

УДК 656.13

МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИМ ПУТЕМ

Алексей Александрович Бахарев

кандидат технических наук, доцент

bakharevalex@mail.ru

Роман Андреевич Логвинов

магистрант

lra94@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены применяемые методы и устройства для регенерации отработанных моторных масел механическим путем. Выявлены основные недостатки существующих методов и устройств, а также выбраны наиболее рациональные варианты, позволяющие получать оптимальные параметры и характеристики процесса.

Ключевые слова: регенерация, очистка, отработанное моторное масло.

Обзор литературных источников дал понять, что во время работы отработанные моторные масла в основном загрязняются механическими примесями, которые для успешной регенерации должны быть убраны из состава. Что бы остановиться на том или ином методе регенерации отработанного моторного масла необходимо определиться с тем какого качества и с какими характеристиками мы хотим получить конечный продукт, в каком агрегате он будет эксплуатироваться, и какие требования к нему будут предъявлены в вопросе защиты окружающей среды и экологичности. Так мы выяснили, что в составе отработанных моторных масел загрязнениями по большей части являются механического рода то для того что бы отработанное моторное масло избавить от них должно быть достаточно использования физических методов очистки. К таким методикам можно отнести центрифугирование, сепарирование, пропускание через очистные решетки или через специальные фильтры для улавливания мелких волокон, жирулавливание, отстаивания в ёмкостях с подогревом и без него, пескоулавливатели и другие. Рассмотрим по подробнее каждый из перечисленных способов, а также положительные и отрицательные стороны применения каждого из них для удаления механических загрязнений из отработанного моторного масла. [1]

Метод отстаивания

Метод отстаивания один из самых простых и старых методов для удаления механических примесей. Для его осуществления используют специальные емкости отстойники которые используют как с подогревом, так и без подогрева (рисунок 1).

Метод отстаивания в специальных емкостях основывается на процессе выпадение в осадок под действием сил земного притяжения механических загрязнений которые имеют плотность больше чем плотность отработанного моторного масла.

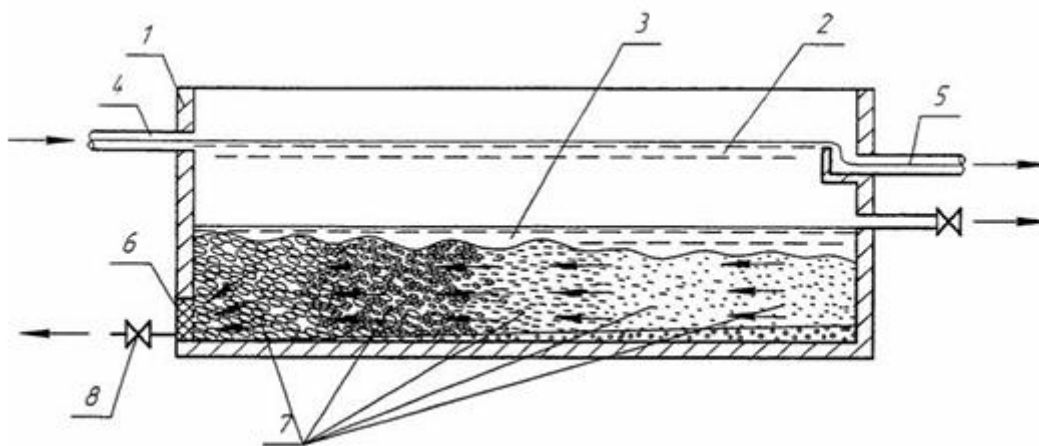


Рисунок 1 – Схема метода отстаивания в специальных емкостях: 1 – основание; 2 – решетка для задержки крупных примесей; 3 – отработанное моторное масло без примесей; 4 – впускная труба; 5 – выпускная труба.

Для определения скорости с которой эти механические загрязнения будут выпадать в осадок на дне емкость воспользуемся законом Стокса.

$$u = \frac{2d^2g}{9\nu} \left(\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_n} - 1 \right) \frac{\mu_n + \mu_{\text{ж}}}{\mu_n + \frac{3}{2}\mu_{\text{ж}}} \quad (1)$$

где u – скорость с которой механические загрязнения выпадают в осадок на дне емкости, м/с; d – средний диаметр частиц механических загрязнений отработанного моторного масла, м; g – ускорение свободного падения (постоянная величина), м/с²; ν – кинематическая вязкость, м²/с; μ – динамическая вязкость, Па·с; ρ – плотность соответственно отработанного моторного масла и частиц механического загрязнения, кг/м³;

Анализируя данную формулу можно прийти к выводу что скорость с которой частицы механических загрязнений будут выпадать в осадок на дне емкости зависит от соотношения плотностей отработанного моторного масла и частиц механических загрязнений, а также от диаметров частиц механических загрязнений и вязкости отработанного моторного масла.

Примерные расчеты по этому выражению дают понять, что даже металлические частицы механических загрязнений, у которых размер не превышает пятнадцать микрон будут выпадать в осадок с очень маленькой скоростью. Так при вязкости отработанного моторного масла двадцать на десять в минус шестой степени метров квадратных на секунду и плотности отработанного моторного масла девятьсот пятьдесят килограмм на

кубический метр скорость выпадения в осадок частиц механических загрязнений будет равна нулю целых шести десятым метров в час. А если провести расчет для частиц механических загрязнений имеющих плотность и средний диаметр меньше чем в первом варианте то и скорость их выпадения в осадок уменьшится. К примеру тонкая глина имеющая средний диаметр ноль целых восемь десятых микрометра выпадет в осадок в толще отработанного моторного масла высотой полтора метра за один месяц, частицы со средним диаметром ноль целых одна сотая микрометра выпадут в осадок в толще отработанного моторного масла высотой полтора метра за пару лет. Поэтому для ускорения процесса отстаивания отработанное моторное масло необходимо нагревать [2].

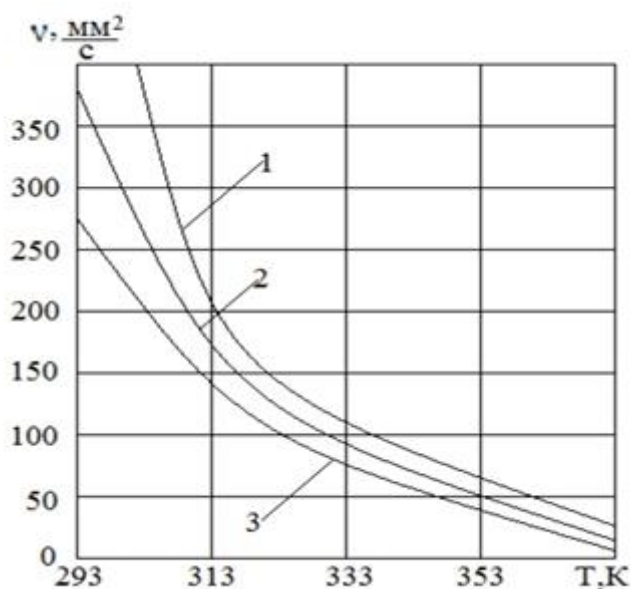


Рисунок 2 – Влияние температуры нагрева отработанного моторного масла на его вязкость. 1 – АК-10; 2 – ДС-11; 3 – АК-5.

Не секрет что плотность отработанного моторного масла, как и его вязкость, достаточно сильно зависят от величины нагрева. На рисунке 2 можно увидеть зависимость кинематической вязкости отработанного моторного масла от величины нагрева. Из рисунка можно понять, что чем меньше температура отработанного моторного масла тем больше его вязкость и как следствие больше время требуемое для выпадения в осадок частиц механических примесей.

Следует учесть, что нагревать бесконтрольно отработанное масло тоже

нельзя. Из-за закипания воды находящейся в составе масла температуру нагрева нельзя делать более трехсот пятидесяти градусов по шкале Кельвина. Также на время выпадения в осадок частиц механических загрязнений можно повлиять, уменьшив слой отработанного моторного масла в емкости. Но в этом случае для того что бы производительность устройства не упала до критических значений придется увеличивать длину и ширину емкости для отстоя отработанного моторного масла в разы.

Также для уменьшения времени выпадения в осадок частиц механических загрязнений можно применять коагулянты. Коагулянты позволяют связывать отдельные маленькие частицы механических загрязнений, между собой образуя группу крупных частиц у которых согласно формуле скорость выпадения в осадок будет значительно меньше. Но сам коагулянт стоит очень дорого, поэтому мы рекомендуем проводить отстаивание в два этапа, сначала без применения коагулянтов, а после с ним.

Центрифугирование

Под понятием центрифугирования подразумевается принуждение к выпадению в осадок частиц загрязнений происходящее из-за известного воздействия центробежных сил. Выполняются данные операции на специальных устройствах называемых центрифугами и сепараторами отделителями. Данные агрегаты имеют не сложную конструкцию, небольшие габаритные размеры, небольшую стоимость и высокую производительность. В сравнение с методом осаждения в центрифугах возникают центробежные которые больше чем силы земного притяжения, используемые в емкостях для осаждения, поэтому и процесс осаждения частиц загрязнения в центрифугах будет идти быстрее, чем в емкость для осаждения [3].

Метод отстаивания с применением специальных устройств – циклонов.

Принцип действия специальных устройств для осаждения частиц загрязнений – циклонов представлен на рисунке 3.

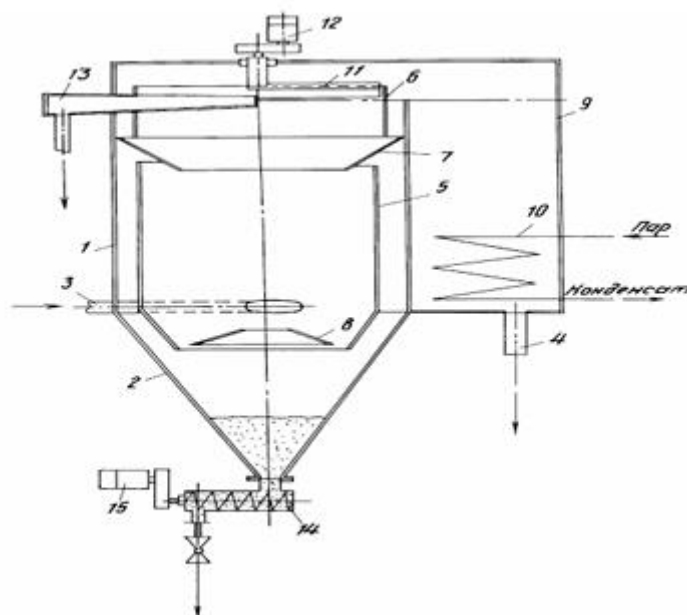


Рисунок 3 – Принцип действия специальных устройств для осаждения частиц загрязнений – циклонов

D — диаметр специальных устройств для осаждения частиц загрязнений в самой широкой его части, м;
 $d_{вх}$ — средний диаметр подающей трубы, м; ΔH — разница в давлении между подающей трубой и выводящей трубой, Па.

Производительность данных устройств можно представить в виде выражения:

$$Q = K_1 \cdot D \cdot d_{вх} \sqrt{2g\Delta H} \quad (2)$$

Метод коагуляции

Коагуляция используется для очистки отработанного моторного масла двигателей внутреннего сгорания от смолистых или асфальтовых загрязнений размеры частиц которых не превышают величины в ноль целых пять десятых микрометров. Чаще всего подобные загрязнения находятся в отработанном моторном масле в коллоидном виде, а загрязнения подобного вида убрать из отработанного моторного масла двигателей внутреннего сгорания физическими методами очистки практически невозможно. Это происходит из-за того что подобные загрязнения присутствуют в отработанном моторном масле в кинетическом равновесии, имеют избыток так называемой поверхностной энергии и тем самым являются неустойчивыми с точки зрения термодинамики процессов внутри отработанного моторного масла.

Некоторыми учеными доказано, что коллоидные загрязнения передвигаются в толще отработанного моторного масла согласно броуновскому

закону и сближаются между собой на расстояние, не превышающее величину десять в минус восьмой степени метров. Подойти коллоидным частицам загрязнений в отработанном моторном масле ближе друг к другу не дает электростатические поля. Для того что бы избавиться от этих полей и дать возможность частицам загрязнений присутствующих в отработанном моторном масле связаться друг с другом применяют специальные вещества называемые коагуляторами. Коагулятором может быть достаточно большое количество различных веществ, к примеру, фосфаты натрия, жидкое стекло, хлористые цинк и алюминий, и многие другие вещества. Все эти вещества разрушают электростатическое поле между коллоидными частицами загрязнений отработанного моторного масла, что позволяет этим частицам слипаться друг с другом увеличиваясь в размерах и дает возможность удалять эти увеличенные частицы коллоидных загрязнений из регенерируемого отработанного моторного масла при помощи механических методов очистки [4].

Для того что бы вышеуказанный метод очистки отработанных моторных масел от коллоидных загрязнений мог эффективно применяться в сельскохозяйственных предприятиях нужно что бы качественно выполнялся ряд условий. Должны точно выдерживаться: время необходимое на обработку отработанного моторного масла коагулянтами, температура отработанного масла во время добавления коагулянта, количество добавляемого коагулянта и его точная концентрация, тщательное перемешивания коагулянта с отработанным моторным маслом для создания очень тесного контакта коагулянта с коллоидными частицами загрязнений.

Метода регенерации отработанных моторных масле при помощи устройств для фильтрования.

Во время метода регенерации отработанных моторных масле при помощи устройств для фильтрования применяется настоящая мембрана и различные фильтры. Что бы процесс очистки масла от загрязнений был эффективным необходимо использовать различные фильтры как по типу работы, так и по материалу из которого они изловлены. Стандартные свежие фильтры могут

очищать отработанное моторное масло от частиц загрязнений величина до четырех микрометров. В процессе эксплуатации проходы в фильтрах частично забиваются частицами загрязнений, и эффективность регенерации отработанного моторного масла повышается. Главным недостатком данной методики и устройств для фильтрования считается слишком маленькая грязеемкость используемых в устройстве фильтров, а также низкое значение диаметра частиц загрязнений которое установки с фильтрами могут задерживать. Из-за этих недостатков отработанное моторное масло после регенерации его на фильтрующих установках отличается неприятным запахом и очень грязным темным цветом. При этом следует отметить, что сделать отработанное моторное масло светлым также можно при помощи установок микро и ультра фильтрации. Мембраны в таких установках имеет очень маленькую проницаемость, и разделяют отработанное моторное масло на светлое и темное с примесями. Мембраны при этом не забиваются из-за того что поры в них слишком малы что задерживать крупные примеси.

С фактором плохой грязеемкости установок с фильтрами использует определённый способ борьбы. Общий поток отработанного моторного масла, дойдя до мембраны, делится на два потока. Первый поток отработанного моторного масла проходит через мембрану и оставляет загрязнения на ней, а второй поток отработанного моторного масла проходит над мембраной и увлекает за собой частицы загрязнения, задержанные мембраной при прохождении первого потока через нее. Если сравнивать данную технологию с обычными установками для фильтрации, то в них весь поток отработанного моторного масла проходит через фильтр.

Материал из которого состоит основная мембрана очень сильно влияет на качество очистки отработанного моторного масла и производительность всего процесса. В одной из научных работ проведены экспериментальные работы по использованию в качестве фильтра мембран из полиакрилонитрильных материалов, разных полимерных материалов и материалах основу которых составляет полиэтилентерефталат. Выводы по проведенным экспериментам

дают понять, что для более эффективной регенерации отработанных моторных масел необходимо разбавлять отработанные моторные масла бензином в пропорциях один к одному.

В другой научной работе проводились экспериментальные работы по фильтрованию отработанного моторного масла через мембрану выполненную из фторопластового материала. Выявлено что при давлении на поверхности мембраны в ноль целых восемь десятых мега Паскаль и температуре нагрева отработанного моторного до восьмидесяти пяти градусов Цельсия производительность установки для регенерации отработанного моторного масла равнялась трем целым пяти десятым литров в час. Невозможно в полной мере оценить эффективность данной фильтрующей установки из-за того что параметры не предоставлены.

В еще одной научной работе производились экспериментальные работы на установке для регенерации отработанных моторных масел с плоскопараллельной мембраной выполненной из материала под названием полисилан. Из результатов экспериментов видно, что при давлении на поверхности мембраны ноль целых двадцать пять сотых мега Паскаль и температуре нагрева регенерируемого отработанного моторного масла равной двадцать три градуса по шкале Цельсия производительность равнялась пяти целым пяти десятым литра в час, а эффективность очистки регенерируемого отработанного моторного масла от загрязнений составила восемьдесят девять процентов.

Подводя итог по проведенному обзор механических способов очистки отработанного моторного масла от загрязнений можно сделать вывод что ни один из них не обладает приемлемой эффективностью очистки при использовании в самих предприятиях сельскохозяйственного назначения. Но если выбирать из представленных способов наиболее приемлемый, то наш выбор остановился на методе очистки отработанных моторных масле через мембрану.

Главным недостатком данной методики и устройств для фильтрации считается слишком маленькая грязеемкость используемых в устройстве фильтров, небольшая производительность, а также низкое значение диаметра частиц загрязнений которое установки с фильтрами могут задерживать.

Список литературы:

1. Мосолов А.А., Алехин А.В. Анализ методов диагностики изменения состояния моторного масла при работе машины // Наука и образование. 2023. Т.6. №2.
2. Мосолов А.А., Алехин А.В., Картечина О.С. Анализ факторов старения моторного масла при работе двигателя внутреннего сгорания // Наука и Образование. 2023. Т. 6. № 2.
3. Абашкин Р.И., Алехин А.В. Анализ способов очистки отработанных моторных масел // Наука и образование. 2022. Т.5. №2.
4. Абашкин Р.И., Алехин А.В. Изменение моторного масла в процессе эксплуатации в двигателях внутреннего сгорания // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 2.

UDC 656.13

METHODS OF REGENERATION OF USED MOTOR OILS FROM CONTAMINATIONS OBTAINED BY MECHANICAL MEANS.

Aleksey Al. Bakharev

candidate of technical sciences, associate professor

bakharevalex@mail.ru

Roman An. Logvinov

master's student

lra94@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article considers the methods and devices used for regeneration of used motor oils. The main disadvantages of existing methods and devices are revealed, and the most rational options are selected, allowing to obtain optimal parameters and characteristics of the process.

Keywords: regeneration, cleaning, used motor oil.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.