УДК 621.01/.03

СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ МАШИНЫ

[1]Бородин Д.М., [1]Конев В.В., [2]Райшев Д.В.

[1]ФГБОУ ВО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень, e-mail: konev@tsogu.ru;

[2]ФГВКОУ ВПО «Тюменское высшее военно-инженерное командное училище имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова», Тюмень, e-mail: radevv@yandex.ru

В условиях низких отрицательных температур на территориях Севера России возникают трудности с эксплуатацией коммунальной техники, особенно вакуумных ассенизационных машин. При отсутствии центральной канализации, а также возникшего роста обустройства загородных районов количество машин для очистки выгребных ям имеет тенденцию постоянного увеличения. В связи с тем, что при эксплуатации ассенизационных машин возникает перепад температур между жидкими отходами в цистернах (положительные температуры) и окружающим воздухом (отрицательные температуры), в результате происходит образование конденсата. При отрицательных температурах (ниже минус 20°С) конденсат замерзает. Это приводит к отказу клапанов сигнально-предохранительного устройства и способствует возникновению разреженности воздуха внутри цистерны при ее охлаждении и последующему раздавливанию атмосферным давлением. На примере ассенизационной машины КО-505А создана и испытывается система прогрева клапанов. Определена стоимость ее изготовления и эффект от использования системы прогрева клапанов.

Ключевые слова: низкие отрицательные температуры, коммунальная машина, ассенизационная машина, тепловая подготовка, система прогрева клапанов, утилизация тепла

PROTOTYPING HEAT RECOVERY SYSTEM FOR VACUUM MACHINES

[1]Borodin D.M., [1]Konev V.V., [2]Rayshev D.V.

[1]Federal State Educational Institution of Higher Education Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, e-mail: konev@tsogu.ru;

[2]Federal state military educational institution of higher professional education Tyumen higher military engineering command school name of the marshal of engineer troops A.I. Proshlyakov, Tyumen, e-mail: radevv@yandex.ru

At low subzero temperatures on the territories of the Russian North have difficulties with the operation of municipal vehicles, especially vacuum sewage truck. In the absence of a central sewage system, as well as the arrangement of growth emerged suburban areas, the number of machines for cleaning cesspools tends to a constant increase. Due to the fact that during the operation of machines cesspool occurs temperature difference between the liquid waste in the tank (positive temperature) and ambient air (negative temperature), resulting in the formation of condensate. At negative temperatures (below minus 20°C) condensate freezes. This leads to the rejection signaling safety valve device and contributes to a thinner air inside the tank during its subsequent cooling and crushing atmospheric pressure. For example, sewage truck KO-505A is designed and tested system of warm-valves. It determines the cost of its production, and the effect of using valves warming system.

Keywords: low negative temperatures, communal machine, waste removing vehicle, thermal training, warm-up valve system, heat recovery

В северных условиях России [3, 10] эксплуатируется большой парк коммунальных машин, основными из которых являются вакуумные ассенизационные машины [7]. Использование большинства таких машин при температурах ниже –20°С затруднено, так как происходит замерзание конденсата в предохранительном клапане. Этот клапан входит в состав сигнально-предохранительного устройства, располагающегося на верхнем люке цистерны. Предохранительный клапан служит для ограничения давления и разрежения в цистерне. При замерзании клапан не способен ограничить давление в цистерне, вследствие этого атмосферный столб может «раздавить» цистерну. После этого цистерну необходимо выправлять, и эксплуатация машины в таком случае невозможна. При этом коммунальная служба не выполняет свои обязанности и несет материальные потери в связи с ремонтом техники. На участках жилых массивов, где отсутствует центральная канализация, все нечистоты попадают в выгребные ямы. Для таких случаев и существует специальная техника для сбора и очистки канализационных отходов – ассенизационные машины [5, 11].

Чтобы использовать вакуумные ассенизационные машины при низких отрицательных температурах, поставлена задача разработки системы утилизации тепла от

двигателя внутреннего сгорания на вакуумные ассенизаторские машины, в частности на КО-505А-1. Система утилизации тепла от ДВС направляет горячие отработавшие газы по сварной трубной конструкции к предохранительным клапанам, обеспечивая оптимальную температуру для работоспособности клапанов [4].

В 2014 году в г. Тюмени температура окружающего воздуха достигала –20 °С и ниже суммарно на протяжении 28 дней. В эти дни большинство вакуумных ассенизационных машин простаивали. Поэтому проблема замерзания конденсата в предохранительных клапанах на вакуумных ассенизаторских машинах является актуальной и требует решения. Возникает необходимость повышения эффективности использования автомобилей в погодно-транспортных условиях [2, 8].

Данная система утилизации тепла от ДВС позволит эксплуатировать машину КО-505А-1 при температурах ниже –20 °С. КО-505А-1 является распространенной машиной, предназначенной для механизированного заполнения, транспортирования и выгрузки жидких отходов, не содержащих горючих, агрессивных и взрывоопасных веществ. Машина рассчитана на эксплуатацию по разным видам дорог, в том числе по грунтовым дорогам в полевых условиях. Машина климатического исполнения «У» по ГОСТ 15150-69 эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 40 °С. Технические характеристики КО-505А-1 представлены в табл. 1 [6].

Таблица 1

Технические характеристики КО-505А-1

Модель, тип базового шасси	КАМАЗ-65111
Масса спецоборудования, кг, не более	2370
Вместимость технологическая цистерн, м^3	12
Максимальная глубина всасывания м, не менее	4,0
Максимальное разрежение в цистернах/избыточное давление, создаваемое вакуумнасосом, МПа, не менее	0,085/0,03
Производительность вакуумнасоса, м^3/ч	310
Время наполнения / опорожнения цистерн под давлением, мин	8/7
Максимальная транспортная скорость с полной массой, км/ч	35

Машина представляет собой автомобильное шасси КАМАЗ-65111, на которое монтируется специальное оборудование. Специальное оборудование состоит из двух цистерн, привода вакуумного насоса, механизма выдачи и укладки рукава, коробки отбора мощности, брызгоотражателей, вакуум-нагнетательной системы, пневмосистемы, дополнительного электрооборудования. Привод рабочих органов спецоборудования осуществляется от двигателя шасси через коробку отбора мощности, установленной на КПП шасси. Привод вакуумного насоса – механический от коробки отбора мощности через клиноременную передачу. Привод механизма выдачи и укладки рукава – пневматический, со специальным движителем.

Цистерны установлены с наклоном в сторону слива. Цистерны сварные, цилиндрической формы, днища сферические. Внутри каждой цистерны, для гашения гидравлических ударов, установлены три волнореза. В задней части каждой цистерны имеются сливные лючки. Цистерны соединяются между собой патрубками и рукавом диаметром 65 мм. На крышке левой цистерны установлен датчик уровня, сигнально-предохранительное устройство и клапан предохранительный, для ограничения давления в цистернах при сливе отходов. На внутренней поверхности каждой цистерны имеются три ребра жесткости из уголка 32×32×3. Вакуумный насос установлен впереди цистерн на специальной раме, который приводится во вращение от коробки отбора мощности через клиноременную передачу. Включение и выключение вакуумного насоса осуществляется дистанционно из кабины водителя с пульта управления. Транспортирование жидкости производится при закрытой приемной камере и выключенном дополнительном электрооборудовании. Во избежание раскрытия стыка приемной камеры пневмоцилиндр постоянно находится под давлением и держит клапан приемной камеры в закрытом положении. Слив жидкости из цистерн может осуществляться как самотеком, так и под давлением. Для ограничения давления 0,03 + 0,01 МПа и разрежения 0,08 МПа в цистерне на крышке сигнально-предохранительного устройства имеется предохранительный клапан. Для прогрева клапанов разработана система, в которой отработавшие горячие газы от двигателя внутреннего сгорания поступают по выхлопной системе автомобиля до выхлопной трубы, в которой установлена специальная заслонка, имеющая 2 положения. Первое положение, при котором заслонка закрыта, – отработавшие горячие газы

меняют своё направление и проходят по специальной системе, направленной на обогрев предохранительных клапанов. Во втором положении заслонка открыта, происходит беспрепятственный выхлоп отработавших газов через стандартную выхлопную трубу машины [4]. Системы утилизации тепла ДВС ранее предлагались для прогрева гидропривода, ДВС [3, 12]. Чертеж системы прогрева клапанов представлен на рис. 1.

В процессе выхлопа в данной системе утилизации тепла возможно образование конденсата. Образование конденсата происходит из-за разницы температур горячих выхлопных газов и элементов системы отвода тепла, которые имеют большую протяженность. Для сбора конденсата из системы предусмотрен сборник конденсата 5. Сборник конденсата представляет собой цилиндрическую емкость с двойной стенкой. Образовавшийся конденсат накапливается во внутренней емкости. Часть горячих выхлопных газов, проходящих между стенками сборника, обогревают внутреннюю емкость и предотвращают замерзание конденсата, затем они выходят в атмосферу через специальное отверстие. Слив накопленного конденсата осуществляется самотеком через сливной кран 6. Опытный образец КО-505А-1 представлен на рис. 2.

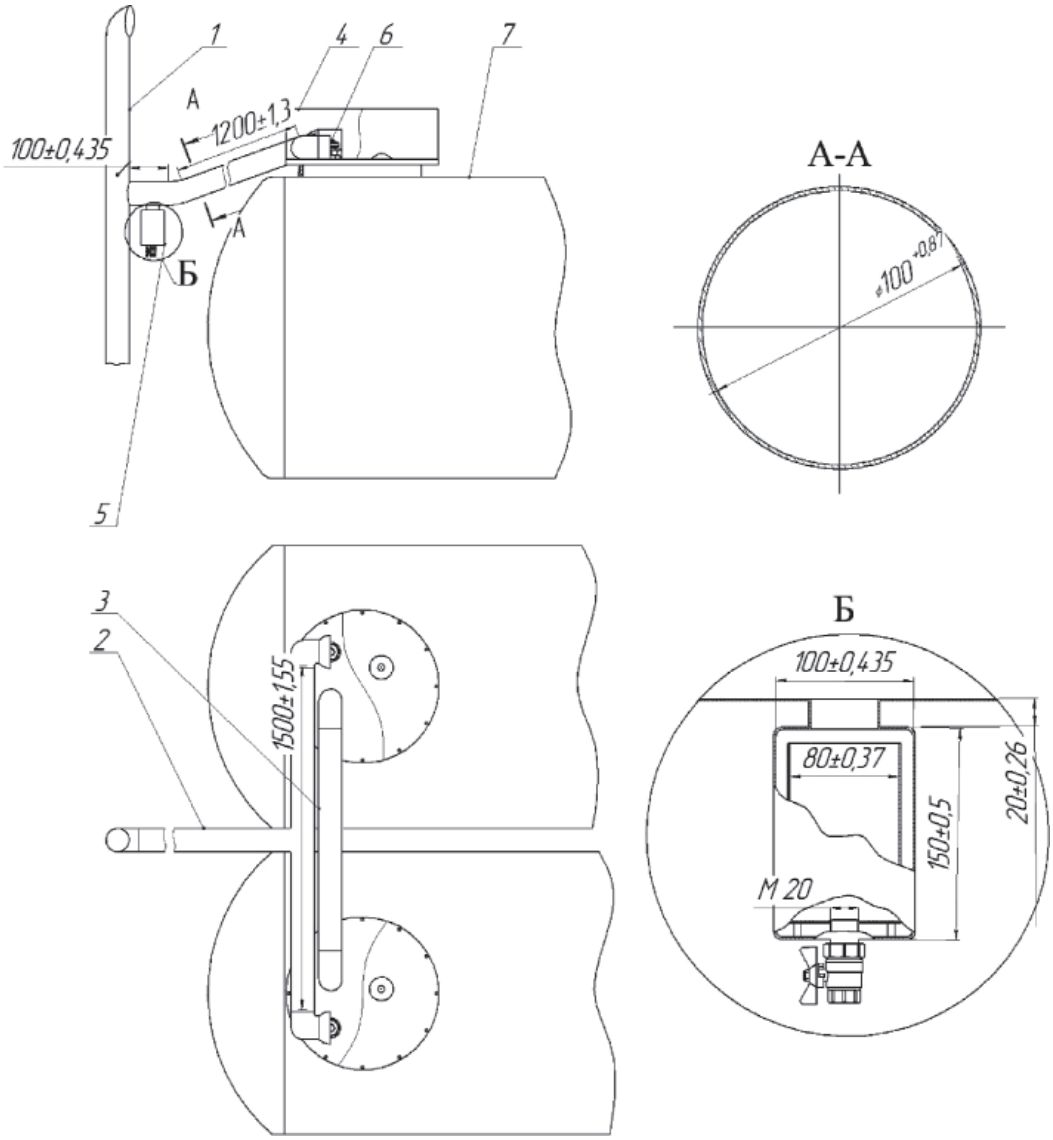
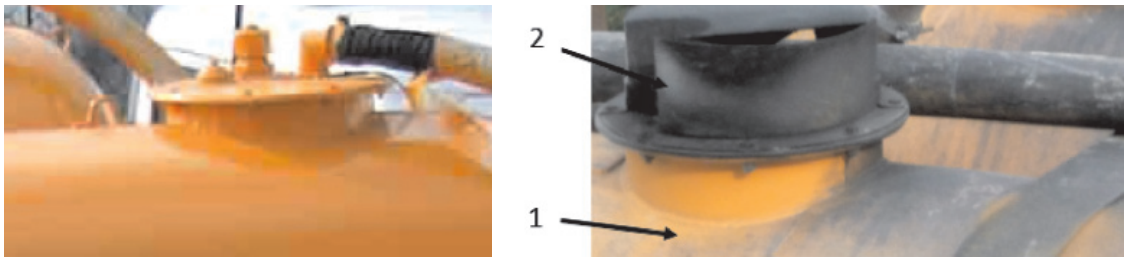


Рис. 1. Чертеж системы прогрева клапанов:
1 – выхлопная труба штатной системы; 2 – труба системы прогрева клапанов;
3 – распределительная труба; 4 – полукружия; 5 – сборник конденсата;
7 – цистерна ассенизационной машины



а б

Рис. 2. Опытный образец КО-505А-1:
а – до модернизации; б – после модернизации системой прогрева клапанов;
1 – цистерна ассенизационной машины; 2 – полукружие клапана

При тепловой подготовке клапанов отработавшими газами ДВС на поверхности стенок трубопроводов и полукружий направителей газов образуются осевшие на них твердые частицы (рис. 2). Это снижает интенсивность прогрева клапанов. Для периодической очистки внутренней поверхности стенок от частиц несгоревшего топлива используются нейтрализаторы [9].

Стоимость изготовления предлагаемой системы прогрева клапанов от двигателя внутреннего сгорания вакуумной ассенизаторской машины КО-505А-1 определяется из общих затрат по формуле

$$S_{общ} = S_{раб} + S_{мат}.$$

где $S_{раб}$ – затраты на оплату работы по изготовлению, руб.; $S_{мат}$ – затраты на материалы для изготовления и монтажа, руб.

Стоимость работ по изготовлению системы прогрева клапанов приведена в табл. 2.

Материалы для изготовления системы прогрева клапанов [1] приведены в табл. 3.

Общие затраты на изготовление системы прогрева клапанов ассенизационной машины составят

$$S_{общ} = 11390 + 7658{,}9 = 19048{,}9 \text{ руб.}$$

В результате проведенной научной работы следует, что эксплуатация ассенизационных машин при низких отрицательных температурах (ниже минус 20 °С) затруднительна – перемерзают клапаны. Поэтому разработана система утилизации тепла ДВС для прогрева клапанов ассенизационной машины. Разработан и изготовлен опытный образец, который проходит дальнейшее исследование. Внедрение предложенной системы позволит получить экологический и экономический эффект за счет увеличения количества сбора, транспортировки и отгрузки жидких отходов при низких отрицательных температурах.

Таблица 2

Стоимость работ по изготовлению системы прогрева клапанов

№ п/п	Вид работы		Норма времени, н/ч	Стоимость нормо-часа, руб.	Стоимость, руб.
1	Слесарные работы				
	1.1	Нарезка заготовок	1	1500	1500
	1.2	Гибочные работы	0,5	1500	750
	1.3	Сверление отверстий	0,2	1500	300
	1.4	Подготовка сопрягаемых деталей	0,7	1500	1050
	1.5	Монтаж системы	0,5	1500	750
	1.6	Прочие слесарные работы	0,5	1500	750
Итого			3,4	1500	5100
2	Сварочные работы				
	2.1	Сварка элементов системы	1,5	2100	3150
	2.2	Сварка сборника конденсата	0,5	2100	1050
	2.3	Прочие сварочные работы	0,5	2100	1050
Итого			2,5	2100	5250
3	Прочие работы		0,8	1300	1040
Итого прочие работы			0,8	1300	1040
ИТОГО	6,7		11390		

Таблица 3

Материалы для изготовления системы прогрева клапанов

№ п/п	Наименование деталей	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость ед., руб.	Всего затрат, руб.
1	Болт М8 15 мм	шт.	2	14,1	28,2
2	Гайка М8	шт.	2	6,5	13
3	Шайба 8×17	шт.	4	3,4	13,6
4	Труба Ст. 10Х23Н18 100×1,5 мм	м	3,5	780	2730
5	Прут Ст. 20Х23Н18 d = 15 мм	м	0,25	270	67,5
6	Угольник Ст. 20Х23Н18 100×1,5 мм	шт.	2	1800	3600
7	Труба Ст. 10Х23Н18 140×1,5 мм	м	0,1	950	95
8	Пластина Ст. 10Х23Н18 1,5×300×350 мм	шт.	1	450	450
9	Труба Ст. 10Х23Н18 50×1,5 мм	м	0,1	570	57
10	Труба Ст. 10Х23Н18 80×1,5 мм	м	0,12	630	75,6
11	Кран шаровой Itap-099-1	шт.	1	395	395
12	Электроды МР-3 2 мм	кг	1	134	134
ИТОГО					7658,9

Список литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3-х т. Т. 1. – 9-е изд., перераб. и доп. под ред. И.Н. Жестковой. – Машиностроение, 2006. – 928 с.

2. Захаров Н.С. Влияние сезонных условий на процессы изменения качества автомобилей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – Тюмень, 2000. – 40 с.

3. Карнаухов Н.Н. Приспособление строительных машин к условиям Российского Севера и Сибири. – М.: Недра, 1994. – 351 с.

4. Конев В.В., Бородин Д.М., Проботюк В.В. Разработка системы утилизации тепла для вакуумной машины // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 2, часть 1. – С. 65–69. http://www.fundamental-research.ru/pdf/2016/2016_2_1.pdf.

5. Коммунальные машины и оборудование: учебное пособие для вузов / А.И. Доценко. – М.: Архитектура-С, 2005. – 343 с.

6. КО-505А.00.00.000 РЭ и автомобиля КамАЗ. Руководством по эксплуатации машины. г. Арзамас, Арзамасский завод коммунального машиностроения, – 2013.

7. Петров Ю. Операция «Ассенизация» // Основные Средства № 7/2005. – URL: os1.ru/article/communal/2005_07_A_2005_10_03-11_02_19.

8. Петров А.И. Эффективное использование автомобилей в погодно-транспортных условиях // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 5. – С. 41–44.

9. Чмиль В.П., Чмиль Ю.В. Устройство предпускового подогрева гидравлического привода машины и способ его очистки от твердых продуктов неполного сгорания топлива Патент № 2432434 Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», заявл. 28.10.2009.

10. Чайников Д.А. Оценка эксплуатации: суровость и норма // Мир транспорта. – 2009. – № 3. – С. 66–70.

11. Щемелев А.М. Машины для коммунального хозяйства: учеб. пособие / А.М. Щемелев, А.В. Вавилов; под ред. А.М. Щемелева. – Минск: Технопринт, 2003. – 400 с.

12. Merdanov Sh., Konev V., Sozonov S. Experimental research planning heat training hydraulic motors: Scientific enquiry in the contemporary, world: theoretical basics and innovative approach, Vol. 5. – Technical Sciences. Research articles, B&M Publishing (San Francisco, California, USA) 2014. – P. 113–117.

References

1. Anurev V.I. Spravochnik konstruktora mashinostroitelja: v 3-h t. T. 1. 9-e izd., pererab. i dop. pod red. I.N. Zhestkovoj. Mashinostroenie, 2006. 928 p.

2. Zaharov, N.S. Vlijanie sezonnyh uslovij na processy izmenenija kachestva avtomobilej / N.S. Zaharov: avtoreferat dis. d-ra tehn. nauk. Tjumen, 2000. 40 p.

3. Karnauhov N.N. Prisposoblenie stroitelnyh mashin k uslovijam Rossijskogo Severa i Sibiri. M.: Nedra, 1994. 351 p.

4. Konev V.V., Borodin D.M., Probotjuk V.V. Razrabotka sistemy utilizacii tepla dlja vakuumnoj mashiny Fundamentalnye issledovanija no. 2 2016 chast 1 pp. 65–69. http://www.fundamental-research.ru/pdf/2016/2016_2_1.pdf.

5. Kommunalnye mashiny i oborudovanie: uchebnoe posobie dlja vuzov / A.I. Docenko. M.: Arhitektura-S, 2005. 343 p.

6. KO-505A.00.00.000 RJe i avtomobilja KamAZ. Rukovodstvom po jekspluatacii mashiny. g. Arzamas, Arzamasskij zavod kommunalnogo mashinostroenija, 2013.

7. Petrov Ju. Operacija «Assenizacija» // Osnovnye Sredstva no. 7/2005. URL: os1.ru/article/communal/2005_07_A_2005_10_03-11_02_19.

8. Petrov A.I. Jeffektivnoe ispolzovanie avtomobilej v pogodno-transportnyh uslovijah // Avtotransportnoe predprijatie. 2011. no. 5. pp. 41–44.

9. Chmil V.P., Chmil Ju.V. Ustrojstvo predpuskovogo podogreva gidravlicheskogo privoda mashiny i sposob ego ochistki ot tverdyh produktov nepolnogo sgoranija topliva Patent no. 2432434 Ros. Federacija, zajavitel i patentoobladatel GOU VPO «Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitelnyj universitet», zajavl. 28.10.2009.

10. Chajnikov D.A. Ocenka jekspluatacii: surovost i norma // Mir transporta. 2009. no. 3. pp. 66–70.

11. Shhemelev A.M. Mashiny dlja kommunalnogo hozjajstva: ucheb. posobie / A.M. Shhemelev, A.V. Vavilov; pod red. A.M. Shhemeleva. Minsk: Tehnoprint, 2003. 400 p.

12. Merdanov Sh., Konev V., Sozonov S. Experimental research planning heat training hydraulic motors: Scientific enquiry in the contemporary, world: theoretical basiss and innovative approach, Vol. 5. Technical Sciences. Research articles, B&M Publishing (San Francisco, California, USA) 2014. pp. 113–117.