время выпадения значительных снежных осадков. Главной задачей для специалистов является обеспечение требуемого состояния дорог, при котором будет установлена безопасность как для автомобилистов, так и для пешеходов.

В настоящее время, несмотря на разнообразие мини-погрузчиков по назначению и виду выполняемых работ, проблемы, связанные с технологией уборки снега с дорог и придомовых территорий, остаются актуальными [1-2]. Вместе с непрерывным ростом парка коммунальной техники, постоянно осуществляются качественные изменения её рабочего оборудования, направленные на увеличение производительности и эффективности процесса уборки снега, посредством внедрения новых рациональных и технических решений [3-4].

Согласно [5], можно сделать вывод, что с каждым годом происходит возрастание цены при уборке снега. Обусловлено это изменяющимися в большую сторону требованиями к содержанию дорожного полотна автомобильных проезжих частей, сокращением нормативов, отведенных на уборку снега, постоянным ростом количества автомобильного транспорта, затрудняющего работу коммунальным службам, работающих в частности в центральных и исторических районах городов. Наибольшую стоимость при уборке снега составляют транспортные расходы, почти 83%. В связи с быстрым ростом городов, снегосвалки все дальше отдаляются от населенных пунктов, что обусловлено экологическими стандартами.

Одним из наиболее рациональных решений по снижению стоимости зимнего содержания автомобильных дорог является доуплотнение снега в момент его погрузки. Благодаря чему произойдет резкое снижение затрат, вызванное рациональным использованием автосамосвалов, а следовательно, их количественным уменьшением и сокращением требуемых рейсов.

Для снижения стоимости отчистки дорог от снега требуется сократить количество автосамосвалов, а также их рейсов, помочь может правильное уплотнение снега. Во время начала выпадения снежных осадков требуется быстрая организация работы по расчистке дорог и придомовых территорий. Но главной проблемой при вывозе свежесвыпавшего снега является его большое расстояние между частицами, заполненное воздухом. А значит, автосамосвалы, привлеченные для уборки, по сути возят больше воздух, чем снег. Большой объем снега быстро заполняет кузовное пространство, но при этом имеет не большую массу, ввиду малой плотности. Поэтому искусственное доуплотнение снега перед погрузкой может решить эту проблему.

Уплотнять снег можно следующими способами: укатывание, трамбование, вибрирование, смешанный способ. В ходе работы будет

рассмотрен процесс укатывания и незначительного требования, вызванного демпфирующим устройством [6].

Укатывание – это процесс уплотнения снега, вызванный в результате давления передаваемого от колес или вальцов на снежную поверхность. Трамбование происходит за счет ударов рабочего органа рабочей машины.

Специалистами Тюменского индустриального университета было предложено техническое решение: усовершенствование дополнительного рабочего оборудования мини-погрузчика, которое позволит машине выполнять работы по доуплотнению снега, помимо его сбора, что в свою очередь поможет расширить область применения базовой машины [7].

Основной единицей техники в парках коммунальных служб являются мини-погрузчики. Эта техника остаётся одной из самых востребованных из-за её доступности, многофункциональности и мобильности во время борьбы со снегом. Мини-погрузчики – весьма эффективное устройство для работы в городской среде, особенно на небольших участках. В отличие от других видов техники, мини-погрузчику не требуется большая зона для работы. Отсутствие больших габаритов, относительно ширины и высоты, небольшая масса и бортовой разворот позволяют производить работы на дворовых территориях, на парковочных местах, на пешеходных дорожках и даже непосредственно вблизи здания. Высокая производительность достигается, благодаря манёвренности этой самой машины [8].

В рамках работы был проведен анализ существующих конструкций для очистки дорожного полотна от снега.

Технический результат отвала переднего для уборки снега [9] (Рис. 1) обусловлен наличием как подвижной, так и неподвижной рам, ножами, закрепленными на отвале, колесами, установленными для упора, гидроцилиндром управления отвалом, двумя опорно-устойчивыми лыжами, закрепленными с башмаком и изготовленными из высокомарганцевой стали,

обладающей износостойкостью. Из недостатков можно выделить отсутствие возможности перемещения снега к центру полосы, относительно снегоуборщика, отсутствие уплотнения снега.

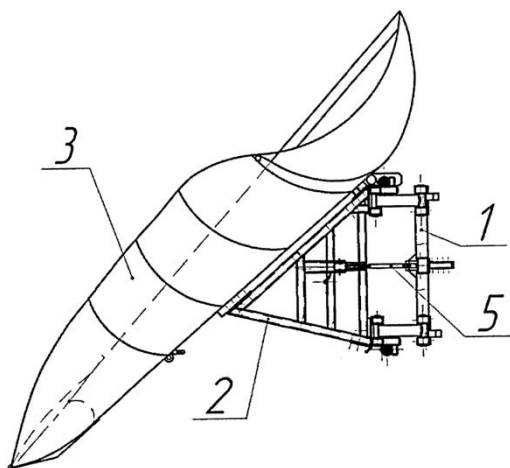


Рис. 1. Отвал передний для уборки снега. 1 - рама неподвижная, 2 - рама подвижная, 3 - отвал с ножами, 5 - гидроцилиндр подъема отвала

Главные недостатки устройства [10] (Рис. 2): наличие одного отвала, исключающего возможность сбора снега к центральной части полосы, относительно движущейся техники, а также невозможность регулировки отвала в горизонтальной плоскости.

За основу в предложенной работе был взят патент, разработанный в Тюменском индустриальном университете [11] передний поворотный V-образного отвала для удаления снега. Технический результат обеспечивается левой и правой частью переднего V-образного отвала. За счет работы гидроцилиндров, каждая из частей отвала закреплена на раме и способна регулироваться при увеличении и уменьшении скорости.

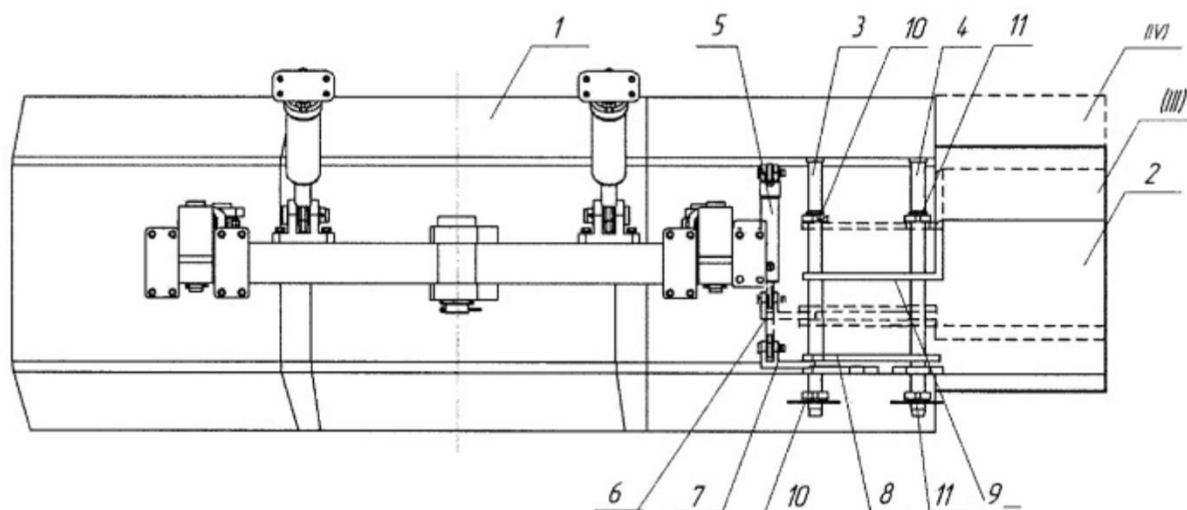


Рис. 2. Отвал для уборки снега. 1 - отвал, 2 – отпрылок, 3 - направляющая, 4 – палец, 5-гидроцилиндр, 6- шток, 7-кронштейн, 8-11 – уши

Существенные недостатки данного отвала представлены невозможностью установи на мини погрузчики, из-за веса всего рабочего оборудования, трудность работы со снегом повышенной плотности, например, мокрого или глетчерного льда, в виду своей конструкции [12].

Данный отвал целесообразно применять при свежесвыпавшем снеге, когда его плотность минимальна. Это позволит очистить дороги и придомовые территории за короткое время.

Модернизация устройства (Рис. 3) характеризуется более устойчивым положением и возможностью уплотнения снега, с одновременной работой основного оборудования.

Оборудование работает следующим образом: для уборки снега штоки (3) и выдвигаются на определенную длину штока, в следствии чего, правая (1) и левая (2) части отвала поворачиваются на угол $\varphi \approx 10 - 70^\circ$, в зависимости от скорости работы и требуемой ширины уборки снега. Снег собирается к середине полосы дороги, по которой проезжает снегоуборочная машина дополнительными колесами (11) для уплотнения [6]. Колеса (13)

установлены на общей оси, которая закреплена на дополнительной раме (7). Сама дополнительная рама (7) закреплена на правой (5) и левой (6) частях основной рамы на амортизаторах (10) через трапецевидное крепление (9) для демпфирования с целью повышения уплотнительных свойств.

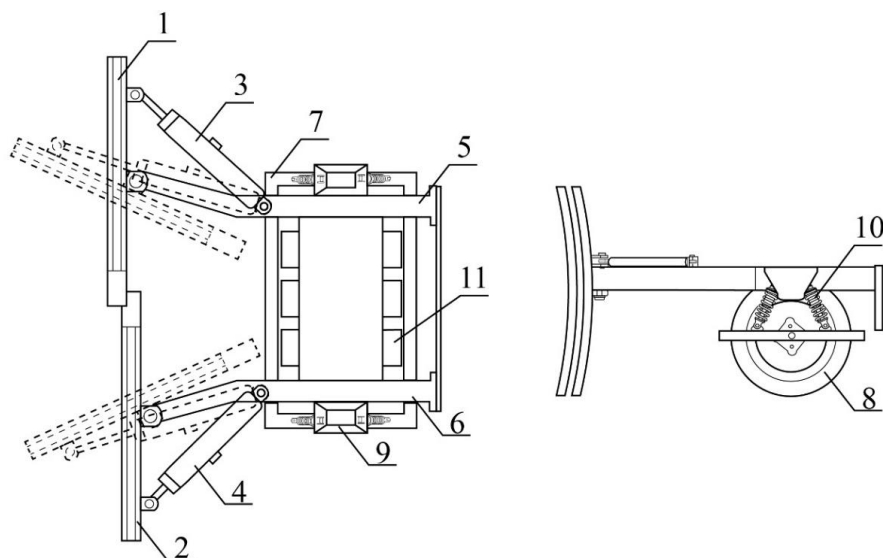


Рис. 3. Модернизированное рабочее оборудование мини-погрузчика Mustang 2086.

В транспортном положении правая (1) и левая (2) части отвала находятся в сдвинутом положении, штоки гидроцилиндров (3), (4) максимально выдвинуты, отвал поднят с помощью гидроцилиндров подъема-опускания рабочего оборудования, установленных на мини-погрузчике [13].

Более того, в верхней части отвала, расположенной над уплотняющими колесами, расположена площадка для утяжелителей, регулирующих силу уплотнения.

Расчет сопротивлений мини-погрузчика:

$$W = W_T + W_p + W_{пер} + W_{отб} + W_{пр} \quad (1)$$

где W_T - сопротивление перемещению снегоочистителя, Н;

W_p - сопротивление снега резанию, Н;

$W_{пер}$ - сопротивление перемещению снега по поверхности отвала, Н;

$W_{отб}$ - сопротивление, возникающее при отбрасывании снега, Н;

$W_{пр}$ - сопротивление перемещению призмы волочения, Н.

Сопротивление перемещению снегоочистителя:

$$W_T = [m_{пл}(\mu_1 + i) + (m_M + m_{пл})(f + i)]g \quad (2)$$

где $m_{пл}$ - масса плуга, опирающегося на дорогу, кг;

m_M - масса машины, кг;

μ_1 - коэффициент трения металла о снег;

f - коэффициент сопротивления перекачиванию;

g - ускорение свободного падения = 9,8 м/с²;

i - максимальный продольный уклон дороги.

Сопротивление снега резанию:

$$W_p = k_0 \cdot B \cdot H_c \quad (3)$$

где k_0 - коэффициент сопротивления резанию, Н/м²;

B - ширина захвата отвалом, м;

H_c - толщина срезаемого слоя снега, м.

Сопротивление снега, скользящего по поверхности отвала:

$$W_{пер} = \frac{\rho_c B H_c v_M^2}{\cos \rho_0} \sin \psi [\cos(\mu - \rho_0) + \cos(2\mu_0 + \rho_0)] \quad (4)$$

Где ρ_0 - угол трения снега о поверхность отвала

Сопротивление, появляющиеся при отбрасывании снега:

$$W_{отб} = B \cdot H_c \cdot v_M^2 (1 + \cos \alpha \cos \beta) \cdot \rho_c \quad (5)$$

Сопротивление перемещению призмы волочения:

$$W_{пр} = 0,05\mu_2 B H_c^2 \rho_c (\operatorname{ctg}\varphi_0 + \operatorname{ctg}\theta) \sin(\varphi_0 - \rho_0) g \quad (6)$$

Общее сопротивление W , возникающее во время работы снегоочистителя, не должно превышать тягового усилия снегоочистителя по сцепному весу:

$$W \leq G_{сц} \varphi_{сц} \quad (7)$$

где $G_{сц}$ - сцепной вес снегоочистителя;

$\varphi_{сц}$ - коэффициент сцепления колеса базового шасси со снежной поверхностью.

Мощность (Вт), необходимая для работы плужного снегоочистителя:

$$N = \frac{W v_m}{\eta} \quad (4.8)$$

Где η – коэффициент трения отвала о поверхность покрытия.

Таблица 1. Массы элементов машины

	Элемент машины	m_i , кг масса элемента	x_i , м	z_i , м
1	Силовая установка	935	1,6	1,3
2	Задний мост с гидромоторами	850	0,9	0,3
3	Кабина и прочее оборудование	900	0,5	1,9
4	Рама грузовой части	1000	2,357	0,5
5	Передний мост с гидромоторами	850	0	0,3
6	Система стрел и гидроцилиндров	750	0,3	1,2

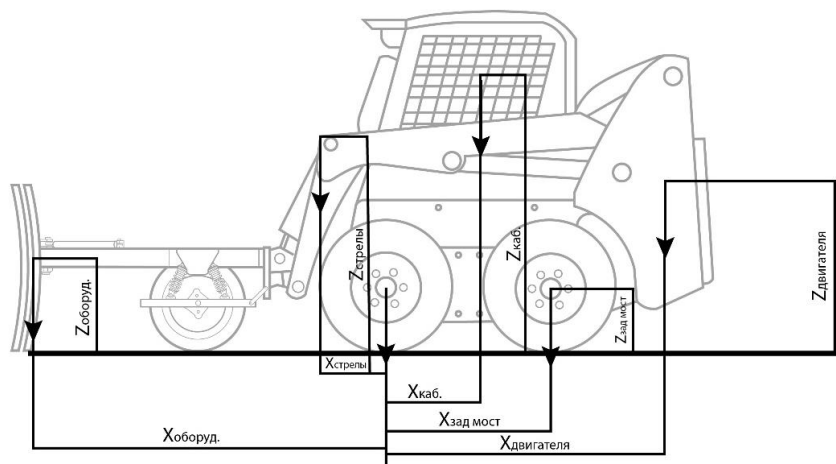


Рис. 4. Расчетная схема для определения коэффициента собственной устойчивости

С учётом вышесказанного, целесообразно рекомендовать внедрять данное модернизированное рабочее оборудование в дорожно-коммунальное хозяйство для автоматизации труда работников, повышения производительности рабочей техники и сокращению времени по уборке снега.

Предложенная конструкция поможет увеличить производительность рабочей техники и уменьшить время, затрачиваемое на уборку снега.

Литература:

1. Хархута Н.Я., Капустин М.И., Семенов В.П., Эвентов И.М. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет // М. "Машиностроение", 1976, 472 с., с. 222-247.
2. Беспалов В.И., Мазепа Я.А. Анализ воздействия автотранспортных предприятий на городскую среду // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1331
3. Aleshkov D.S., Sukovin M.V., Banket M.V., Bakunov A.S., Shapoval D.V.



Experimental investigations of snow bank formation during milling and rotary snow blower operation // Journal of Applied Engineering Science. 2021. Т. 19. № 1. DOI: 10.5937/jaes0-28018

4. Васильченко Г.А. Принцип работы и основы расчета снегоочистителей с метательным рабочим органом // Проектирование роторных снегоочистителей. 2010 г. URL: stroi-archive.ru/dorozhnye-mashiny/982-princip-raboty-i-osnovy-rascheta-snegoochistiteley-s-metatelnym-rabochim-organom.html

5. Кондратенко Т.О., Сайбель А.В. Оценка воздействия строительного производства на окружающую среду // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1298

6. Иванов А.Н. Анализ конструкций и перспективы развития снегоочистителей. - ЦНИИТЭстроймаш, 1978. -116 с.

7. Мерданов Ш. М., Конев В. В. Половников Е.В. Мерданов М. Ш. Раздвижной отвал снегоуборочной машины // Патент 152034 Российская Федерация, МПК E01H 5/06. URL: i.moscow/patents/RU2660272C1_20180705

8. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески // М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

9. Окладников Л. А. Отвал передний для уборки снега // Патент 92668 Российская Федерация, МПК E01H 1/00. URL: freepatent.ru/patents/2074642

10. Мерданов Ш. М., Конев В. В., Половников Е.В., Шевелев А. С. Раздвижной отвал снегоуборочной машины. // Патент 2631467 Российская Федерация, МПК E01H 5/06. URL: patenton.ru/patent/RU2631467C1

11. Мерданов Ш. М., Конев В. В., Половников Е.В., Райшев Д. В., Дудкин Я. К. Передний поворотный V-образный отвал // Патент 2 660 272 Российская Федерация, МПК E01H 5/06. URL: findpatent.ru/patent/266/2660272.html

12. Вильнер Я. М., Ковалев Я. Т., Некрасов Б. Б. и др. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам // Мн.: Высш. шк., 1985. 382 с.

13. Pyalchenkov V.A., Egorov A.L., Dolgushin V.V., Kulyabin G.A. A method for optimizing the structure of the roller cone bit assembly. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. Т. 8. № 9. С. 5802-5806.

References

1. Harhuta N. Ja., Kapustin M.I., Semenov V.P., Jeventov I.M Dorozhnye mashiny. Teoriya, konstrukcija i raschet M., "Mashinostroenie" [Road cars. Theory, design and calculation. In the book: Mechanical engineering]. 1976, 472 p., p. 222-247.

2. Bupalov V.I., Mazepa Ja.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1331

3. Aleshkov D.S., Sukovin M.V., Banket M.V., Bakunov A.S., Shapoval D.V. Journal of Applied Engineering Science. 2021. Т. 19. № 1. DOI: 10.5937/jaes0-280185.

4. Vasil'chenko G.A. Proektirovanie rotornyh snegochistitelej. 2010 g. URL: stroj-archive.ru/dorozhnye-mashiny/982-princip-raboty-i-osnovy-rascheta-snegochistitelej-s-metatelnym-rabochim-organom.html

5. Kondratenko T.O., Sajbel' A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2012. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1298

6. Ivanov A.N. Analiz konstrukcij i perspektivy razvitija snegochistitelej [Analysis of designs and prospects for the development of snowplows]. CNIITJestromash, 1978. 116 p.

7. Merdanov Sh. M., Konev V. V. Polovnikov E.V. Merdanov M. Sh. Razdvizhoj otval snegouborochnoj mashiny [Snowplow Extending Blade]. Patent 152034 Rossijskaja Federacija, MPK E01H 5/06. URL: [_____](#)

i.moscow/patents/RU2660272C1_20180705

8. Rajmpel' J. Shassi avtomobilja: Jelementy podveski [Car chassis: Suspension elements]. M.: Mashinostroenie, 1987. 288 p.

9. Okladnikov L. A. Otval perednij dlya uborki snega [Front blade for snow removal]. Patent 92668 RF, MPK E01H 1/00. URL: freepatent.ru/patents/2074642

10. Merdanov Sh. M., Konev V. V., Polovnikov E.V., Shevelev A. S. Razdvizhnoj otval snegouborochnoj mashiny [Snowplow Extending Blade]. Patent 2631467 RF, MPK E01H 5/06. URL: patenton.ru/patent/RU2631467C1

11. Merdanov Sh. M., Konev V. V., Polovnikov E.V., Rajshev D. V., Dudkin Ja. K. Perednij povorotnyj V-obraznyj otval [The first V-shaped opening]. Patent 2 660 272 RF, MPK E01H 5/06. URL: findpatent.ru/patent/266/2660272.html

12. Vil'ner Ja. M., Kovalev Ja. T., Nekrasov B. B. i dr. Spravochnoe posobie po gidravlike, gidromashinam i gidroprivodam [Reference manual for hydraulics, hydraulic machines and hydraulic drives]. M.: Vyssh. shk, 1985. 382 p.

13. Pyalchenkov V.A., Egorov A.L., Dolgushin V.V., Kulyabin G.A. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. 2020. T. 8. № 9. pp. 5802-5806.