

УДК 665.66

**П.Т. Петрик, Ю.О. Афанасьев, А.Р. Богомолов, И.В. Дворовенко, А.А. Богомолов**

## РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ

В общей проблеме утилизации промышленных отходов особое место занимает задача о переработке использованного минерального масла, в больших количествах остающегося при эксплуатации автомобильного транспорта и различных механизмов промышленных предприятий.

К минеральным маслам относят нефтепродукты: нефтяные масла и нефтяные промывочные жидкости. Отработанные нефтепродукты предназначены для регенерации, очистки и использования взамен других нефтепродуктов в соответствии с нормативно-технической документацией.

Сырьем для регенерации являются, в соответствии с ГОСТ 21046-86, нефтепродукты группы ММО – отработанные моторные (для авиационных поршневых, карбюраторных и дизельных двигателей), компрессорные, вакуумные и индустриальные масла, а также группы МИО – отработанные индустриальные масла и рабочие жидкости для гидравлических систем, газотурбинные, приборные, трансформаторные и турбинные масла.

Кроме традиционного теплофизического процесса регенерации масел (ректификация), применяющегося на нефтеперерабатывающих заводах и нефтебазах, разработаны другие технологические процессы и установки, использующие физические, физико-химические и химические методы разделения в определенной последовательности.

Физические методы применяют для удаления из масел твердых частиц загрязнений, а также микрокапель воды и некоторого количества смолистых и коксообразных веществ. Чаще всего очистка масел физиче-

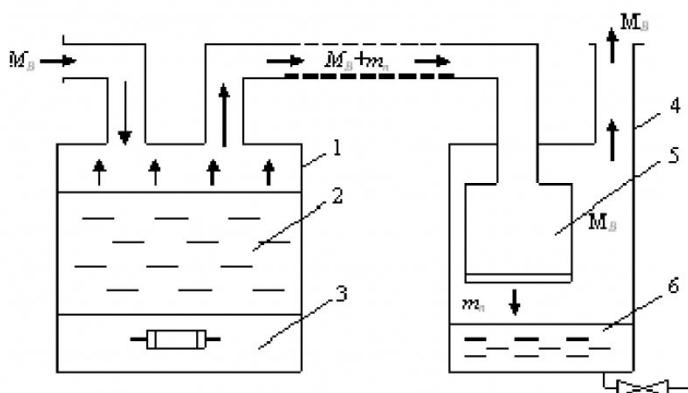
скими методами осуществляется в поле центробежных сил (центрифугирование).

Для удаления из масел легкокипящих примесей применяют выпаривание или вакуумную отгонку (теплофизические методы).

## Физико-химические методы

методы разделения. Сочетание этих методов позволяет регенерировать отработанные масла различных марок с различной степенью снижения показателей качества.

Такие установки сложны в эксплуатации и требуют определения показателей качества



*Рис.1. Принципиальная схема метода регенерации*  
*1 – источник, 2 – сырьё, 3 – нагреватель, 4 – сепаратор,*  
*5 – маслоотделитель, 6 – чистое масло*

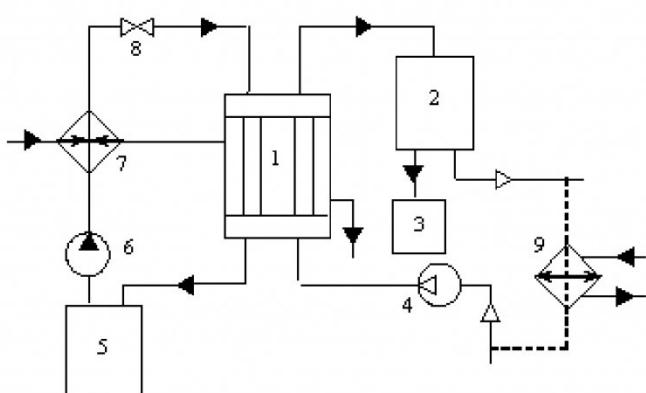
включают коагуляцию, адсорбцию и селективное растворение.

К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистка, окисление кислородом, гидрогенизация и т.д.

Установки для полного восстановления качества отработанного масла, как правило, используют физические, физико-химические и химические

масла до и после переработки. Отходы после переработки нуждаются в утилизации.

Поэтому более широко распространены установки частичного восстановления качества отработанного масла. Они предназначены для очистки масел от механических примесей и воды на основе физических методов разделения.



*Рис.2. Принципиальная схема установки*  
*1 – плёночный испаритель, 2 – сепаратор, 3 – сборник масла, 4 – вентилятор, 5 – ёмкость сырья, 6 – насос, 7 – теплообменник, 8 – вентиль, 9 – теплообменник*

Существует ряд установок для регенерации масел, разработанных ВНИПТИМЭСХ (УХРМ-1, УМС-4МВ, МРУ и др.) [1]. Все эти установки построены по одному физико-механическому методу и содержат центрифугу как необходимый элемент. Поэтому эти установки сложны в эксплуатации, а наличие центрифуги снижает их надежность и долговечность.

Предлагается принципиально новый метод регенерации отработанных минеральных масел. Установка, построенная по этому принципу, не содержит вращающихся механических частей, проста и надежна в эксплуатации. Полученное (регенерированное) масло представляет собой чистый продукт без присадок, воды и механических частей.

Сущность этого метода поясняется рис.1.

Отработанное масло (сырье) 2 загружается в испаритель 1, где нагревается до температуры 140-180 °C посредством нагревателя 3. Со свободной поверхности происходит испарение масла  $m_n$ , от постороннего источника (компрессора, вентилятора) в испаритель подается воздух массовым расходом  $M_a$ . В результате взаимодействия паров масла и холодного воздуха происходит объемная конденсация масла с образованием тумана. При определенных значениях температуры масла и скорости воздуха в объеме испарителя происходит укрупнение частиц масляного тумана.

Туман (массовым расходом  $M_a + m_n$ ), направляется в сепаратор 4, где в отделителе 5 выделяется чистое масло, а воздух выбрасывается в атмосферу. В качестве маслоотделителя 5 применяются фторопластовые пористые фильтры (ФЭП) или импакторы. Стекая по поверхности маслоотделителя чистый продукт попадает в нижнюю (приемную) часть сепаратора 6.

На основании рассмотренного метода была разработана

стационарная установка регенерации отработанных масел, в которой масло движется в виде пленки по внутренней поверхности обогреваемой трубы. Принципиальная схема установки изображена на рис. 2.

Основной аппарат установки – это кожухотрубный пленочный испаритель 1. В трубном пространстве испарителя сверху вниз стекает пленка масла с температурой 150-180°C. Из испарителя масло (сырье) попадает в емкость 5 для отработанного масла. Сырье в испаритель подается насосом 6 через теплообменник 7, где предварительно подогревается. Вентиль 8 служит для регулировки расхода масла и организации устойчивой пленки на внутренней поверхности труб испарителя. Снизу вверх (противоток) по трубам испарителя движется поток холодного воздуха, нагнетаемый компрессором или вентилятором высокого давления 4. Образующийся в трубах испарителя туман поступает в сепаратор 2, где капельки масла отделяются от воздуха. Чистое масло из сепаратора поступает в сборник 3, а воздух выбрасывается в атмосферу. Теплообменник 9 используют в случае замкнутого парогазового контура. В этом случае воздух в теплообменнике 3 охлаждается водой из водооборотного цикла.

Для нагрева масляной пленки в межтрубное пространство пленочного испарителя 1 подается насыщенный или перегретый водяной пар давлением 0,6-0,9 МПа.

В качестве отделителя масла из потока масляного тумана возможно применение фторопластового пористого элемента. Фторопластовый фильтр эффективно разделяет масляный туман

когда скорость движения тумана через поры фильтра (фиктивная скорость) достигает определенного значения. Опыты, проведенные на различных фильтрующих элементах показали, что разделение смеси масло-воздух происходит при фиктивной скорости не менее 0,6 м/с. Недостатком ФЭП является то, что его гидравлическое сопротивление потоку не является постоянной величиной, а увеличивается со временем работы установки по мере насыщения его маслом. Это усложняет эксплуатацию установки.

Этот недостаток отсутствует у другого разделительного элемента сепаратора, выполненного на базе импактора. Импактор содержит набор сдвоенных элементов "сопло – заслонка

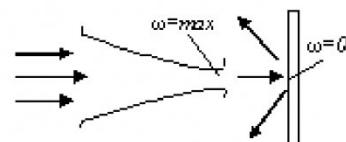


Рис.3. Система сопло-заслонка

ка" различных размеров. Поток масляного тумана разгоняется в сопле и резко ударяется о заслонку (рис. 3). На заслонке поток тормозится ( $\omega=0$ ) и давление возрастает до максимального значения. Капли масла оседают на заслонке и стекают в сборник чистого масла 3 (рис.2). Лабораторная установка регенерации, схема которой представлена на рис. 2, исследована

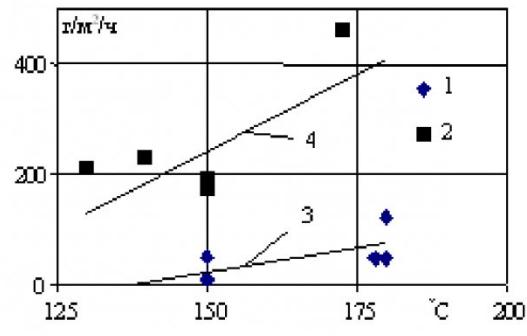


Рис. 4. Зависимость выхода масла от температуры: 1 – испарение с неподвижной поверхностью, 2 – при пленочном движении, 3, 4 – линии тренда для экспериментальных данных 1 и 2 соответственно

в КузГТУ совместно с ИТ СО РАН на стенде. В качестве пленочного испарителя был выбран стеклянный теплообменник "труба в трубе". Пленка масла стекала по внутренней поверхности трубы диаметром 25,5 мм и длиной 240 мм. Для обогрева использовалось кольцевое пространство, по которому циркулировал глицерин с температурой 180-210°C. Температура пленки масла изменялась от 140 до 180°C. Данные по выходу готового продукта представлены на рис. 4.

Сравнение результатов экспериментального исследования двух способов регенерации масла (при испарении с неподвижной поверхности и при пленочном течении масла по внутренней поверхности трубы) показывает, что наиболее эффективным является способ испарения масла из движущейся пленки. Удельная производительность (количество масла, испаряющегося с единицы поверхности в единицу времени) в исследованном диапазоне температур во втором случае приблизительно в 4 раза выше, чем

при испарении с неподвижной поверхностью. Из рис.4 видно, что с повышением температуры масла выход регенерированного масла увеличивается для обоих способов, при пленочном испарении рост более значительный.

В отличие от процесса ректификации (отгонки) масла, предложенный метод регенерации является пожаро- и взрывобезопасным методом. По качеству полученного продукта он ни в чем не уступает продукту, полученному при ректификации

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблема маслоиспользования в России [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: <http://www.lto.h1.ru/mas/problem.html>.
2. Моторные масла - рекомендации по использованию [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: <http://www.lto.h1.ru/mas/recomend.html>.
3. Севрюгина Н.С. Сравнительный анализ методов восстановления свойств моторных масел [Электронный ресурс] – Орел, 2001 - Режим доступа: <http://www.ostu.ru/conf/ers2001.html>.
4. Электронный сайт лаборатории технического обслуживания ВНИПТИМЭСХ (ЛТО) [Электронный ресурс] – 2003. – Режим доступа: <http://www.lto.h1.ru>

□ Авторы статьи:

Петрик Павел Трофимович - докт. техн. наук, проф., зав. каф. про- цессов, машин и аппаратов химиче- ских производств	Афанасьев Юрий Олегович- - канд. техн. наук, доц. каф. процессов, машин и аппаратов химических произ- водств	Богомолов Александр Романович - канд. техн. наук, доц. каф. процессов, машин и аппаратов химических произ- водств	Дворовенко Игорь Викторович - канд. техн. наук, доц. каф. процессов, машин и аппаратов химических произ- водств	Богомолов Артем Александрович - соискатель каф. процессов, машин и аппаратов химиче- ских производств
---	---	--	--	---

**УДК 541.49: 546.47.732.+547.775**

**О.В. Каткова, Н.Н. Чурилова, Т.Г. Черкасова**

## ВНЕШНЕСФЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ РОДАНИДОВ ЦИНКА И КОБАЛЬТА С АМИДОПИРИНОМ

Комплексные роданиды переходных металлов с различными органическими лигандами подробно описаны в [1]. Данные о комплексных роданидах переходных металлов с амидопирином (1-фенил-2,3-диметил-4-аминопиразолоном-5) – органическим основанием, обладающим жаропонижающим и анальгезирующим действием на организм человека [2], немногочисленны и зачастую противоречивы. Введение амидопирина приводит к значительному утя-

жению молекул комплексных соединений, следствием чего является понижение растворимости комплексов, с одной стороны, и увеличение прочности самих комплексных соединений, с другой. Известно, что в зависимости от кислотности среды переходные металлы с амидопирином образуют комплексы двух типов. При pH среды близкой к нейтральной, образуются координационные соединения, во внутренней сфере которых находятся металл, тио-

цианат-ион и амидопирин. В кислых водных растворах (pH~2) переходные металлы образуют внешнесферные комплексы состава  $[M(NCS)_4](AmyH)_2$  [3].

Целью данной работы было получение и внешнесферных роданидов цинка и кобальта с амидопирином и их исследование с помощью физико-химических методов анализа.

*Экспериментальная часть*