

Аналогично, используя формулу (3) или (4), можем определить по начальной мощности механических потерь и температуре масла необходимую продолжительность обкатки и для других, более длительных режимов, с  $\bar{v} < 28 \text{ Вт/мин}$ , при этом сокращение длительности будет более чем на 30 %.

Для предприятия с годовой программой ремонта 697 двигателей чистый дисконтированный доход составляет 1517 у. е., срок возврата капитальных вложений – 2,1 года при годовой экономии 2,4 тонны дизтоплива и 12616 кВт·ч электроэнергии.

### Литература

1. Сельское хозяйство: статистический сборник. – Минск: РУП «ИВЦ Национального статистического комитета РБ», 2017. – 232 с.
2. Коваленко, Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей / Н. А. Коваленко, В. П. Лобах, Н. В. Вепринцев. – Минск: Новое знание, 2008. – 352 с.
3. Соловьев, Р. Ю. Современная концепция обслуживания и ремонта / Р. Ю. Соловьев, В. М. Михлин, А. В. Колчин // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1. – С. 12–15.
4. Петросов, В. В. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник / В. В. Петросов. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 224 с.
5. Модернизация изношенных двигателей фирмы «Caterpillar» // Техника и оборудование для села. – 2007. – № 2. – С. 39.
6. Стрельцов, В. В. Ресурсосберегающая ускоренная обкатка отремонтированных двигателей / В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М.: Колос, 1995. – 175 с.
7. Исследование мощности механических потерь в зависимости от времени, температуры масла и скорости изменения режимов обкатки / Л. И. Бурганская [и др.] // Агротракторостроение. – 2006. – № 1. – С. 27–31.
8. Трубилов, А. К. Безразборная оценка послеремонтного ресурса автотракторных дизелей по комплексному критерию качества в период 60-часовой стендовой обкатки: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / А. К. Трубилов. – Минск, 1999. – 206 л.
9. Турчак, Л. И. Основы численных методов / Л. И. Турчак, П. В. Плотников // Москва: Физматлит, 2002. – 374 с.

УДК 631.3 (075.8)

Поступила в редакцию 17.11.2017  
Received 17.11.2017

**В. В. Мирутко, Е. В. Семин, А. С. Гуль**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: kauzzz@yandex.ru*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ДВИГАТЕЛЯ И ЕГО ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ**

В статье обоснована комбинированная схема очистки двигателя и его деталей на основе гидродинамической очистки высоконапорным аппаратом с комплектом специальных адаптеров и биоразлагаемых технических моющих средств. Основной целью работы является разработка ресурсосберегающей технологии очистки двигателя и его деталей при ремонте, наиболее полно отвечающей техническим, санитарным, экологическим требованиям и экономическим возможностям ремонтно-обслуживающих предприятий АПК.

*Ключевые слова:* двигатель, очистка, загрязнения, моечная установка.

**V. V. Mirutko, E. V. Siomin, A. S. Gul**

*Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university»  
Minsk, Republic of Belarus  
e-mail: kauzzz@yandex.ru*

### **IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF CLEANING OF ENGINE AND PARTS DURING REPAIR**

In the article combined scheme of purification of the engine and its parts based on hydrodynamic high-pressure cleaning apparatus with a set of special adapters technical and biodegradable detergents. The main goal of this work is development of resource-saving technology of cleaning of the engine and its parts for the repair,

most fully meet the technical, sanitary and ecological requirements and economic possibilities of repair-serving enterprises of agroindustrial complex.

*Keywords:* engine, cleaning, contamination, washing machine.

## Введение

Очистка двигателя и его деталей от загрязнений является одним из важнейших факторов, влияющих на ресурс отремонтированного двигателя. От совершенства технологии и моечных установок зависят качество очистки изделий, производительность труда, культура производства, безошибочный контроль, дефектация деталей и в конечном счете себестоимость как процесса очистки, так и всего ремонта двигателя в целом. Работы по очистке двигателя и его деталей остаются наиболее трудоемкими, малоэффективными и экологически небезопасными. Некачественная очистка блоков цилиндров и их головок от нагара и накипи приводит к снижению эффективной мощности двигателей на 5–8 %, увеличению расхода горюче-смазочных материалов на 10–20 %. Из-за некачественной очистки деталей в процессе сборки дизелей послеремонтный ресурс снижается на 25–30 % [1].

### Анализ существующих технологий очистки двигателя и его деталей при ремонте и обоснование технических средств обеспечения

Изучение состояния вопроса по рассматриваемой проблеме [1–6] указывает на зависимость технологии очистки двигателя и его деталей при ремонте и технических средств ее обеспечения от вида и места проводимого ремонта. Наибольшую трудоемкость и повышенные требования к качеству очистки имеют технологии очистки двигателя и его деталей при проведении капитального ремонта. При этом качество очистки основных деталей (блока и головки блока цилиндров, коленчатого и распределительного валов, гильзы, поршня, шатуна) является одним из основных факторов, определяющих уровень технологии ремонта двигателей. На их поверхности образуются многочисленные загрязнения: эксплуатационные – нагар, накипь, асфальто-смолистые и лаковые отложения (осадки), продукты износа и коррозии, остатки лакокрасочных покрытий; технологические – стружка, окалина, притирочные пасты, остатки эмульсии, абразив, пыль и др. Рекомендуемые к применению моющие средства достаточно эффективны, но, несмотря на это, ни одно из них не может удалить весь спектр загрязнений одновременно. Поэтому по типовым технологиям базовые детали двигателей подвергают сложной многостадийной очистке.

Проблема очистки двигателя и его деталей при ремонте усложняется также наличием большого спектра удаляемых загрязнений, имеющих различные свойства и способы удаления, при необходимости выполнения жестких технических, санитарных и экологических требований. Это можно проследить, проанализировав приведенные ниже способы удаления различных типов загрязнений.

*Очистка от нагара.* Наиболее сложно и трудоемко очищать детали от нагара, так как он содержит нерастворимые и малорастворимые компоненты. Нагар удаляют различными способами: механическим – шабером, стальными щетками и т.п.; термическим – нагрев деталей до 600–700 °С и постепенное охлаждение вместе с печью; струйным; химико-термическим и другими. При гидроабразивной очистке на нагар воздействуют струей воды с кварцевым песком. Основным энергоносителем является сжатый воздух, который увлекает абразивную жидкость и с большой скоростью выбрасывает ее на деталь. Лучшие результаты по удалению нагара дает струйная очистка косточковой крошкой, флюсом, аморфным стеклом, чугуновой крошкой. Флюсы, в отличие от косточковой крошки, можно многократно использовать. Загрязненный флюс очищают прокаливанием при температуре 200–250 °С. Химические способы очистки деталей от нагара малопродуктивны и не обеспечивают полного его удаления, особенно с деталей сложной конфигурации.

*Очистка от накипи.* При использовании в двигателях в качестве охлаждающей жидкости жесткой воды на стенках водяных рубашек образуется накипь – твердый нерастворимый осадок. Отложение накипи отрицательно сказывается на работе двигателей. Так, при толщине накипи

около одного миллиметра температура внутренних стенок цилиндров повышается на 25 °С, что увеличивает их износ на 12 %. Накипь настолько прочно пристает к стенкам водяной рубашки, что для ее удаления необходимо применять специальные химические реактивы. Накипь образуется при нагреве воды в основном из солей кальция и магния в виде бикарбонатов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ .

Наиболее эффективным средством удаления накипи (и продуктов коррозии), как установлено в работах МГАУ, является состав МСД-1: оксиэтилидендифосфоновая кислота – 10–40 г/л и тиомочевина – 0,78–2 г/л. Последний используется в качестве ингибитора. Время очистки зависит от толщины отложений и концентрации раствора и не превышает 5 часов. При ежегодной промывке системы охлаждения концентрация составляет 10 г/л. При очистке от накипи отдельных деталей при ремонте двигателей концентрацию кислоты доводят до 40 г/л. Алюминиевые детали от накипи очищают в водном растворе технического тринола (20 г/л). Украинская сельскохозяйственная академия предложила экологически чистые жидкости МОС-1 и МОС-2, позволяющие эффективно выполнять очистку систем охлаждения двигателей от накипи при их эксплуатации.

*Удаление асфальто-смолистых отложений.* Погружная очистка является одним из основных способов очистки базовых деталей двигателей в типовых технологиях моторных ремонтных заводов (МРЗ) при капитальном ремонте. Погружные машины позволяют эффективно и качественно очищать детали от асфальто-смолистых отложений за счет создания турбулентных потоков при температуре 90–100 °С. Турбулентные потоки создаются вибрацией маятниковыми колебаниями платформ очистных машин – ротор-активаторными и лопастными винтами, затопленными пульсирующими струями с переменными направлениями, скоростями, давлением, барботажем горячим воздухом, паром и другими способами, что исключает образование застойных зон (в карманах, выступах, впадинах и др.) и тем самым повышает качество очистки корпусных деталей. В исследованиях ГОСНИТИ, МГАУ, ВНИИПАВ установлено [1–3], что качество погружной очистки изделий возрастает в зависимости от способа ее интенсификации в такой последовательности: прямолинейные возвратно-поступательные колебания деталей в растворе; маятниковые колебания деталей; использование лопастного винта; использование ротора-активатора и роторная очистка (периодические вынос и окунание деталей). Последние два способа интенсификации погружной очистки практически равноценны. И все же предпочтение рекомендуют отдавать ротор-активаторному способу по причине использования моечных машин меньших габаритов. Там же, где используются машины с лопастными винтами, их рекомендуют заменить роторами-активаторами. Осадки, отлагающиеся на стенках картеров, представляют собой липкую массу, состоящую из масла (50–85 %), воды (3–35 %), топлива (1–7 %), продуктов износа, золы, сажи и других веществ. Удаление осадков обычно не вызывает особых затруднений.

*Очистка масляных каналов.* Полости шатунных шеек коленчатых валов тракторных двигателей часто наполнены наполовину, а порою забиты полностью отложениями, которые плотно пристаю к поверхностям. Чтобы удалить их, вывертывают пробки, вручную очищают полости шатунных шеек, используя наставки, выколотки, отвертки, металлические и капроновые ершики. Капроновыми ершиками удаляют загрязнения из масляных каналов, которые обычно на 50–75 % забиты осадками. Каналы продувают сжатым воздухом. Аналогично очищают масляные каналы в блоках цилиндров. После ручной очистки полостей и масляных каналов коленчатые валы (блоки, шатуны) направляют на выварку в погружные ванны (с открытыми полостями шатунных шеек, а блоки цилиндров – со снятыми крышками коренных подшипников, очистку которых выполняют отдельно). Изделия, прошедшие выварку, дополнительно вручную очищают, разрыхляют возможные остатки отложений в каналах, полостях и продувают их сжатым воздухом. После этого изделия направляют на циркуляционную очистку полостей и масляных каналов. Для базовых деталей применяют трудоемкую и энергоемкую циркуляционную очистку масляных каналов (коленчатых валов и блоков цилиндров) на специальных, спроектированных для этих целей установках, например на СЦ-1, СЦ-7, АЛ-3, при температуре 80–90 °С в течение 10–15 мин моющими растворами МС-8, МС-15А при давлении 0,3–0,6 МПа. Перед сборкой по типовым технологиям масляные каналы блоков цилиндров, коленчатых валов и шатунов должны

пройти дополнительную очистку от технологических загрязнений в моечных машинах типа ОМ-3600 пульсирующим потоком моющего раствора под давлением 1–6 МПа в течение 10–15 мин. Для промывки масляных каналов можно использовать растворы МС-8, МС-15А концентрацией 15–20 г/л. Моечная машина ОМ-3600 укомплектована набором приспособлений специально для очистки масляных каналов коленчатых валов и блоков.

*Удаление продуктов коррозии.* Очистку деталей от коррозии выполняют механическим или химическим методом. Механическую очистку деталей выполняют стальными проволочными щетками, струйной очисткой – кварцевым песком, металлической крошкой, дробью и др. При удалении коррозии проволочной щеткой ее смачивают в 2–5 %-ном растворе соды. При химическом способе удаления коррозии обычно применяют кислотные растворы (травление). Перед травлением детали очищают (обезжиривают) в выварочных ваннах. Для химического удаления продуктов коррозии чаще всего используют 10 %-ный и 50 %-ный растворы ингибированной соляной кислоты. Ингибированные растворы соляной кислоты утрачивают свою агрессивность к стальным и чугунным деталям. Травление детали в 10 %-ном растворе выполняют при температуре 80–90 °С в течение 10–40 мин. Для удаления окислов и осветления поверхности деталей из чугуна и стали их обрабатывают в 50 %-ном растворе ингибированной соляной кислоты при 50–60 °С в течение 5–10 мин. После травления детали промывают в растворе кальцинированной соды (3–5 г/л), тринатрийфосфата (1,5–2 г/л) при температуре 80–90 °С в течение 5–10 мин.

*Удаление старой краски.* Старую краску удаляют чаще всего в щелочных растворах каустической соды концентрацией 80–100 г/л при температуре 80–90 °С. Время обработки – 60–90 мин, затем детали промывают в горячей воде. Далее детали пассивируют в растворе нитрата натрия концентрацией 5 г/л при температуре 50–60 °С.

*Расконсервацию* деталей рекомендуется производить в специальных герметичных камерах-банях, в которые подается горячий воздух (50–70 °С). Консервирующая смазка под воздействием горячего воздуха размягчается и стекает в поддоны. Затем на изделие подается горячий раствор моющей жидкости, которая смывает остатки смазки. Перед поступлением на сборку детали ополаскивают в растворах «Темп», МС-6, «Лабомид-101» концентрацией 5–10 г/л, температура 75–85 °С, время 5–10 мин.

### Результаты исследований

Приведенный выше материал указывает на многовариантность решения задачи разработки ресурсосберегающей технологии очистки двигателя и его деталей при ремонте для различных уровней ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) АПК: МРЗ, мастерских общего назначения (МОН) райагросервисов, райагропромтехник и центральных ремонтных мастерских (ЦРМ) крупных коллективных хозяйств.

В типовых технологиях очистки двигателя и его деталей используется достаточно широкий спектр различных моечных машин, суммарная стоимость которых неоправданно велика и не по карману многим ремонтно-обслуживающим предприятиям, включая специализированные мотороремонтные заводы. Для обоснованного выбора технологии и технических средств обеспечения при разработке ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий очистки целесообразно использовать следующие рекомендации:

– обеспечить соответствие видов и массогабаритных показателей объектов очистки способу очистки, типу и производительности моечно-очистных машин;

– использовать универсальные высоконапорные моечные аппараты фирм Karcher и др. с комплектом специальных приспособлений и принадлежностей, расширяющих их функциональные возможности (гидрокавитационный насадок, гидродинамический насадок, турбофреза, щетки и т. д.);

– применять моечные машины нового поколения с быстроизменяемыми очищающими средствами;

– применять альтернативные гидроочистке методы: ледоструйную, ультразвуковую очистку, полиэтиленовой или металлической дробью, песком, косточковой или фарфоровой крошкой и т. д.;



- использовать моечные машины погружного типа, камерные и другие периодически – по мере накопления обслуживаемого фонда;
- использовать межсменное время для вымачивания изделий в специальных технических моющих растворах для удаления прочнофиксированных загрязнений – асфальтосмолистых, нагара, накипи, ржавчины и др.;
- применять низкотемпературные и биологически хорошо разлагаемые технические средства типа «Сириус» и др.;

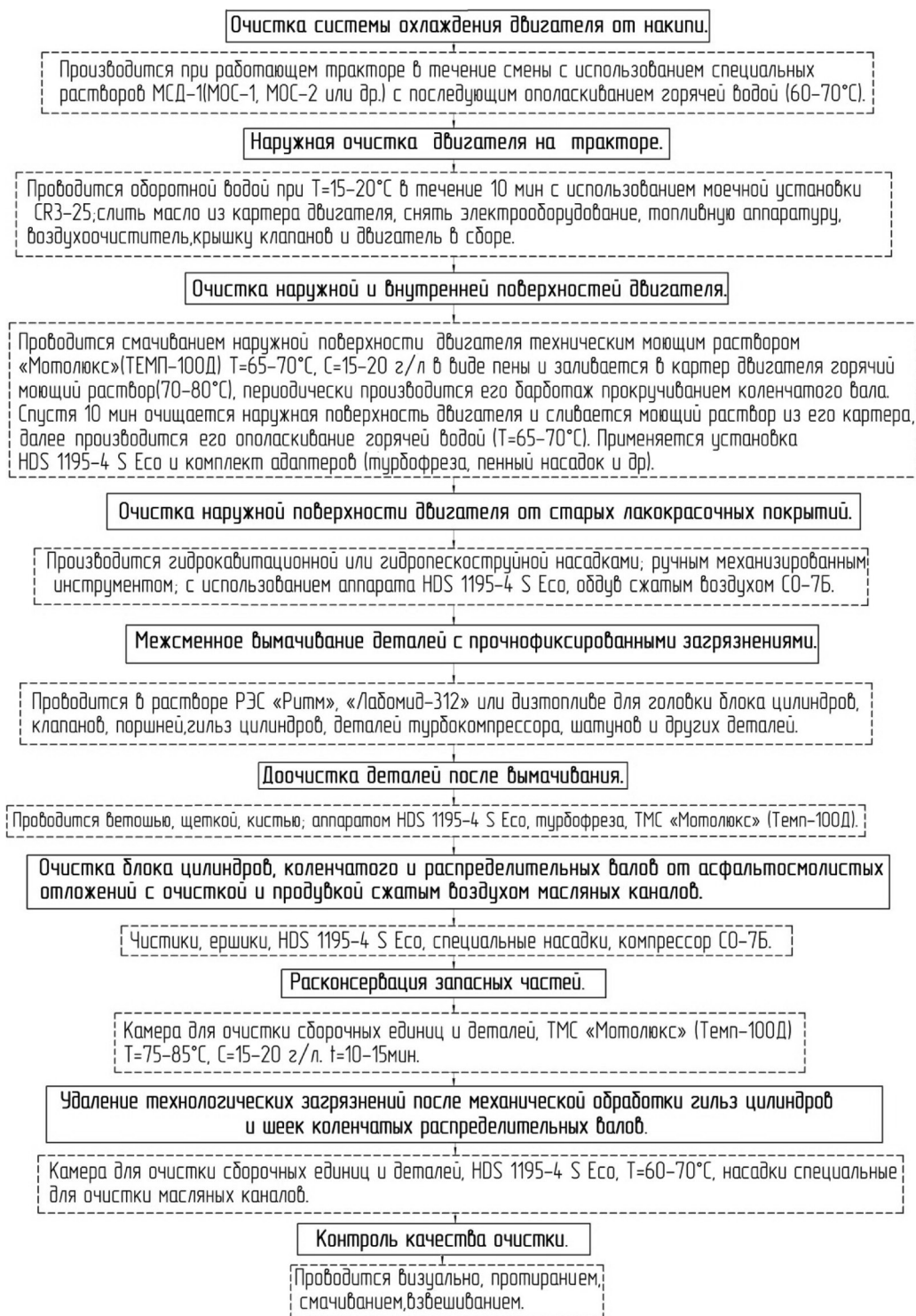


Рисунок 1. – Схема технологического процесса очистки двигателя и его деталей при ремонте

- применять специальные средства, предотвращающие или уменьшающие адгезию загрязнений, к поверхностям объектов очистки;
- применять эффективные средства контроля технологических режимов работы моечных машин и качественного состава очищающих сред.

Критериями оценки разрабатываемых технологий очистки являются: производительность очистки, степень очистки поверхностей изделий, трудоемкость очистки, себестоимость очистки, включая удельные расходы воды, топлива, моющих средств, электроэнергии. Виды удаляемых загрязнений, продолжительность выхода на оптимальный режим работы, соотношение массы моечной установки и обслуживаемых объектов очистки, количественный и качественный состав образующихся отходов, степень их регенерации и утилизации, производственная и экологическая безопасность.

В связи с этим заслуживает внимания решение проблемы очистки двигателя и его деталей путем применения гидродинамического способа очистки высоконапорными моечными аппаратами, отличающегося экономичностью, технологичностью и универсальностью [3, 4]. Высоконапорные моечные аппараты имеют повышенную гидродинамическую мощность, обеспечивают высокоскоростной нагрев воды с образованием пароводяной смеси ( $T = 140 \dots 150 \text{ }^\circ\text{C}$ ), небольшой расход воды и топлива, быстрый выход на рабочий режим работы, применение технических моющих средств при относительно невысокой стоимости по отношению к другим моечным машинам.

На рисунке 1 представлена схема технологического процесса очистки двигателя и его деталей при ремонте, основанного на гидродинамическом способе с применением высоконапорных моечных аппаратов.

Отличительной особенностью представленной схемы технологической линии очистки двигателя является применение ограниченной номенклатуры моечных машин. Для предварительного отмыва трактора и двигателя применяется центробежная самовсасывающая моечная установка CR3-25, работающая на оборотной воде. Для очистки снятого двигателя в сборе и очистки сборочных единиц и деталей после его разборки используются высоконапорный моечный аппарат фирмы Karcher типа HDS-695VEX с высокоскоростным нагревом воды и с применением специальных адаптеров (турбофреза, гидрокавитационный и пенный насадки, турболазер, насадки для промывки масляных каналов) и моечная специальная камера для очистки небольших сборочных единиц и деталей. Применяется также межсменное вымачивание деталей с прочнофиксированными загрязнениями (головка блока цилиндров, клапаны, поршни, гильзы цилиндров, детали турбокомпрессора, коллектора, шатуны) в растворах растворяюще-эмульгированных средств «Ритм», «Лабомид-312» или дизтопливе в герметичных ваннах. Удаление технологических загрязнений и промывка масляных каналов после механической обработки также могут осуществляться высоконапорным аппаратом с применением турбофрезы и кавитационных насадок в указанной выше специальной моечной камере. Работа этой камеры может производиться в режимах ручного и автоматического управления. В первом случае очистка осуществляется пистолетом-распылителем или брандспойтом через моечное окно, а во втором случае очистка производится автоматически через моечную рамку с форсунками при вращающейся моечной корзине при снятом пистолете-распылителе или брандспойте.

### **Заключение**

Разработаны технологическая линия и перспективная схема ТП для сокращения затрат при очистке двигателя и его деталей при ремонте в райагросервисах и коллективных хозяйствах. Они основаны на применении комбинированного гидродинамического метода наружной очистки двигателя и базовых деталей и очистке других деталей в специальной камере в режиме оборотного водоснабжения. Основными преимуществами предлагаемой технологии очистки по отношению к типовой являются: универсальность, то есть возможность удалять весь спектр загрязнений, свойственных двигателю и его деталям, включая прочнофиксированные, с применением специальных высокопроизводительных и экономичных адаптеров: турбофрезы, турболазера, гидрокавитационного, гидрорескоструйного, пенного и других насадок и эффективных

биоразлагаемых технических моющих средств («Мотолукс», «Автолик», «Умос» и др.). Применение комбинированного гидродинамического метода очистки в режиме оборотного водоснабжения обеспечивает повышение производительности труда, снижение расхода воды, электроэнергии, расхода моющих средств и металлоемкости более чем в 3 раза, быстрый выход на оптимальный режим работы с соблюдением жестких нормативных технических, санитарных и экологических требований.

### Литература

1. Беднарский, В. В. Организация капитального ремонта автомобилей: учебное пособие / В. В. Беднарский. – Ростов Н/Д: Феникс, 2005 – 592 с.
2. Усков, В. П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В. П. Усков. – Брянск: Клиновская типография, 1998. – 589 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов [и др.]; под ред. В. И. Черноиванова. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, 2003 – 992 с.
4. Технология ремонта машин / Е. А. Пучин [и др.]; под ред. Е. А. Пучина. – М.: Колос, 2007. – 488 с.
5. Хрулев, А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей: производственно-практическое издание / А. Э. Хрулев. – М.: Изд-во «За рулем», 1998. – 440 с.
6. Холдман, Д. Д. Автомобильные двигатели. Теория и техническое обслуживание / Д. Д. Холдман, Ч. Д. Митчел. – 4-е изд. – М.; СПб; Киев, 2006 – 645 с.

УДК 631.171:65.011.56(075.8)

Поступила в редакцию 17.04.2017

Received 17.04.2017

**С. Г. Пархоменко<sup>1</sup>, Г. Г. Пархоменко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Азово-Черноморский инженерный институт Донского государственного аграрного университета*

<sup>2</sup>*СКНИИМЭСХ ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»*

*г. Зерноград, Российская Федерация*

<sup>1</sup>*e-mail: s-parkhom@mail.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО ИНФОРМАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ НА ПРИМЕРЕ РАСЧЕТА ДВИГАТЕЛЯ Д-240**

В статье приведены основы моделирования технологических процессов по информационным параметрам. Представлена математическая модель дизельного двигателя с всережимным регулятором. Приведены методика моделирования в программном комплексе «МВТУ» и результаты расчетов работы двигателя Д-240.

*Ключевые слова:* информационные параметры, дизельный двигатель, всережимный регулятор частоты вращения, моделирование.

**S. G. Parkhomenko<sup>1</sup>, G. G. Parkhomenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Azov-Black Sea Engineering Institute Don State Agrarian University*

<sup>2</sup>*NCRIMEA FSBSI «The agrarian scientific centre «Donskoy»*

*g. Zernograd, Russia*

<sup>1</sup>*e-mail: s-parkhom@mail.ru;*

<sup>2</sup>*e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru*

### **MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES BASED ON INFORMATION PARAMETERS USING THE EXAMPLE OF CALCULATING THE D-240 ENGINE**

The article presents the basics of modeling of technological processes based on information parameters. The mathematical model of the diesel engine with the all-speed governor is presented. The modeling technique is given in the software package MBTY and results of calculations of operation of the engine D-240.

*Keywords:* information parameters, diesel engine, all-speed governor, modeling.