

ОЧИСТКА ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПЕРЕД РЕМОНТОМ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ)

Шемякин Александр Владимирович, доктор технических наук, зав. кафедрой «Организация транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности», shem.alex62@yandex.ru

Терентьев Вячеслав Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности», vvt62ryazan@yandex.ru

Кузин Евгений Геннадьевич, аспирант кафедры «Организация транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности», romre@mail.ru

ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева

390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, тел. 8(4912)358831,

e-mail: university@rgatu.ru

Ключевые слова: очистка, двигатель, эксперимент, струя, кавитация.

Целью исследования является повышение эффективности процесса очистки деталей двигателей внутреннего сгорания от загрязнений перед ремонтом. Задача исследования - обоснование параметров и режимов работы моечной установки ледно-кавитационного действия. Экспериментальные исследования выполнены на специально изготовленных установках с использованием стандартных и частных методик и применением методики планирования эксперимента. Результаты полученных экспериментальных данных обработаны методами математической статистики с применением ЭВМ. В ходе проведения лабораторных исследований было установлено, что оптимальными параметрами ледно-кавитационного устройства, для достижения максимальной степени очистки поверхностей двигателей внутреннего сгорания, являются внутренний диаметр насадки $d_b = 5$ мм, длина насадки $l = 147$ мм, степень насыщения углекислотой $V = 6...7\%$ и давление моющей жидкости $P = 6$ МПа. Установлено, что максимальная степень очистки ледно-кавитационной установкой и повышение производительности достигается в большем диапазоне расстояний между соплом и очищаемой поверхностью по сравнению с другими подобными конструкциями. В ходе сравнительных исследований разработанной технологии ледно-кавитационной очистки двигателей внутреннего сгорания с другими технологиями очистки было установлено, что трудоемкость технологического процесса снизилась на 0,75 чел.·ч по сравнению с технологией водо-пескоструйной очистки и на 0,05 чел.·ч по сравнению с технологией очистки струями высокого давления. По сравнению с водо-пескоструйной технологией затраты электроэнергии снизились в среднем на 0,2...0,35 кВт·ч и на 0,4...0,8 кВт·ч по сравнению с технологией очистки струями высокого давления.

Введение

В технологическом процессе ремонта двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственных машин большое значение имеет процесс очистки и мойки деталей от различных видов загрязнений. Высокое качество ремонта может быть достигнуто только при качественной очистке деталей от скапливающихся в процессе эксплуатации загрязнений, таких как нагар, накипь, асфальто-смолистые и лаковые отложения и другие [1, 2, 3, 4]. Наличие на поверхностях деталей загрязнений значительно снижает качество ремонтных работ и ухудшает санитарно-гигиенические условия труда.

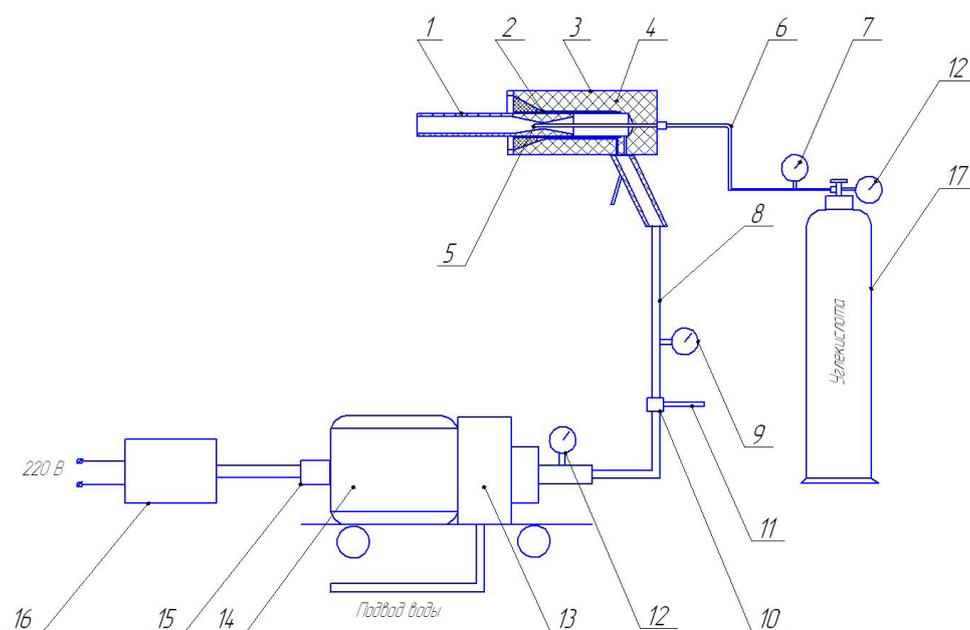
Объекты и методы исследований

Проведенные научные исследования показали, что для получения более высокого качества очистки деталей двигателей внутреннего сгорания перед ремонтом перспективным является использование энергии ледно-кавитационной струи. Физическая сущность воздействия

такой струи заключается в ее способности эффективно разрушать загрязнения за счет воздействия на них ледяных гранул углекислоты, причем эти гранулы значительно ускоряются при схлопывании кавитационных пузырьков в потоке жидкости [4].

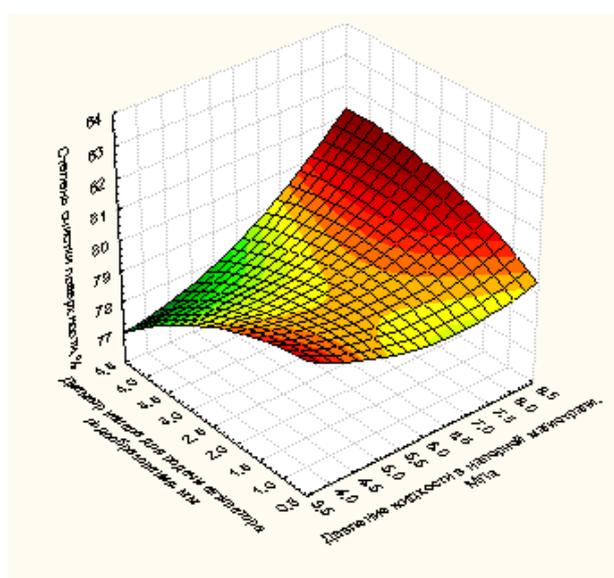
Механическое воздействие ледяных частиц углекислоты на поверхность загрязнения приводит к его полному разрушению. При ударе гранулы углекислоты о поверхность возникает эффект сублимации (частица переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу). При этом выделяется значительное количество энергии, достаточное для разрушения любого загрязнения. Гранулы углекислоты после сублимации не оставляют на поверхности деталей следов и не повреждают ее, а вода смывает разрушенные загрязнения [4, 5, 6].

Сотрудниками Рязанского ГАТУ была усовершенствована технология и создана экспериментальная установка для очистки деталей дви-

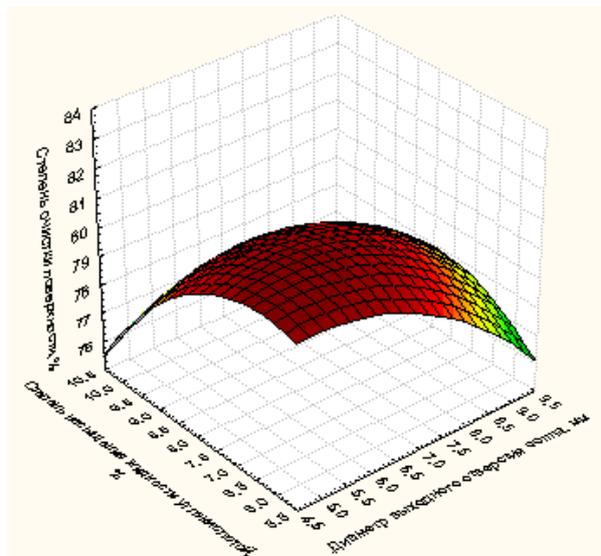


1 – насадка; 2 – ледно-кавитационное сопло; 3 – корпус; 4 – ледно-кавитационный пистолет; 5 – канал для подачи углекислоты; 6 – магистраль для подачи углекислоты; 7 – расходомер углекислотный; 8 – магистраль для подачи мощней жидкости; 9 – расходомер жидкостной; 10 – перепускной клапан; 11 – перепускная магистраль; 12 – манометр; 13 – насос высокого давления; 14 – электродвигатель; 15 – пусковое устройство; 16 – электрический щиток; 17 – баллон с углекислотой

Рис. 1 - Экспериментальная установка



а)



б)

Рис. 2 - Зависимости степени очистки загрязненных поверхностей, %: а) от давления жидкости в напорной магистрали, МПа, и диаметра канала для подачи углекислоты, мм; б) от диаметра выходного отверстия сопла, мм, и степени насыщения жидкости углекислотой, %

гателей внутреннего сгорания перед ремонтом (рисунок 1).

Рабочий процесс установки происходит следующим образом. Насос подает воду в моечный пистолет. В пистолете создается давление, и при прохождении жидкости через резко сужающийся канал (кавитационный генератор) в ней

образуются кавитационные пузырьки. Далее в образовавшуюся водно-кавитационную струю подают углекислоту при температуре -70°C . При этом в струе жидкости образуются ледяные гранулы. Ледяные гранулы, движущиеся в кавитационном потоке, используя энергию схлопывания пузырьков, разгоняются и подаются на по-

Таблица 1

Результаты сравнительных исследований

Наименование способа очистки	Марка установки	Марка двигателя	Эксплуатационные показатели				
			Трудоемкость, чел.хч	Затраты электроэнергии, кВтхч	Расход моющего раствора, м ³	Удельные затраты денежных средств, руб./м ²	Остаточное загрязнение, %
Мойка струями низкого давления + химический способ	ОМ-887	Д-240	0,67	48,81	0,55	1,03	5
		А-41	0,7	48,91	0,58	1,04	5
		СМД-62	1,15	112,4	1,1	1,18	6
Мойка струями высокого давления + химический способ	ОМ-9312	Д-240	0,55	51,1	0,35	0,88	4
		А-41	0,57	51,3	0,37	0,91	3,8
		СМД-62	0,73	60,2	0,47	0,66	5,6
Водопескоструйная очистка + мойка струями высокого давления	ОМ-3181 ОМ-9312	Д-240	0,52	3,5	0,35	0,158	2
		А-41	0,54	4,2	0,4	0,16	3
		СМД-62	0,62	5,4	0,49	0,14	3,2
Ледно-кавитационная очистка	Экспериментальная	Д-240	0,4	0,775	0,075	0,062	1
		А-41	0,42	0,837	0,081	0,053	0,5
		СМД-62	0,5	1,3	0,126	0,06	1,5
Кавитационная очистка	Экспериментальная	Д-240	0,42	0,775	0,075	0,045	2
		А-41	0,44	0,837	0,081	0,047	2
		СМД-62	0,57	1,3	0,126	0,052	3

верхность очищаемых деталей [5, 6, 7, 8].

С помощью регулировок, предусмотренных в конструкции установки, можно задавать два режима работы установки: «кавитационный» и «ледно-кавитационный».

«Кавитационный» режим предназначен для очистки слабо- и среднесвязанных загрязнений. «Ледно-кавитационный» режим предназначен для очистки сильносвязанных загрязнений.

При проведении исследований с использованием экспериментальной установки были получены необходимые данные, которые были обработаны с помощью программы Statistica. В результате обработки были построены трехмерные графики зависимости степени очистки загрязненных поверхностей от основных параметров экспериментальной установки (рис. 2) [9,10].

Результаты исследований

Анализ результатов лабораторных исследований и зависимостей, приведенных на рис.

2, показал, что оптимальными параметрами ледно-кавитационного устройства, при которых достигается максимальная степень очистки поверхностей деталей двигателей внутреннего сгорания, являются: степень насыщения жидкости углекислотой 6,5 %; давление жидкости в напорной магистрали - 5,6 МПа; диаметр выходного отверстия сопла 5,4 мм; диаметр канала для подачи углекислоты 1,6 мм. В ходе проведения исследований экспериментальной установки были получены ее эксплуатационные показатели, которые отличаются в лучшую сторону от аналогичных показателей наиболее часто применяемых установок отечественного и зарубежного производства (табл. 1).

Приведенные в таблице данные подтверждают энергоэффективность предлагаемой технологии очистки деталей. По сравнению с водо-пескоструйной технологией и с технологией очистки струями высокого давления затраты электроэнергии снизились в среднем на 0,2...0,35 кВтхч и на 0,4...0,8 кВтхч соответствен-

но. Кроме того, было установлено, что трудоемкость технологического процесса снизилась на 0,75 чел.хч по сравнению с технологией водопескоструйной очистки и на 0,05 чел.хч по сравнению с технологией очистки струями высокого давления. Годовой экономический эффект от внедрения экспериментальной установки ледно-кавитационного действия составил для двигателя А-41 – 12735 руб., для двигателя СМД-62 – 21123 руб., для двигателя Д-240 – 14752 руб.

Выводы

Внедрение предложенных технологий и средств автоматизации в хозяйствах Рязанской области позволило более эффективно очищать детали двигателей внутреннего сгорания перед ремонтом, улучшить условия труда обслуживающего персонала [11], а также повысить безопасность процесса.

Библиографический список

1. Повышение эффективности очистки и мойки сельскохозяйственных машин / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев, М.Б. Латышенко, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Министерство сельского хозяйства РФ ФГБОУ ВО РГАТУ – Рязань, 2016. – 102 с.
2. Экспериментальная установка для очистки сельскохозяйственной техники / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.В. Гайдуков, Е.Ю. Шемякина // Механизация и электрификация. – № 6. – М., 2008. – С. 29-30.
3. Централизованное техническое обслуживание сельскохозяйственной техники в межсезонный период / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, Е.Ю. Шемякина, Е.М. Астахова // Механизация и электрификация. – № 7. – М., 2009. – С. 16-17.
4. Экспериментальная установка для очистки двигателей перед ремонтом / А.В. Ше-

мякин, В.В. Терентьев, А.М. Баусов, К.А. Жильцов, В.Н. Володин // Вестник АПК Верхневолжья. – № 1 (13). – 2011. – С. 82-83.

5. Шемякин, А.В. Теоретическое обоснование очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии кавитации / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова // Научный альманах. – № 10-3. – Тамбов, 2016. – С. 336-339.

6. Shemyakin, A.V. Experimental researches of agricultural machinery engines cleaning by icy and cavitation jet / A.V. Shemyakin, V.V. Terentyev, N.M. Morozova, A.V. Kirilin // Modern Science. – № 10. – 2016. – С. 34-37.

7. Шемякин, А.В. Установка для очистки сельскохозяйственных машин перед ремонтом / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова // Научный альманах. – № 10-3. – Тамбов, 2016. – С. 340-343.

8. Шемякин, А.В. Устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием энергии вращающейся жидкостной струи / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Вестник РГАТУ. – № 3. – Рязань, 2016. – С. 77-80.

9. Шемякин, А.В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств : дисс. ... д-ра техн. наук // А.В. Шемякин – Мичуринск, 2014. – 324 с.

10. Шемякин Александр Владимирович. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: специальность 05.20.03 / А.В. Шемякин – Мичуринск, 2014. – 39 с.

11. Улучшение условий труда операторов моечных установок / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, Е.Ю. Шемякина, Е.М. Астахова, Н.М. Тараканова // Вестник РГАТУ. – № 1. – 2010. – С. 46-47.

CLEANING OF AGRICULTURAL MACHINE ENGINES BEFORE REPAIRS (EXPERIMENTAL RESEARCH)

Shemyakin A.V., Terentev V. V., Kuzin E.G.

FSBEI HE Ryazan state agro technical university named after P.A. Kostychev

390044, Ryazan, Kostycheva st., 1

Tel.: 8(4912)358831, e-mail: university@rgatu.ru

Key words: cleaning, engine, experiment, stream, cavitation.

The aim of the study is to increase the efficiency of the cleaning process of parts of internal combustion engines from contamination before repair. The objective of the study is justification of parameters and modes of operation of a washing plant of icy and cavitation action. Experimental research was carried out on specially made devices with application of standard and individual methods and method of experiment design. Results of obtained experimental data were processed with methods of mathematical statistics and application of ECM. In the run of the laboratory research, it was stated that suitable parameters of icy and cavitation plant, in order to achieve highest cleaning level of combustion engine surfaces, are inner nozzle diameter of $d_n = 5$ mm, nozzle length - $l = 147$ mm, degree of carbon dioxide saturation - $V = 6..7$ % and pressure of washing liquid - $P = 6$ MPa. It is stated that maximum level of cleaning with icy and cavitation plant and productivity increase is achieved in a greater range of distance between the nozzle and the washed surface in comparison with other similar constructions. In the run of the comparative research of the devised technology of icy and cavitation combustion engine cleaning with other cleaning technologies, it was stated that labour intensity of technological process decreased by 0,75 man hour in comparison with aqua – sand blast cleaning technol-

ogy and by 0,05 man hour compared to technology of cleaning with high pressure streams. In comparison with aqua – sand blast cleaning technology, electricity costs reduced, on average, by 0,2...0,35 kWh, and by 0,4...0,8 kWh compared to technology of cleaning with high pressure streams.

Bibliography

1. Efficiency increase of cleaning and washing of agricultural machines / N.V. Byshov, S.N. Borychev, G.D. Kokorev, M.B. Latyshonok, G.K. Rembalovich, I.A. Uspenskiy, V.V. Terentev, A.V. Shemyakin // Ministry of Agriculture of the Russian Federation FSBEI HE RSATU - Ryazan, 2016. – 102 p.
2. Experimental device for cleaning of agricultural machinery / A.V. Shemyakin, V.V. Terentev, K.V. Gaidukov, E.YU. Shemyakina // Mechanization and electrification. – № 6. – M., 2008. – pp. 29-30.
3. Unified technical support of agricultural machinery in off-season period / A.V. Shemyakin, M.B. Latytsonok, E.YU. Shemyakina, E.M. Astakhova // Mechanization and electrification. – № 7. – M., 2009. – pp. 16-17.
4. Experimental device for engine cleaning before repairs / A.V. Shemyakin, V.V. Terentev, A.M. Bausov, K.A. Zhiltsov, V.N. Volodin // Vestnik of AIC of Upper Volga region. – № 1 (13). – 2011. – pp. 82-83.
5. Shemyakin, A.V. Theoretical basis of cleaning of agricultural machines with application of cavitation energy/ A.V. Shemyakin, V.V. Terentev, N.M. Morozova // Scientific antholog. – № 10-3. – Tambov, 2016. – pp. 336-339.
6. Shemyakin, A.V. Experimental researches of agricultural machinery engines cleaning by icy and cavitation jet / A.V. Shemyakin, V.V. Terentyev, N.M. Morozova, A.V. Kirilin // Modern Science. – № 10. – 2016. – pp. 34-37.
7. Shemyakin, A.V. Device for engine cleaning before repairs / A.V. Shemyakin, V.V. Terentev, N.M. Morozova // Scientific antholog. – № 10-3. – Tambov, 2016. – pp. 340-343.
8. Shemyakin, A.V. Device for cleaning of agricultural machines with application of rotating liquid jet energy / A.V. Shemyakin, V.V. Terentev, N.M. Morozova, S.A. Kozhin, A.V. Kirilin // Vestnik of RSATU. – № 3. – Ryazan, 2016. – pp. 77-80.
9. Shemyakin, A.V. Improvement of process management, connected with storage of agricultural machines in the conditions of small and farm units: dissertation of Doctor of Technical Sciences // A.V. Shemyakin - Michurinsk, 2014. – 324 p.
10. Shemyakin Aleksandr Vladimirovich. Improvement of process management, connected with storage of agricultural machines in the conditions of small and farm units: author's abstract of dissertation of Doctor of Technical Sciences: 05.20.03 // A.V. Shemyakin - Michurinsk, 2014. – 39 p.
11. Improvement of working conditions of handlers of washing plants / A.V. Shemyakin, M.B. Latyshonok, E.YU. Shemyakina, E.M. Astakhova, N.M. Tarakanova // Vestnik of RSATU. – № 1. – 2010. – pp. 46-47.