

ОЧИСТКА И СЕПАРАЦИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ РЕОЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ

В статье представлены результаты исследований по совершенствованию технологического процесса сепарации нефтепродуктов на центробежных реосепараторах малой производительности. Предложена классификация регуляторов реосепараторов нового типа. Реоцентрифуга рекомендуется к использованию в системах смазки автомобильных двигателей.

Ключевые слова: сепарация, регуляторы, технология, реоцентрифуга, нефтепродукты.

Потребление автомобилями в год различных горюче-смазочных материалов (ГСМ), производимых из нефти, составляет миллионы тонн. Ежегодно накапливается примерно 33 млн. т отработанных масел. Реальный их сбор в мире составляет лишь 19 млн. т/год. Более 14 млн. т ежегодно попадают в окружающую среду, загрязняя ее [1]. Основными потребителями ГСМ являются автотранспортные предприятия (АТП). По данным ВНИИ по переработке нефти, 40–48% отработанных нефтепродуктов собирается, но из них только 14–15% направляется на переработку, остальное используется в виде топлива. В Европе теряется около 25% отработанных масел, до 75% собирается. Из них 25% подвергается регенерации, остатки сжигаются. В Директиве 67/101/EWG Совета ЕЭС отмечено, что предпочтение должно отдаваться не уничтожению отработанных нефтепродуктов, а их регенерации.

В 2002 году Россия согласилась с условиями Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. Выполнение принятых государственных программ позволит улучшить ситуацию. Разработан список критически важных технологий, которые носят межотраслевой характер и могут дать большой экономический эффект после внедрения в ближайшие 10 лет. Президентом Российской Федерации утвержден их перечень, в числе которых: «Обезвреживание техногенных сред», «Природоохранные технологии, переработка и утилизация техногенных образований и отходов».

Первым этапом регенерации является очистка нефтепродуктов от механических примесей. Наиболее эффективным является центробежный способ [2]. С помощью реоцентрифуг можно выделить из отработанных масел и из топлив такие мелкие частицы, которые невозможно удалить другими методами.

Для лучшего понимания материала статьи дадим определение терминам, которые сравнительно недавно стали применяться в научной литературе. Реосепараторы и реоцентрифуги – это центробежные машины, предназначенные для разделения растворов (эмульсий и суспензий) на фракции по плотности в поле действия центробежных сил. Функционально они отличаются от других машин с таким же названием: центрифуга для тренировки космонавтов, сепаратор-катетер, сепаратор глушителей пороховых и выхлопных газов, подшипниковый сепаратор, стоматологический сепаратор.

Машины, применяемые при очистке нефтепродуктов, по принципу действия и по конструктивным особенностям весьма разнообразны. Зарубежные компании предлагают ряд технических решений для регенерации горюче-смазочных материалов. Недостатком этих технологий является их высокая стоимость. Для очистки нефтепродуктов зарубежные фирмы выпускали установки «Фильтерпак» (Великобритания), «Лайниек», «Ойл филд», ОСКА-М (Япония), фильтр-сепаратор «Петройлер» (США) и другие [3]. Российские производители и сейчас предлагают ряд стационарных и передвижных установок для очистки нефтепродуктов: СУОМ (ВНИИПТИМЭСХ), «Родник» (ГОСНИТИ), УОН (ГНПП «Конверсия»), УОМ-1А, УОМ-3А (ВИИТиН), СОГ-903А, СОГ-904А, СОГ-913, СОГ-913К (АО «Тесар-Со»), малогабаритная маслоочистительная установка на базе автомобиля ГАЗ-66 (ВНИИПТИМЭСХ) и другие [4]. Для очистки нефтепродуктов от воды и механических примесей в России производились реоцентрифуги ТС-15, ТС-20, НС-1, НС-5, НС-15, НСМ-1, НСМ-2, НСМ-3, НСМ-4, СЦ-0,5, СЦ-1,5, СЦ-3, СЦС-3, ПСМ1-3000. Из зарубежных машин широко известны

реосепараторы «Лаваль», «Крупп», «Титан», «Вестфалия», «Шарплес» [5].

Большинство существующих конструкций реоцентрифуг и реосепараторов имеют большую или среднюю производительность. При очистке малых объемов отработанных материалов их применение нерентабельно. Реоцентрифуги малой производительности практически не выпускаются, но потребность в них немалая.

В России малый и средний бизнес, занимающийся эксплуатацией или ремонтом различных машин, нуждается в центробежных реосепараторах малой производительности (ЦРС-МП), которые обеспечивали бы высококачественную очистку небольших объемов технических жидкостей: топлив, масел, охлаждающих и моющих (керосин, бензин) жидкостей. Недостатком существующих очистных установок, реоцентрифуг является отсутствие универсальности у большинства машин. Невозможно на одном ЦРС получить желаемую тонкость очистки для всех перерабатываемых материалов. Одна машина настроена на очистку данного материала с определенной тонкостью, и для переработки других материалов она не приспособлена. Получение желаемой глубины очистки каждого материала возможно в том случае, если производительник самостоятельно подберет режимы сепарации, не заложенные в технической документации, или купит новые реоцентрифуги.

Основное направление исследований всех мировых производителей по совершенствованию ЦРС – уменьшение размеров барабанов реосепараторов. Высокая рентабельность получается при замене одного дорогого реосепаратора большой производительности несколькими дешевыми малой. Улучшения качества сепарации добиваются за счет рационально выстроенной технологической цепочки, которая заключается в более интенсивной загрузке оборудования. Это приводит к быстрому износу машин [6].

Второе место занимает такое направление исследований, как универсализация машин. Примером может служить импортный реосепаратор В5 (Германия), применяемый для очистки сточных вод, отработанных нефтепродуктов, отходов химических производств. В России выпускаются универсальные реосепараторы, которые работают в химической промышленности и предназначены для очистки сточных вод,

полиэлектролитов, минеральных масел, экстрактов в медицинской промышленности.

Третье направление исследований – разработка техпроцессов со щадящим режимом переработки жидкостей (с малой интенсивностью механического и теплового воздействия). Реосепаратор «Культурефуг» (Швеция) предназначен для осветления высококачественных напитков от частиц, чувствительных к встряхиванию и легкому механическому воздействию. Переработка таких материалов на других машинах приводит к разрушению частиц и создает проблемы с выделением, что резко снижает качество конечного продукта.

При создании нового поколения лекарств и медикаментов, получаемых из клеточных биологических растворов, разработан техпроцесс сепарации, требующий особенно мягкой механической обработки. Компании – ведущие производители центрифугальной техники Германии внедряют программу «Эффективность - Экономия - Экспертиза» (ЗЕ) для систем сепарации. Проект «Мягкий поток» – внедрение реосепараторов, оснащенных гидрогерметичной системой подачи, предназначенной для щадящей загрузки продукта в барабан. Это дает оптимальный осветляющий эффект, который можно использовать для сушки нефтепродуктов (удаление влаги). Система сепарации с полирующим эффектом является альтернативой процессу фильтрации.

Менее всего проведено работ по внедрению дополнительных регуляторов техпроцесса сепарации и учету реологических свойств жидкостей. Итальянская фирма разработала автоматическую систему нормализации по плотности молока и сливок основанную на прямом измерении плотности сливок, на выходе из барабана. Реосепараторы MBUX (Швеция) предназначены для извлечения дрожжей и микроорганизмов, легко перемещающихся в барабане против действия центробежных сил. Здесь учитываются псевдопластические свойства суспензии.

Приведенные примеры показывают, что научных исследований в области сепараторостроения недостаточно. Объяснить это мы можем тем, что с самого начала изобретения центробежных машин в нашей стране механика процесса сепарации не совершенствовалась, а научная информация зарубежных фирм, как коммерческая тайна, закрыта для общего пользования. Классическая Г.И. Бремера и гидроди-

намическая Е.М. Гольдина теории сепарации, в которых учитываются только ньютоновские свойства жидкостей, не дорабатывались [7].

Упрощенная методика проектирования ЦРС включает несколько этапов [8]: определение вязкости жидкости, процентного состава легкой и тяжелой фракций раствора, вычисление положения границы раздела фаз, расчет кинематических и технологических параметров, выбор необходимой конструкции барабана центробежного очистителя из имеющегося модельного ряда.

Точное проектирование проводится по шведскому методу [9]. В приложении к заявке, которую должен предоставить заказчик новой центрифуги, указывают:

1. Назначение изделия (продукта, получаемого на ЦРС):

а) жидкость/твердое вещество, жидкость/жидкость, жидкость / жидкость / твердое вещество;

б) очищенная жидкая или твердая фаза, сортировка твердой фазы, очищенная легкая или твердая фаза;

в) осветление, сушка, сортировка, очистка, концентрирование.

2. Описание процесса:

а) легкая или тяжелая жидкая фаза, твердая фаза;

б) процентное содержание по объему или по весу, плотность, вязкость;

в) горючее, коррозионное, токсичное, пенящееся.

3. Требуемая чистота:

а) легкая или тяжелая жидкая фаза, твердая фаза;

б) процентное содержание по объему или по весу;

в) важно, не важно, склонность к эмульсии.

4. Поток исходной смеси:

а) непрерывный;

б) периодический и т.д.

В проекте имеется в виду техпроцесс очистки нефтепродуктов на реоцентрифуге, который должен состоять из следующих операций:

1. Включить электродвигатель. Разгон, промывка и разогрев барабана.

2. Подогрев и подача в барабан раствора, предназначенного для очистки.

3. Вывод разделенных фракций.

4. После окончания сепарации промывка барабана.

5. Выключить электродвигатель привода, включить тормоз.

6. Остановка, разборка и очистка барабана.

Процесс может включать периодическую или непрерывную выгрузку осадка. При сепарации раствора с другим составом дисперсной фазы (реальные жидкости очень разнообразны по свойствам) надо выбирать новую конструкцию барабана. Если такой конструкции нет, то приходится проектировать новый ЦРС.

Разделение многофазного раствора на фракции предполагает проведение его в несколько этапов. Технологический процесс здесь предусматривает наличие в производственной линии последовательного ряда барабанов ЦРС с уменьшающейся шириной конусных рабочих зазоров (КРЗ). Это тоже не дает высокого качества. При очистке на финишной операции применяются фильтрационные установки. Описание существующего способа проектирования ЦРС показывает, что это очень дорогая и сложная процедура. Не случайно на предприятиях России этим мало кто занимается. Дешевле отработанные нефтепродукты слить в канализацию и заплатить штраф.

Целью и задачами наших исследований являлось создание универсальных центробежных очистных установок для нефтепродуктов и технологических процессов сепарации суспензий и эмульсий, расширяющих возможности применения ЦРС малой производительности.

Решение этих задач – во внедрении новых регуляторов ЦРС. На рисунке 1 дана их классификация и функции, которые они выполняют. Здесь под номерами 8–11 приведены те, которые разработаны авторами статьи.

С использованием регуляторов 8 и 9 техпроцесс сепарации суспензий реализуется на реоцентрифуге двойного назначения [10]. Простая по конструкции, она может быть изготовлена разной производительности не только на специализированных сепараторных предприятиях, но и на любом механическом заводе, так как реоцентрифуга не имеет пакета конусных тарелок (рисунок 2).

Для создания сдвига потока жидкости, обеспечивающего гашение турбулентных течений, предусмотрено тормозное устройство 18, которое задает разность угловых скоростей конусов 3 и 4. Регулировочный винт 13 устанавливает необходимую ширину КРЗ.

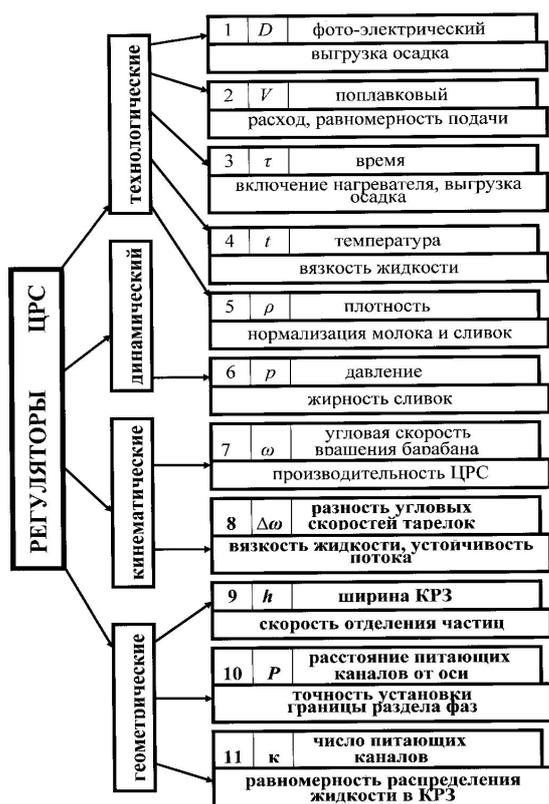
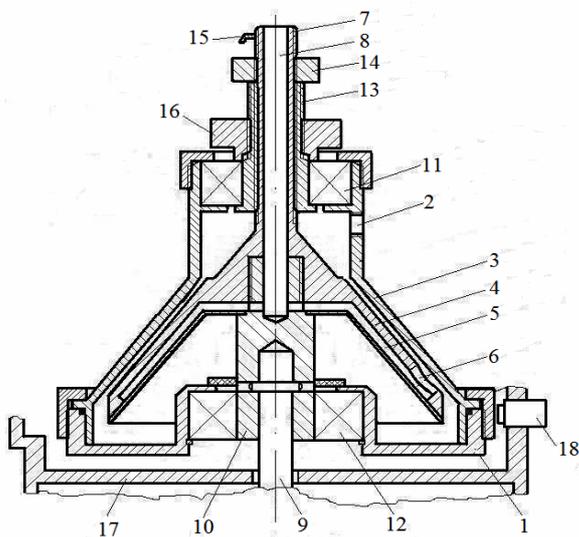


Рисунок 1. Классификация регуляторов центробежных реосепараторов: D – оптическая плотность; V – расход жидкости



1 – корпус; 2 – отводящий канал; 3 – внешний конус; 4 – внутренний конус; 5 – подводящая полость; 6 – питающее отверстие; 7 – полый вал; 8 – подводящий канал вала; 9 – привод; 10 – втулка; 11, 12 – подшипники; 13 – регулировочный винт; 14 – контргайка; 15 – указатель (метка); 16 – крышка с лимбом; 17 – несущая конструкция; 18 – тормоз

Рисунок 2. Схема реоцентрифуги

Техпроцесс очистки рециркуляционным способом (с полирующим эффектом) на новой реоцентрифуге включает следующие операции:

1. Установка конусного рабочего зазора 0,5 мм.

1.1. Включение электродвигателя привода.

1.2. Разгон, промывка и разогрев барабана.

1.3. Подача в барабан заданной порции раствора для удаления частиц загрязнений большого размера.

1.4. Включение тормозного устройства для гашения турбулентных течений.

1.5. После сепарации раствора выключить тормоз.

1.6. Промывка барабана. Выключить электродвигатель, остановить барабан.

2. Установка конусного зазора 0,4 мм.

2.1. Включение электродвигателя привода, разгон барабана.

2.2. Подача в барабан раствора для удаления частиц среднего размера.

2.3. Включить тормоз. После сепарации выключить тормоз. Промывка и остановка барабана.

3. Установка конусного зазора 0,3 мм для удаления из раствора мелких частиц... и т.д. до полной очистки данной порции раствора от механических примесей, которая может быть доведена до 99,999%. Лучшие импортные ЦРС дают 99,99%.

Для сепарации эмульсий разного типа и разного состава (например, моторное масло в воде) нами разработан ЦРС [11], в котором возможна установка питающих каналов на разном расстоянии от оси вращения барабана. Механизм, используемый для этого, может также изменять число питающих отверстий на окружности «нейтрального слоя», что обеспечивает равномерность загрузки КРЗ (регуляторы 10 и 11). На рисунке 3 показана схема нового реосепаратора.

Число источников питания КРЗ в барабанах промышленных реосепараторов выбирается по минимальному принципу. Способ регуляции числа питающих каналов, разработанный нами, допускает их увеличение. В этом случае Е.М. Гольдин дает более точный расчет параметров процесса сепарации, т.к. основная часть гидродинамической теории предусматривает наличие в КРЗ бесконечного числа точечных источников питания.

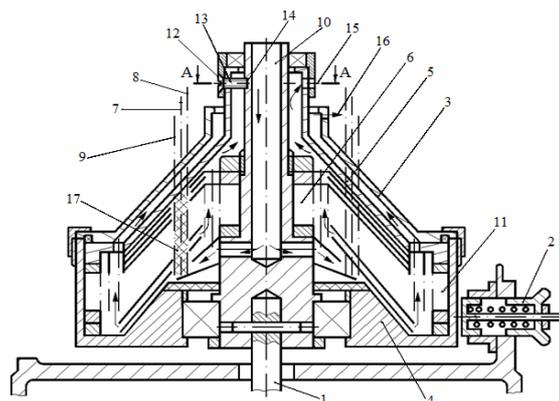
Ниже приводится техпроцесс сепарации растворов с разным процентным соотношением легкой фракции (масла) на реосепараторе с разделенными пакетами четных и нечетных тарелок. Принимаем обозначения Р1, Р2 и Р3 – расстояния питающих каналов от оси вращения (на рисунке 3 – позиции 7, 8 и 9 соответственно), определенные по концентрации в жидкости легкой фракции С1, С2 и С3 (растворы №1, 2 и 3):

1. Установить питающие каналы в положение Р1 (концентрация = С1).
2. Включить электродвигатель привода. Разгон и промывка барабана.
3. Подача в барабан и сепарация раствора №1.
4. После окончания сепарации – промывка барабана.
5. Выключить электродвигатель, включить тормоз для остановки барабана.
6. Выключить тормоз. Для сепарации раствора №2 (концентрация легкой фракции = С2) установить питающие каналы в положение Р2.
7. Включить электродвигатель привода. Разгон барабана.
8. Подача в барабан раствора №2 для его сепарации.
9. После сепарации раствора №2 промывка барабана.
10. Выключить электродвигатель. Включить тормоз. Остановка барабана.
11. Выключить тормоз. Для сепарации раствора №3 (концентрация легкой фракции = С3) установить питающие каналы в положение Р3.
12. Включить электродвигатель привода. Разгон барабана.
13. Подача в барабан раствора №3 для его сепарации и т.д.

Внедрение новых технологий и оборудования центробежной сепарации жидкостей позволило определить критерии эффективности (новые потребительские качества): более высокая производительность с лучшим качеством сепарации; падающий и полирующий режимы; повышенная степень управляемости техпроцесса сепарации; универсальность; надежность и долговечность деталей; дешевизна; простота обслуживания; высокая технологичность и унификация.

Список литературы:

1. Морозов, Н.А. Совершенствование центробежной очистки автомобильных эксплуатационных материалов от механических примесей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к. т. н. – Оренбург: ГОУ ВПО ОГУ, 2006. – 18 с.
2. Большаков, Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов / Г.Ф. Большаков. – Л.: Недра, 1974. – 320 с.



1 – привод; 2 – тормозное устройство; 3 – крышка; 4 – основание; 5 – разделительная тарелка; 6 – основной тарелкодержатель; 7, 8 и 9 – оси отверстий в тарелках, образующих питающие каналы; 10 – полый вал; 11 – дополнительный тарелкодержатель; 12 – винт; 13 – резьбовое отверстие; 14 – глухое отверстие; 15 и 16 – каналы, отводящие разделенные фракции; 17 – рабочий канал, открытый для питания КРЗ (заштрихованная часть рисунка)

Рисунок 3. Реосепаратор

Разработанные техпроцессы сепарации относятся к категории универсальных. Реоцентрифуга-очиститель двойного назначения способна контролировать вязкость раствора в КРЗ и предназначена для сепарации любых суспензий с высоким качеством. Заменяет технологическую линию машин, используемых в настоящее время для сепарации многофазных растворов, которыми являются отработанные нефтепродукты. Полирующий эффект позволяет удалять из раствора предельно мелкие частицы, исключив из техпроцесса операцию фильтрации. Результаты исследований нацелены на улучшение экологической ситуации и предлагаются к внедрению на АТП и в коммерческих фирмах, занимающихся эксплуатацией или ремонтом различных машин. Рационально построенная технологическая цепочка и замена больших барабанов меньшими типоразмерами дает двух-, трехкратный экономический эффект в соотношении цены и качества конечного продукта.

Реоцентрифуга рекомендуется к использованию в системах смазки как грузовых, так и легковых автомобилей.

10.06.2011

3. Чуршук, Е.С. Современные способы и средства регенерации отработанных масел /Е.С. Чуршук, В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1987. – 75 с.
4. Машины и оборудование для технического сервиса в АПК. – Том IV. – М.: Информагротех, 1993. – 256 с.
5. Шашкин, П.И. Регенерация отработанных нефтяных масел / П.И. Шашкин, И.В. Брай. – М.: Химия, 1970. – 304 с.
6. Мандреа, А.Г. (Компания «Вестфалия Сепаратор АГ»). Современное центробежное оборудование для взрывоопасного производства присадок к моторным маслам / А.Г. Мандреа // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. -№6. - С. 47-51.
7. Бремер, Г.И. Жидкостные сепараторы / Г.И. Бремер. – М.: Машгиз, 1957. – 243 с.
8. Гольдин, А.М. Гидродинамические основы процессов тонкослойного сепарирования /А.М. Гольдин, В.А. Карамзин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 264 с.
9. <http://dpm.uaprom.net/p834848-separatory-alfa-laval.html>.
10. Патент RU №2231043, МПК⁷ G 01 N 11/14. Вискозиметр / Л.П. Карташов, В.В. Назаров, Т.Н. Корнилова, Н.А. Морозов, М.В. Буянов. - Заявл. 29.07.02. - Опублик. 20.06.04. Бюл. №17.
11. Патент RU №2368428, МПК⁷ B 04 B 1/08. Способ установки питающих каналов на границе раздела фаз /В.В. Назаров, Л.П. Карташов, В.М. Кушнаренко, М.И. Филатов, Ю.А. Брудастов. -Заявл. 29.02.08. - Опублик. 27.09.09. Бюл. №27.

Сведения об авторах:

Назаров Вячеслав Владимирович, доцент кафедры деталей машин и прикладной механики
транспортного факультета Оренбургского государственного университета,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: reonaz.v.v@yandex.ru

Кушнаренко Владимир Михайлович, заведующий кафедрой деталей машин и прикладной механики
транспортного факультета Оренбургского государственного университета,
доктор технических наук, профессор
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532) 372561, e-mail: vmkushnarenko@mail.ru

UDC 621.928

Nazarov V.V., Kushnarenko V.M.

Orenburg state university, e-mail: reonaz.v.v@yandex.ru

PURIFICATION AND SEPARATION OF OIL BY REOCENTRIFUGING

The authors present the results of research to improve the process of separation of oil on centrifugal reoseparators of low volume. They proposed classification of regulators of reoseparators of new type. Reocentrifuge is recommended for use in car engines lubricating systems.

Key words: separation, regulators, technology, reocentrifuge, petroleum products.

Bibliography:

1. Morozov, N.A. Improving centrifugal cleaning vehicle operational materials from solids. Dissertation for the degree ph.d. – Orenburg: OSU, 2006. – 18p.
2. Bolshakov, G.F. Recovery and quality control of petroleum products / G.F. Bolshakov.– L.: Bowels, 1974.– 320p.
3. Churshukov, E.S. Modern methods and means of regeneration of waste oils / E.S. Churshukov, V.P. Kovalenko, V.E. Turchaninov. – М.: CSRIHEpetrochemical, 1987.-75p.
4. Machinery and equipment for technical services in the agricultural sector. – Т. IV. – М.: IAT, 1993.– 256p.
5. Shashkin, P.I. Regeneration of waste petroleum oil / P.I. Shashkin, I.V. Bry/ – М.: Chemistry, 1970.-304p.
6. Mandrea, A.G. (The Company Westphalia Separator AG). Modern centrifugal equipment for explosive production of additives for motor oils / A.G. Mandrea. //Refining and Petrochemicals.-2005.– №6.– P.47-51.
7. Bremer G.I. Liquid separator / G.I. Bremer. –М.: MPH, – 243p.
8. Goldin A.M. Hydrodynamic framework of processes of thin-layer separation / A.M. Goldin, Karamzin V.A. –М.: APH, 1985.-264p.
9. <http://dpm.uaprom.net/p834848-separatory-alfa-laval.html>.
10. Патент RU №2231043, МПК⁷ G 01 N 11/14. Вискозиметр /Л.П. Карташов, В.В. Назаров, Т.Н. Корнилова, Н.А. Морозов, М.В. Буянов (Russian Federation).– It is deklared 29.07.02. – Pudl. 20.06.04. Bull. №17.
11. Патент RU №2368428, МПК⁷ B 04 B 1/08. The method of installation of food channels on border of section of phases / V.V. Nazarov, L.P. Kartashov, V.M. Kushnarenko, M.I. Filatov, U.A. Brudastov (Russian Federation).– It is deklared 29.02.08. – Pudl. 27.09.09. Bull. №27.