

14. Spielman, L. Model for predicting pressure drop and filtration efficiency in fibrous media / L. Spielman, S. L. Goren // Environmental Science and Technology. – 1968. – Vol. 2. – № 4. – P. 279–287.

15. Davies, C. N. Air filtration / C. N. Davies. – London. – New York : Academic Press, 1973. – 171 p.

## **РАСТЕКАНИЕ КАПЛИ РАБОТАЮЩЕГО МОТОРНОГО МАСЛА ПО ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ БУМАГЕ**

**В. М. Капцевич, В. К. Корнеева, И. В. Закревский**

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
Минск, Беларусь, тел.: +375 29 662 85 81,  
e-mail: lerakor1974@mail.ru*

В работах [1–3] нами рассмотрены особенности радиального фильтрования, в которых движение загрязненной жидкости в радиальном направлении описывается уравнением Ивасаки и показано действие различных механизмов на процесс осаждения частиц загрязнений в поровых каналах фильтровального материала.

Одним из примеров реализации метода радиального фильтрования для контроля качества моторного масла является метод «капельной пробы» (*Blotter Spot*). Метод заключается в нанесении капли масла на фильтровальную бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна (хроматограммы). Так, согласно стандарту *ASTM D7899-19* [4], разработанному Американским обществом по испытанию материалов (*American Society for Testing and Materials*) для контроля качества моторных масел, хроматограмма масляного пятна может быть разделена на следующие зоны в зависимости от степени загрязненности (рис. 1).

Анализ полученных хроматограмм позволяет оценить степень загрязненности моторного масла нерастворимыми примесями, попадающими в него в процессе работы двигателя и, в конечном

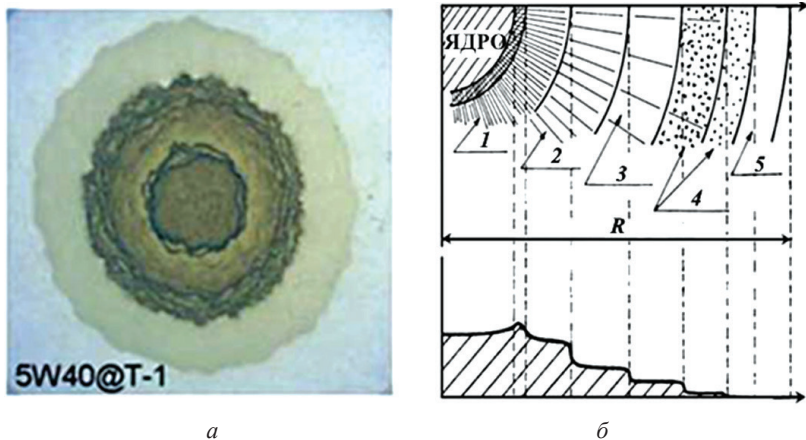


Рис. 1. Капельная проба: *a* – хроматограмма полученного масляного пятна; *б* – схема распределения различных зон; 1 – зона частиц среднего размера; 2 – зона частиц мелкого размера; 3 – зона ультрадисперсных частиц; 4 – зона продуктов окисления; 5 – зона чистого масла и топлива; *R* – радиус масляного пятна после сушки при 80 °С в течение 1 ч [4]

итоге, судить о качестве моторного масла и возможности его дальнейшего использования.

**Целью** настоящей работы является описание динамики растекания капли работающего моторного масла по фильтровальной бумаге и установлении времени, необходимого для формирования основных зон хроматограммы.

**Пути решения проблемы.** Для проведения исследований было выбрано моторное масло марки Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 30 ч, взятого с работающего двигателя Д-260.4S2 трактора Беларусь-2022.3. В качестве фильтровальной бумаги использовали офисную бумагу *SvetoCopy classic*.

С помощью одноканальной пипетки *JOANLAB* (Китай) на нагретую до температуры  $80 \pm 5$  °С фильтровальную бумагу с расстояния 12,5 мм наносили каплю моторного масла объемом 15 мкл. С помощью видеокамеры фиксировали динамику растекания капли в течении 90 с; помещали бумагу с каплей в сушильный шкаф ШС-80-01-СПУ, в котором поддерживалась температура  $80 \pm 5$  °С; через определенные промежутки времени (5, 10, 20 ...

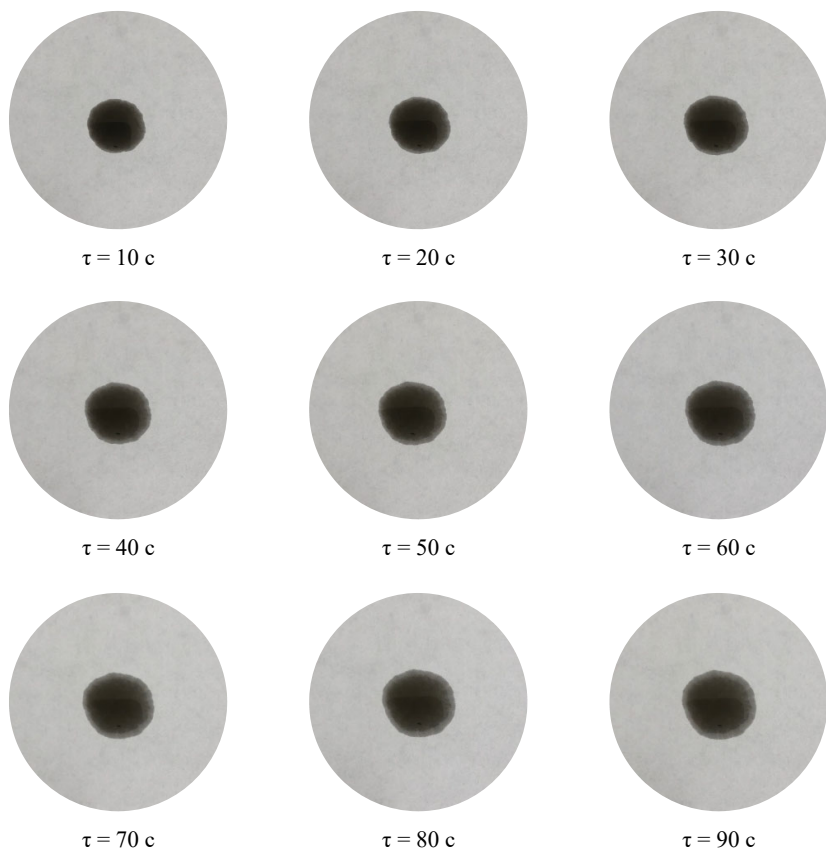


Рис. 2. Динамика растекания масляного пятна на фильтровальной бумаге в течении времени  $\tau$  (первые 90 с)

60 мин) извлекали бумагу и фиксировали вид растекающейся капли с помощью фотоаппарата. Зафиксированное изменение размеров (растекание) масляного пятна на фильтровальной бумаге по времени представлено на рис. 2, 3.

Анализ полученных экспериментальных результатов динамики растекания моторного масла по фильтровальной бумаге (рис. 2, 3), подтвержденный графической зависимостью изменения диаметра масляного пятна  $D$  от времени его растекания  $\tau$

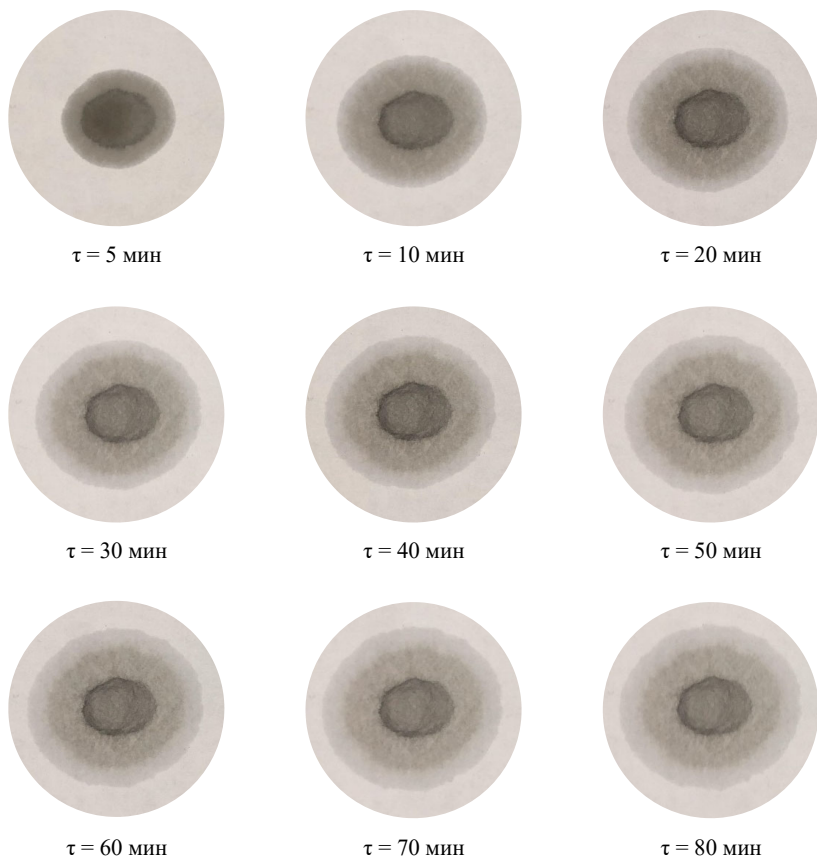


Рис. 3. Динамика растекания масляного пятна на фильтровальной бумаге в течении времени  $\tau$  (последующие 80 мин)

(рис. 4), показывает, что формирование ядра (*I*) заканчивается на 80–90 с, зона частиц крупного и среднего размера (*II*) заканчивает формироваться на 600 с (10 мин), зона осаждения частиц мелкого размера заканчивает образование на 1200 с (20 мин) (*III*), а на 2400 (40 мин) формируется зона частиц ультрадисперсного размера (*IV*). На 2400 (40 мин) вокруг зоны частиц ультрадисперсного размера заметана узкая зона чистого масла (*V*), которая исчезает на 3000 с (50 мин).

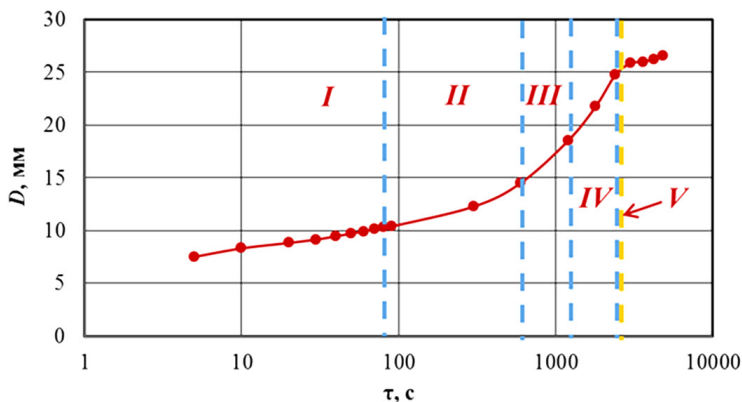


Рис. 4. Зависимость изменения диаметра масляного пятна  $D$  от времени его растекания  $\tau$

**Выводы.** Проведенные экспериментальные исследования по динамике растекания капли работающего моторного масла по фильтровальной бумаге (радиальное фильтрование) показали, что для формирования основных зон на хроматограмме при выбранных режимах (нанесение капли объемом 15 мкл с расстояния 12,5 мм и сушки фильтровальной бумаги с нанесенной каплей при температуре  $80 \pm 5$  °С) необходимое и достаточное время завершения процесса сушки составляет 40 мин.

## Литература

1. Корнеева, В. К. Глубинное радиальное фильтрование в волоконных фильтроэлементах / В. К. Корнеева, В. М. Капевич, И. В. Закревский // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка : материалы 15-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 14–16 сент. 2022 г.) / Нац. акад. Наук Беларуси; редкол.: А. Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2022. – С. 237–241.
2. Капевич, В. М. Отличительные особенности глубинного радиального фильтрования в цилиндрических фильтроэлементах / В. М. Капевич, В. К. Корнеева, И. В. Закревский // Порошковая металлургия : респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2022. – Вып. 45. – С. 122–126.
3. Капевич, В. М. Расчет процесса очистки моторного масла от частиц сажи методом радиального фильтрования / В. М. Капевич, В. К. Корнеева, И. В. Закревский // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые

порошковые композиционные материалы. Сварка = Powder Metallurgy: Surface Engineering, New Powder Composite Materials и Welding : сб. докл. 13-го Международ. симп. (Минск, 50–7 апр. 2023 г.) : в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: А. Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2023. – Ч. 1. – С. 116–119.

4. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЖЕЛЕЗНОЙ ОКАЛИНЫ СОВМЕЩЕННЫМ ПРОЦЕССОМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ – СПЕКАНИЯ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ В ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

**В. Ю. Лопатин, А. Г. Ермилов**

*Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия,  
e-mail: lopatin63@mail.ru*

Прокатная окалина углеродистых нелегированных сталей в отечественной порошковой металлургии является традиционным сырьем для получения железного порошка, однако существует возможность изготовления из нее пористых спеченных материалов без стадии получения железа в виде порошка. Во французском патенте [1] показана возможность изготовления порошкового спеченного материала непосредственно из оксидов железа путем их измельчения и прессования с последующими восстановлением и спеканием, проводимыми одновременно в токе водорода при температуре 850 °С в течение 5 ч. Для предотвращения растрескивания прессовок было предложено нагревать их со скоростью подъема температуры не более 50–100 °С/ч, а охлаждать соответственно со скоростью 150–300 °С/ч. Таким образом, суммарная продолжительность совмещенного процесса восстановления – спекания составляла от 16 до 27 ч. При этом даже такие низкие скорости изменения температуры не исключали возможности коробления спекаемых металлических