УДК 621.01/.03

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЛЯ ВАКУУМНОЙ МАШИНЫ

Конев В.В., Бородин Д.М., Проботюк В.В., Гордиевских А.В.

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

При эксплуатации зданий, дорог для очистки выгребных ям и канализационных колодцев, транспортирования и выгрузки в местах утилизации жидких отходов используются вакуумные ассенизационные машины. Работа данных машин проводится в течение всего года при различных природно-климатических условиях. В условиях низких отрицательных температур (ниже минус 20°С) возникают проблемы с использованием данной техники – перемерзает клапан сигнально-предохранительного устройства. Это способствует возникновению разреженности воздуха внутри цистерны при ее охлаждении и дальнейшему ее разрушению. На основе анализа конструкций систем тепловой подготовки агрегатов, узлов машин разработана система тепловой подготовки клапанов использованию тепла отработавших газов ДВС. Расчеты показали, что на примере ассенизационной машины КО-505А, оснащенной двигателем КАМАЗ 740.62, теряется более 20% тепла при сгорании топлива в ДВС. Этого тепла будет достаточно для прогрева клапанов. Определены основные направления дальнейшего исследования системы тепловой подготовки.

Ключевые слова: коммунальная машина, ассенизационная машина, тепловая подготовка, клапан, утилизация тепла, низкие отрицательные температуры

DEVELOPMENT HEAT RECOVERY SYSTEM FOR VACUUM MACHINES

Konev V.V., Borodin D.M., Probotyuk V.V., Gordievskikh A.V.

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

When maintenance of buildings, roads for cleaning cesspools and sewer manholes, transportation and unloading in places of disposal of liquid waste, used vacuum sewage truck. The work of these machines is conducted throughout the year in different climatic conditions. With low freezing temperatures (below minus 20°C) there are problems with using this technique – freeze valve signal-safety devices.It contributes to the thinner air inside the tank as it cools and its further destruction. Based on the analysis of thermal systems designs training units, units of machines developed a system of thermal preparation of valves through the use of the waste heat of the engine. Calculations showed that the example of sewage truck KO-505A-powered KAMAZ 740.62 lost more than 20% of the heat from the combustion of fuel in internal combustion engines. This heat is sufficient to warm the valves. The basic directions of the further research of the thermal preparation.

Keywords: communal machine, sewage truck, heat training, valve, heat recovery, low negative temperatures

В городском хозяйстве при эксплуатации дорог, зданий применяются различные коммунальные машины. Применение машин осуществляется в течение всего года в различных природно-климатических условиях. От эффективности использования коммунальных машин зависит функционирование, развитие инфраструктуры населенных пунктов и, главное, обеспечение благополучной санитарной обстановки, безопасности жизнедеятельности человека [4, 10].

В содержание коммунального хозяйства входит очистка выгребных ям и канализационных колодцев, транспортирование и выгрузка в местах утилизации жидких отходов, не содержащих горючих и взрывоопасных веществ. Для этого применяются вакуумные ассенизационные машины.

Распространение получили перевозные и самоходные ассенизационные машины на различном автомобильном шасси. Самая малочисленная группа ассенизационных машин – вакуумные прицепы-цистерны, которые устанавливаются к тракторам. В зависимости от емкости цистерны ассенизационные машины делят на малый класс, до 4 м^3 – («Газель», «Бычок»), машины среднего класса, от 4 до 8 м^3 – («ГАЗ, «ЗИЛ») и машины большого класса на шасси, более 8 м^3 – «КамАЗ», «МАЗ» и «Урал». В настоящее время около 13 заводов в России выпускают свыше 50 моделей вакуумных машин на разных шасси [8]. Известны марки ассенизационных машин: КО-505А, КО-523, КО-520, КО-503В, КО-529, КО-520Д, КО-522, МК-10А, производителей: «КОММАШ», «Курганд ормаш», «Карловский механический завод», «Ржевский ремонтно-механический завод», Завод «Строммашина», «Энергомаш». Основное достоинство этих машин – низкая цена и удобство техобслуживания и ремонта. Так же эксплуатируются марки машин иностранного производства: Хюндай (Южная Корея),

Zoomlion (Китай), YTO international Ltd (Китай), KOBIT s.r.o. (Чехия), REKORDIA (Германия).

Основными рабочими элементами ассенизационной машины являются:

– цистерна, в которую производится закачка нечистот и других загрязнений, на цистерне расположен люк, для приема. При этом выполняется данная операция без распространения запахов и проливов жидкостей;

– насос вакуумного типа, который всасывает содержимое выгребных ям. Приводится в действие от коробки отбора мощности;

– трубопроводы, через которые происходит транспортирование содержимого выгребных ям, кран, сигнально-предохранительные устройства и электрическое оборудование.

Основными характеристиками машин, определяющими их эффективность, являются:

– время наполнения цистерны, мин;

– время опорожнения цистерны, мин (под давлением);

– производительность вакуум-насоса, м^3/ч;

– вместимость цистерны, м^3;

– глубина очищаемых ям, м.

Очевидно, что чем больше глубина очищаемых ям и вместимость цистерны, тем больше должна быть производительность вакуумного насоса. Размеры цистерны зависят от марки базовой машины (грузоподъемности), на которой она размещается. Снижение времени опорожнения цистерны зависит от производительности нагнетательного насоса.

Работа ассенизационной машины осуществляется за счет разрядки вакуумного насоса. В результате этого начинается наполнение цистерны. Контроль за наполнением (исключение переполнения цистерны и попадания грязи в жерло насоса) проводит защитное оборудование. Управление работой систем ассенизационной машины осуществляется в кабине водителя.

В настоящее время эксплуатация большинства вакуумных ассенизационных машин при температурах ниже –20 °С затруднена, так как происходит замерзание конденсата в предохранительном клапане. Клапан является сигнально-предохранительным устройством, расположенным на верхнем люке цистерны и предназначен для ограничения давления и разрежения в цистерне. При отрицательных температурах происходит охлаждение теплого воздуха в ассенизационной емкости. В результате этого давление в емкости уменьшается, становится ниже атмосферного. В случае замерзания клапана теряется связь атмосферного воздуха окружающей среды (его давления) с давлением в цистерне. В результате разницы избыточного атмосферного давления и манометрического давления в цистерне происходит ее разрушение (рис. 1). Соответственно, эксплуатация машины в дальнейшем невозможна. В технических характеристиках разрежение в цистерне допускается не менее 0,08 МПа.

К примеру, в 2014 году в г. Тюмени температура окружающего воздуха минус 20 °С и ниже в общем составляла 28 дней в году. В эти дни изменяется качество машин [1], большинство ассенизационных вакуумных машин простаивали.

Из-за этого не обеспечивается содержание зданий и возможны отказы в работе коммунальных служб. Невыполнение работы влечет материальные убытки в связи с простоем техники по причине потери работоспособности машины при промерзании клапанов или нарушении правил эксплуатации ассенизационных машин. Поэтому проблема замерзания конденсата в предохранительных клапанах на вакуумных ассенизационных машинах является актуальной и требует решения.

Рис. 1. Разрушение ассенизационной емкости вакуумной машины

В связи с этим целью работы является разработка системы для прогрева клапанов ассенизационной машины.

Рассмотрим системы и устройства, используемые для прогрева агрегатов, узлов машин.

Существуют различные конструкции тепловой подготовки ДВС, гидропривода, к ним относятся электрообогреватели, которые требуют внешнего источника энергии [7, 11]. Также используются автономные средства тепловой подготовки ДВС, осуществляющие его прогрев при сгорании топлива в подогревателе [3, 9]. Локальный прогрев гидропривода электроподогревателями, ее рабочей жидкостью и охлаждающей жидкостью ДВС [11].

При работающем ДВС сам двигатель является источником тепловой энергии. При его работе до 40% энергии, полученной в результате сгорания топлива, преобразуется в работу, остальная энергия (теплота) теряется в системе охлаждения ДВС, излучается с его поверхности, а также выносится с отработавшими газами [5, 9]. Использование тепла выхлопных газов ДВС не требует замкнутых систем, поэтому они получили широкое применение в тепловой подготовке салона и кабины машины, кузова самосвала для предупреждения примерзания строительного материала к кузову [6].

Анализ патентов [3] показал, что исследователями предлагается система прогрева гидробака, в которой поток отработанных газов дизеля, двигаясь по магистральному газопроводу, проходя через заслонку, направляется к теплообменнику, расположенному в гидробаке гидросистемы машины. Горячие газы нагревают стенки теплообменника, которые в свою очередь передают тепло рабочей жидкости, находящейся в гидробаке. При такой подготовке гидрофицированной машины к работе рабочая жидкость разогревается до минимально допустимой температуры или выше, при которой возможно безаварийное прокачивание рабочей жидкости насосом через гидромагистрали.

В разработке [2] предлагается система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода. Прогрев перед началом работы машины осуществляется за счет тепла, накопленного в тепловых аккумуляторах при работе машины в конце смены. При прогреве ДВС антифриз, проходя через теплоаккумулятор, нагревается и передает тепло ДВС. После запуска ДВС осуществляется прогрев гидрооборудования. Это проводится путем использования тепла выхлопных газов ДВС.

Перед разработкой системы утилизации тепла ДВС для прогрева клапанов ассенизационной машины был проведен расчет теплового баланса дизельного двигателя КАМАЗ 740.62 мощностью 280 л.с., установленного на ассенизационной машине КО 505А. Составляющие теплового баланса представлены в таблице.

Анализ результатов расчета показывает, что тепла, выделяемого с отработавшими газами, будет достаточно для прогрева клапанов.

Составляющие теплового баланса

Составляющие теплового баланса	Q, Дж/с	q, %
Теплота, эквивалентная эффективной работе	206000	41
Теплота, передаваемая охлаждающей среде	72200	14
Теплота, теряемая при выходе отработавших газов	105565	21
Неучтенные потери теплоты	118708	24
Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом	502473	100

На основе проведенного анализа систем утилизации тепла предложена система, которая позволяет прогревать при низких отрицательных температурах клапаны ассенизационной машины путем использования тепла отработавших газов ДВС (рис. 2).

Система обогрева клапанов на примере коммунальной машины КО-505А, состоит из заслонки, патрубка, трубопроводов, направляющих полукружий, обогреваемого конденсата сборника, связанных с выхлопной системой базового автомобиля. Система утилизации отработавших газов и обогрева предохранительных клапанов состоит из доработанного установкой заслонки 8 штатного глушителя коммунальной машины КО-505А, тройника 2 и сбрасывателем конденсата 7. Тройник гибкими рукавами соединен с направляющими полукружиями 3, расположенными в передней части люков ассенизационных емкостей 5 и в непосредственной близости от клапанов 4. Сбрасыватель конденсата 7 имеет коаксиальную конструкцию со свободным пространством между внутренней и погружаемой емкостями. В нижней части внутренней емкости присоединен кран, служащий непосредственно для сброса конденсата.

Изобретение позволяет поддерживать клапаны в работоспособном состоянии при температурах приблизительно до минус 50°С путем утилизации тепла отработавших газов ДВС базовой машины.

Система утилизации отработавших газов ДВС и обогрева клапанов коммунальной машины КО-505А работает следующим

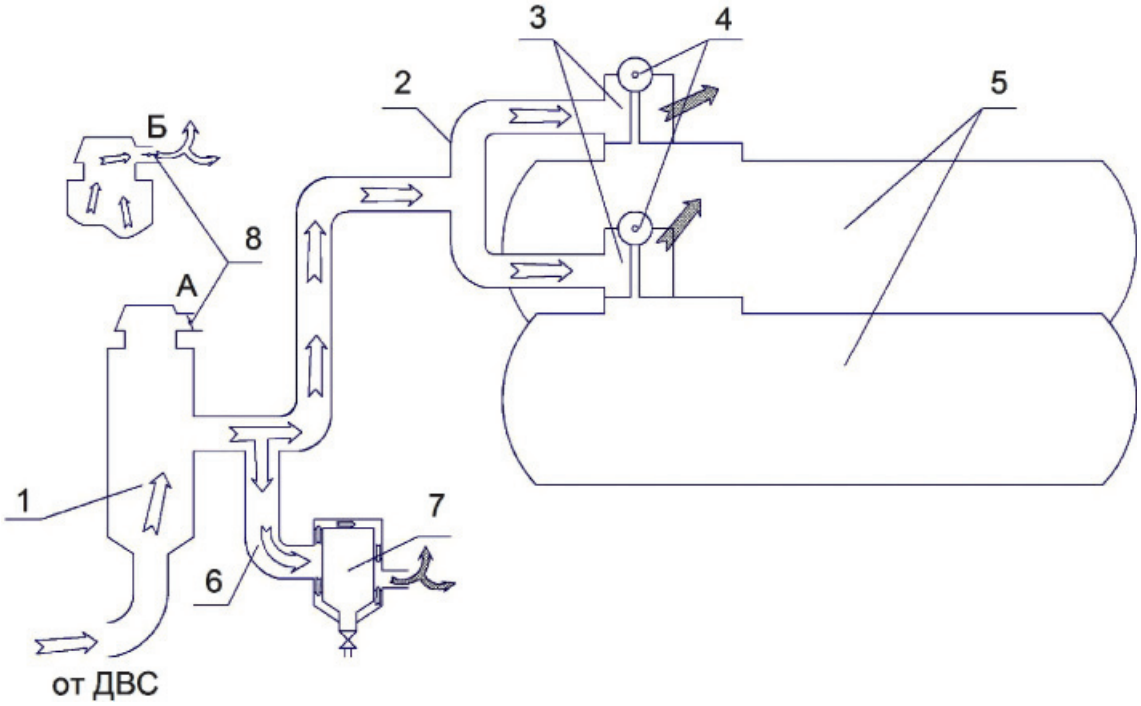

Рис. 2. Схема системы тепловой подготовки клапанов ассенизационной машины: 1 – глушитель; 2 – тройник; 3 – полукружия – направители газов; 4 – клапан; 5 – емкости ассенизационные; 6 – гибкий рукав; 7 – сбрасыватель конденсата; 8 – заслонка; светлые стрелки – путь горячих отработавших газов; тёмные стрелки – путь газов, отдавших тепло

образом. Отработавшие газы попадают в глушитель, в котором дополнительно установлена заслонка 8, к глушителю приварен тройник 2. При снижении температуры ниже –20°С заслонка 8 открывается водителем, и горячие газы попадают через тройник 2, подводятся к обоим клапанам 4 посредством направляющих полукружий 3, находящимся на верхней части ёмкостей коммунальной машины КО505А. После того как отработавшие газы отдадут часть своего тепла арматуре клапанов 4, они выбрасываются в атмосферу. В нижней точке системы установлен коаксиальный резервуар 7. Ввиду того, что при низкой температуре конденсат может замёрзнуть, коаксиальный резервуар 7 выполнен с двойными стенками. Часть отработавших газов направляется между стенками и таким образом обогревает конденсат, который удаляется через кран, расположенный в нижней части коаксиального резервуара.

Дальнейшие исследования системы тепловой подготовки клапанов ассенизационной машины содержат разработку и изготовление экспериментального образца, проверку работоспособности. После определения предварительного экономического эффекта от использования разработки предполагается создание промышленного образца. При тепловой подготовке клапанов отработавшими газами ДВС на поверхности стенок трубопроводов и полукружий направителей газов будут образовываться осевшие на них твердые частицы. В соответствии с этим необходимо рассмотреть методы и средства обслуживания системы с выработкой рекомендаций по применению, монтажу и демонтажу.

Список литературы

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

2. Карнаухов Н.Н., Конев В.В., Разуваев А.А., Юринов Ю.В. Система предпусковой тепловой подготовки ДВС и гидропривода Пат. 2258153 Рос. Федерация, МПК7 F02N 17/06; заявитель и патентообладатель ТюмГНГУ. – № 2004104477/06; заявл. 16.02.2004; опубл. 10.08.2005, Бюл. № 22.

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

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

5. Конев В.В. Утилизация тепла отработавших газов ДВС // межвуз. сб. науч. трудов «Приспособленность машин к суровым условиям эксплуатации». – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-с.22.

6. Кукис В.С. Оценка возможности утилизации энергии отработавших газов ДВС / Двигателестроение. – 1990. – № 10. – С. 3–5.

7. Мерданов Ш.М. и др. Исследование и разработка системы тепловой подготовки гидропривода строительно-дорожных машин / Ш.М. Мерданов, Ю.Я. Якубовский, В.В. Конев, М.М. Карнаухов //Строительные и дорожные машины. – 2013. – № 1. – С. 27–29.

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

9. Совершенствование системы предпусковой тепловой подготовки двигателя землеройной машины (на примере двигателя экскаватора ЭО-4121А): дис. ... канд. техн. наук / В.В. Конев. – Тюмень, 2002. – 137 с.

10. 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.

11. Thermal preparation of the trailbuilder fluid drive / Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. WIT Transactions on Ecology and the Environment. – 2014. – T. 190, Vol. 1. – P. 697–706.

References

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

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

3. Karnauhov N.N., Konev V.V., Razuvaev A.A., Jurinov Ju.V. Sistema predpuskovoj teplovoj podgotovki DVS i gidroprivoda Pat. 2258153 Ros. Federacija, MPK7 F02N 17/06; zajavitel i patentoobladatel TjumGNGU. no. 2004104477/06; zajavl. 16.02.2004; opubl. 10.08.2005, Bjul. no. 22.

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

5. Konev V.V. Utilizacija tepla otrabotavshih gazov DVS // mezhvuz. sb. nauch. trudov «Prisposoblennost mashin k surovym uslovijam jekspluatacii». Tjumen: TjumGNGU, 2001. pp. 22.

6. Kukis V.S. Ocenka vozmozhnosti utilizacii jenergii otrabotavshih gazov DVS / Dvigatelestroenie, 1990, no. 10, pp. 3–5.

7. Merdanov Sh.M. i dr. Issledovanie i razrabotka sistemy teplovoj podgotovki gidroprivoda stroitelno-dorozhnyh mashin / Sh.M. Merdanov, Ju.Ja. Jakubovskij, V.V. Konev, M.M. Karnauhov // Stroitelnye i dorozhnye mashiny. 2013 no. 1. pp. 27–29.

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

9. Sovershenstvovanie sistemy predpuskovoj teplovoj podgotovki dvigatelja zemlerojnoj mashiny (na primere dvigatelja jekskavatora JeO-4121A) Konev V.V. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk Tjumen, 2002. 137 p.

10. 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.

11. Konev V., Merdanov S., Karnaukhov M., Borodin D. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2014. T. 190, Vol. 1. pp. 697–706.