

УДК 631.3-6

## ВРЕМЯ ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В МОТОРНОМ МАСЛЕ ПРИ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОЧИСТКЕ

*Зыков Никита Дмитриевич, студент  
Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., к.т.н.  
Закревский Игорь Владимирович, науч. рук., ст. преп.  
УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация:* рассчитано время осаждения частиц загрязнений различного диаметра и природы при центробежной очистке моторного масла М-10Г<sub>2</sub>.

*Ключевые слова:* центробежная очистка, моторное масло, частицы загрязнений, время осаждения

Рациональное использование смазочных материалов при эксплуатации сельскохозяйственной техники приводит к снижению себестоимости сельскохозяйственной продукции, а также уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду.

В процессе работы под воздействием высоких температур и давлений, при контактировании с металлическими поверхностями, водой, топливом и воздухом в смазочных материалах происходит процесс непрерывного накопления загрязнений, приводящий к постепенному ухудшению и потере ими необходимых эксплуатационных свойств [1–3]. Так, по данным автора [4] количество отработанных масел, в среднем составляет около 0,5–0,6 кг на 1 кВт мощности эксплуатируемой сельскохозяйственной техники в год.

Процесс накопления загрязнений в смазочных материалах начинается уже при их производстве, поставке, хранении, транспортировке, заправке и далее постоянно протекает при эксплуатации. Природа этих загрязнений связана с последствиями износа трущихся деталей, попаданием пыли при всасывании воздуха, разложением и окислением масла в зоне высоких температур и при контактировании с кислородом воздуха, попаданиями продуктов неполного сгорания топлива и др. [5]. Накопление загрязнений отрицательно сказывается на работоспособности узлов и агрегатов, приводит к преждевременному износу ответственных и дорогостоящих деталей и, как следствие, к увеличению расхода топлива и смазочных материалов. Очевидно, что своевременная очистка смазочных материалов повышает надежность и долговечность сельскохозяйственной техники, снижает материальные затраты на приобретение дополнительных нефтепродуктов. Кроме того, современные методы очистки позволяют восстанавливать необходимые эксплуатационные свойства отработанных масел, тем самым вторично вовлекать их в эксплуатацию.

Наиболее опасными загрязнениями в моторных маслах являются механические загрязнения, состоящие из пылевых частиц и частиц износа деталей, продуктов срабатывания присадок в маслах и неполного сгорания топлива в виде сажи, сернистых, свинцовистых соединений, а также технологических загрязнений (литейная земля, шлак, металлическая стружка), оставшихся в двигателе после его изготовления и ремонта [2].

При исследовании дисперсного состава загрязнений в пробах моторного масла работающего двигателя [6] установлено, что размеры частиц механических примесей не превышают 2 мкм. Эти частицы загрязнений при попадании воды в масло, а также при термохимическом воздействии способны коагулировать, образуя частицы размерами до 30–40 мкм. Кроме того, в работавшем масле можно найти отдельные частицы загрязнений размером до 100 мкм и более, например, частицы песка.

Анализ способов очистки моторных масел показывает, что для наиболее полного удаления из них механических примесей целесообразно использовать центробежную очистку [7–9]. Центробежные очистители (центрифуги) просты в эксплуатации и обслуживании, обладают высокой улавливающей способностью, работают в широком диапазоне температур масла, имеют практически неограниченный срок службы, а их грязеемкость значительно выше грязеемкости фильтрующих материалов.

Однако, если для фильтрующих материалов тонкость очистки (размер задерживаемых частиц загрязнений) определяется только структурными характеристиками пористой среды и не зависит от природы частиц загрязнений, то при центробежной очистке избирательная способность центрифуг зависит не только от свойств масла, но и от размеров частиц загрязнений и их природы.

Осаждение частиц загрязнений в центрифуге происходит под действием центробежной силы

$$F_{ц} = m\omega^2 r,$$

где  $m$  – масса частицы загрязнений, кг;  $\omega$  – угловая скорость вращения частицы,  $c^{-1}$ ;  $r$  – радиус вращения частицы.

Эффективность процесса осаждения под действием центробежных сил определяется числом Фруда  $Fr$ , характеризующим превышение центробежной силы над силой тяжести:

$$Fr = \frac{\omega^2 r}{g},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

В центрифугах для очистки нефтепродуктов  $Fr = 1000–5000$ .

При центробежной очистке избирательная способность центрифуг зависит от следующих параметров: свойств очищаемого масла, размеров и природы частиц загрязнений, геометрических параметров и режимов работы центрифуги.

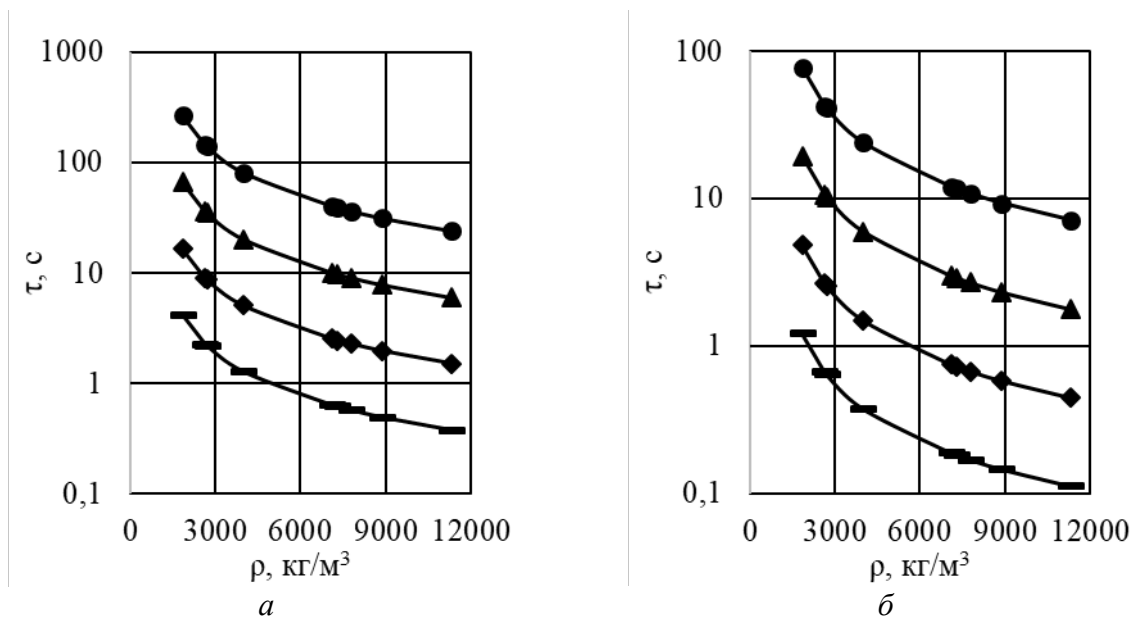


Рис. 2. Зависимости времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С (а) и 40 °С (б) для различных размеров частиц  $d_3$ :  
 ● – 5 мкм; ▲ – 10 мкм; ◆ – 20 мкм; ▬ – 40 мкм

На рисунке 3 представлены результаты расчетов времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений при значениях толщины масляного слоя  $\Delta r$ , равных 5, 10, 15 и 20 мм, в зависимости от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С и 40 °С. Угловая скорость вращения центрифуги  $\omega$  составляла 523 с<sup>-1</sup> (частота вращения – 5000 об/мин), размер частиц загрязнений  $d_3$  – 20 мкм.

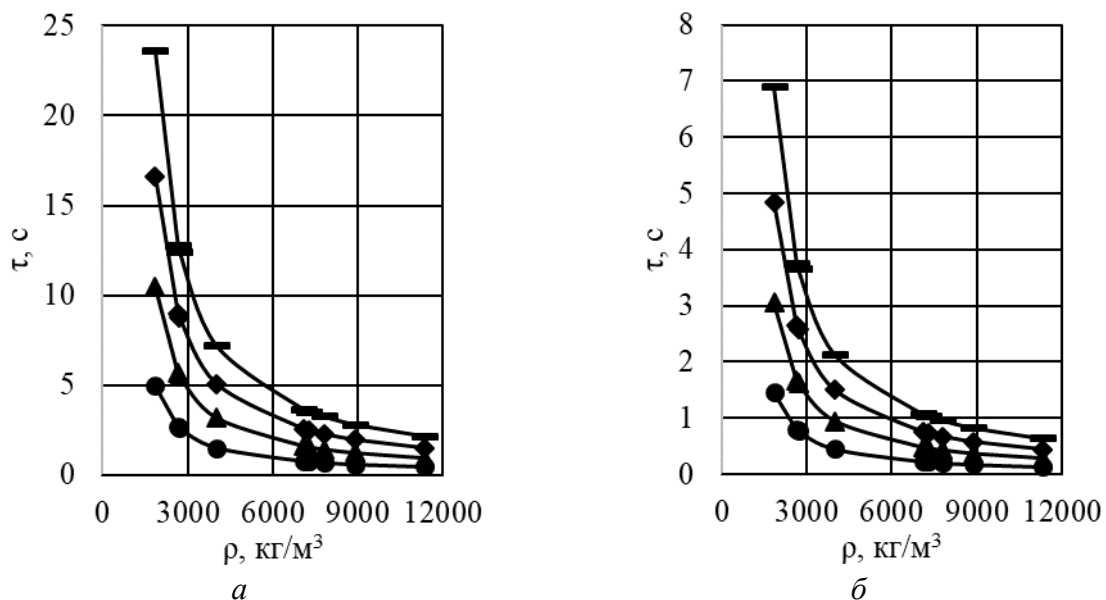


Рис. 3. Зависимости времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С (а) и 40 °С (б) для различных величин масляного слоя  $\Delta r$ :  
 ● – 5 мм; ▲ – 10 мм; ◆ – 15 мм; ▬ – 20 мм

На рисунке 4 представлены результаты расчетов времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений при значениях угловой скорости вращения центрифуги

Очевидно, что частицы загрязнений различного диаметра  $d_3$  и химической природы будут за разное время  $\tau$  достигать внутренней поверхности центрифуги, двигаясь в радиальном направлении от поверхности масляного слоя радиусом  $r_1$  к ее внутренней поверхности радиусом  $r_2$  (рисунок 1).

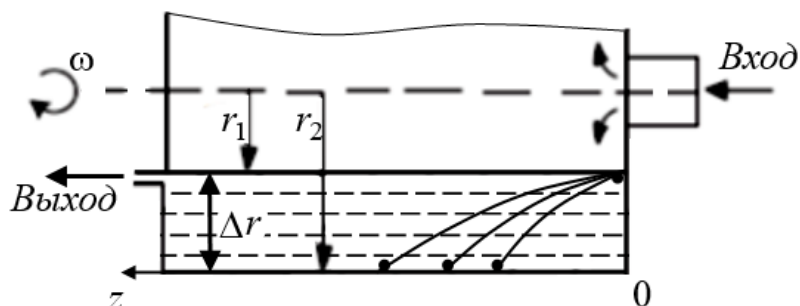


Рис. 1. Схема движения частиц загрязнений различной химической природы в масляном слое трубчатой центрифуги

Согласно известному выражению [10] время осаждения  $\tau$  частиц загрязнений в кольцевом зазоре центрифуги определяется, как

$$\tau = \frac{18\mu}{d_3^2(\rho_3 - \rho_m)\omega^2} \ln \frac{r_2}{r_1},$$

где  $\rho_3$  и  $\rho_m$  – плотности частиц загрязнений и масла, соответственно, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – динамическая вязкость масла, Па·с.

Рассчитаем, время осаждения частиц различного диаметра и природы. В качестве очищаемой жидкости выбрано моторное масло М-10Г<sub>2</sub> ( $\rho_m = 905,0$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu = 0,300$  Па·с при температуре  $t = 20$  °С;  $\rho_m = 890,0$  кг/м<sup>3</sup>,  $\mu = 0,089$  Па·с при температуре  $t = 40$  °С). При проведении расчетов значения угловой скорости вращения центрифуги  $\omega$  варьировались в диапазоне 419–733 с<sup>-1</sup> (частота вращения – 4000–7000 об/мин), толщина масляного слоя  $\Delta r$  ( $r_2 - r_1$ ) – 5–20 мм, а в качестве частиц загрязнений были выбраны сажа, SiO<sub>2</sub>, Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr, Sn, Fe, Cu, Pb, плотность  $\rho_3$  которых представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Плотность частиц загрязнений, присутствующих в моторном масле

Частицы загрязнений	Сажа	SiO <sub>2</sub>	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr	Sn	Fe	Cu	Pb
$\rho_3, \text{кг/м}^3$	1850	2650	2700	4000	7100	7290	7800	8900	11340

На рисунке 2 представлены результаты расчетов времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений с размерами  $d_3$ , равными 5, 10, 20 и 40 мкм, в зависимости от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С и 40 °С. Угловая скорость вращения центрифуги  $\omega$  составляла 523 с<sup>-1</sup> (частота вращения – 5000 об/мин), толщина масляного слоя  $\Delta r$  – 15 мм.

ги  $\omega$ , равных 419, 523, 628 и 733  $\text{с}^{-1}$  мм, в зависимости от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С и 40 °С. Толщина масляного слоя  $\Delta r$  составляла 15 мм, размер частиц загрязнений  $d_3$  – 20 мкм.

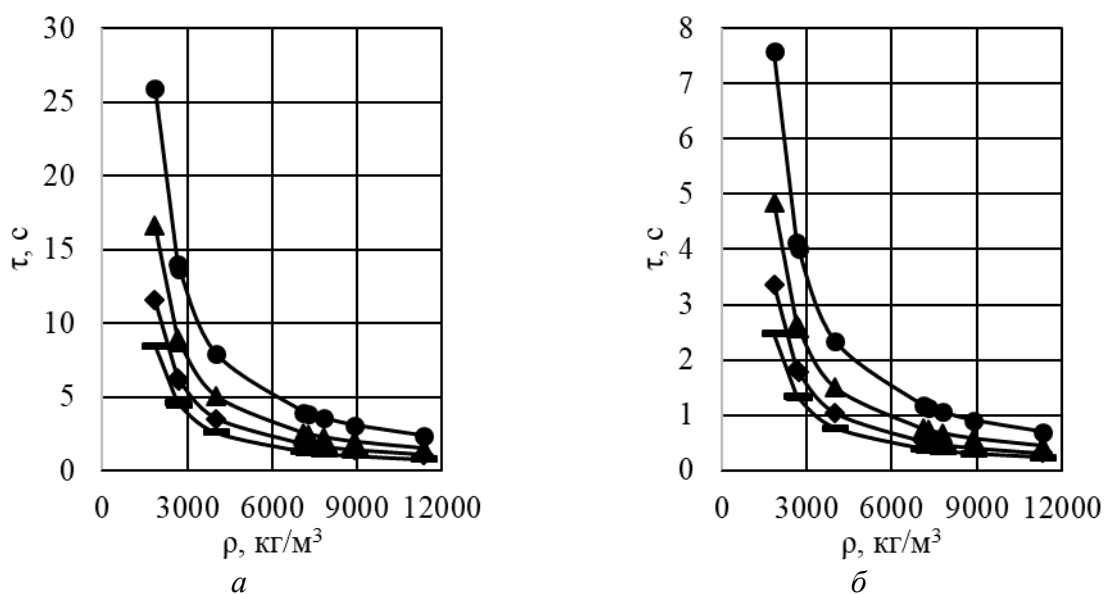


Рис. 4. Зависимости времени осаждения  $\tau$  частиц загрязнений от их плотности  $\rho$  при температуре 20 °С (а) и 40 °С (б) для различных величин угловой скорости вращения центрифуги  $\omega$ :

● – 419  $\text{с}^{-1}$ ; ▲ – 523  $\text{с}^{-1}$ ; ◆ – 628  $\text{с}^{-1}$ ; ─ – 733  $\text{с}^{-1}$

Анализ представленных зависимостей (рисунки 2–4) показывает, что время осаждения частиц загрязнений при центробежной очистке существенно зависит от температуры очищаемого масла. Так, при повышении температуры с 20 до 40 °С, время осаждения частиц загрязнений различной химической природы уменьшается в 3–4 раза, что свидетельствует о необходимости подогрева масла при центрифугировании.

Полученные зависимости (рисунок 2) наглядно демонстрируют, что увеличение размеров частиц загрязнений и их плотности, приводит к значительному снижению времени осаждения.

С увеличением толщины масляного слоя (рисунок 3) с 5 до 20 мм время осаждения увеличивается более чем в 4 раза, а угловой скорости вращения центрифуги (рисунок 4) с 419 до 733  $\text{с}^{-1}$  – снижается в 3 раза.

### Список литературы

1. Коваленко, В.П. Основы техники очистки жидкости от механических загрязнений / В.П. Коваленко, А.А. Ильинский. – Москва: Химия, 1982. – 277 с.
2. Бродский, Г.С. Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин / Г.С. Бродский. – Москва: «Журнал «Горная промышленность» Издатель НПК «ГЕМОС Лтд.», 2003. – 360 с.
3. Большаков, Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов /

- Г.Ф. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Недра, 1982. – 350 с.
4. Лихачев, А.Ю. Совершенствование процесса очистки отработанных моторных масел от механических примесей центробежным аппаратом в условиях сельскохозяйственного производства: автореф. дис..... канд. техн. наук: 05.20.03 / А.Ю. Лихачев, АЧГАА. – Зерноград, 2011. – 19 с.
  5. Капцевич, В.М. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 232 с.
  6. Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. – Москва: Машиностроение, 1983. – 148 с.
  7. Замальдинов, М.М. Многоступенчатый способ очистки и частичного восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных минеральных масел / М.М. Замальдинов. – Ульяновск: УГСХА, 2012. – 207 с.
  8. Лышко, Г.П. Рациональное использование топлива и смазочных материалов для сельскохозяйственной техники / Г.П. Лышко. – Кишинев: Карте Молдовяско, 1986. – 280 с.
  9. Сафаров, К.У. Исследования повышения качества моторных масел / К.У. Сафаров, В.М. Холманов, М.М. Замальдинов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2000. – №3. – С. 65-67.
  10. Новоселов, А.Г. Процессы и аппараты пищевых производств. Ч. 1. Гидромеханические процессы разделения: учеб.-метод. пособие / А.Г. Новоселов, Ю.Н. Гуляева, А.Б. Дужий – СПб.: Университет ИТМО. – 67 с.

### УДК 631.3

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН В НЕРАБОЧИЙ ПЕРИОД

*Карнов Егор Сергеевич, студент-бакалавр  
Самородов Алексей Сергеевич, студент-бакалавр  
Мелькумова Татьяна Владимировна, науч. рук., ассистент  
ФГБОУ ВО Рязанский ГАТУ, г. Рязань, Россия*

**Аннотация:** *правильность и эффективность мероприятий, проводимых по повышению сохранности сельскохозяйственной техники, может быть установлена с помощью оценки существующих форм организации хранения. В данной статье проведен анализ способов хранения.*

**Ключевые слова:** *хранение, сельскохозяйственная техника, коррозия, атмосферное воздействие*

Хранение сельскохозяйственной техники в нерабочий (зимний) период, является одной из главнейших задач для сельского хозяйства. От