

Судовые центробежные сепараторы топлива и масла

Февраль 2025

Составил доц. Перов В.Н.
Каф. Теплотехники, СК и ВУ

Оглавление.

1. НЕМНОГО ИСТОРИИ
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ

- 2.1. Формула скорости сепарации
- 2.2. Понятие пурификации и кларификации
- 2.3. Процесс пурификации
- 2.4. Процесс кларификации
- 2.5. Выбор гравитационного диска с

помощью номограмм или таблиц

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СУДОВЫХ СЕПАРАТОРОВ ТОПЛИВА И МАСЛА

- 3.1. Основные типы и основные детали
- 3.2. Понятие сепарационной установки

3.2.1. *Насосы*

3.2.2. *Подвод воды*

- 3.3. Напорные диски

(«центростремительные» насосы)

- 3.4. Кинематика привода

3.4.1. *Шестерённый привод*

3.4.2. *Плоскоременной привод*

3.4.3. *Частотный/интегрированный*

привод

- 3.5. Особенности конструкции

несамоочищающегося сепаратора

- 3.6. Особенности конструкции и работы самоочищающегося сепаратора

- 3.7. Особенности конструкции и работы соплового сепаратора

4. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СХЕМ РАБОТЫ СУДОВЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СЕПАРАТОРОВ

4.1 Частичная разгрузка. Сепараторы типа WHPX

4.2 Автоматическая система сепарирования «Альфакс»

4.3. Схемы кларификаторов с контролем содержания воды. («ALCAP», «G-Hidden»)

4.3.1. *Особенности сепарационной системы ALCAP*

4.3.2. *Особенности сепарационной системы “G-Hiddens” компании Мицубиси*

4.4. Сепараторы Альфа Лаваль модели S

4.5. Сепараторы Альфа Лаваль модели P

4.6. Серия Flex моделей S и P

4.7. Особенности сепараторов Мицубиси

4.8. Сепараторы фирмы Вестфалия

4.9. Российские сепараторы

5. ТБ и ТО

Глава 1. Немного истории.

Использовать центробежную силу для разделения веществ с разной плотностью человечество начало ещё в древности. Так можно упомянуть, старинные приспособления для выдавливания сока, для получения сахара из сахарного тростника, меда из сот и др.

То есть по практика подсказывала идею заменить ускорение силы тяжести во много раз большим центробежным ускорением и тем самым существенно ускорить разделение имеющих разную плотность частей продукта.

В главных чертах всякая центробежная машина, если не вспоминать совсем древние китайские тыквенные сосуды для выдавливания сока, обвязанные веревкой, который вращали с наибольшей для человека скоростью — представляет собой полый цилиндрический барабан, состоящий из двух кожухов — цельного наружного и внутреннего с массой мелких отверстий.

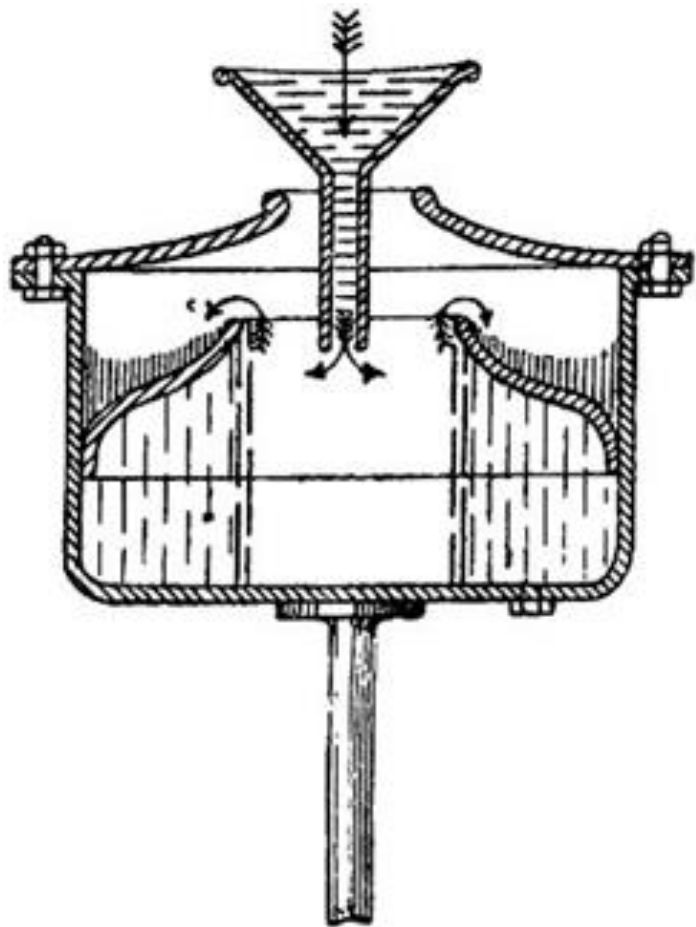


Но, сила, развивающаяся в центрифуге, может быть невообразимо велика, превосходя силу тяжести в тысячу и более раз.

Действие центробежной силы **может стать разрушительным**, если при постройке механизма его неправильно рассчитали. Или, если скорость вращения переходит за пределы, допускаемые прочностью материала, что часто было и остается причиной всякого рода катастроф.

Например, центробежная сила могла разнести на куски маховое колесо двигателя. Вследствие этого машины, построенные на принципе действия центробежной силы, всегда внушали к себе недоверие, особенно до той поры, пока не были найдены достаточно прочные материалы и разработаны научные основы техники.

Например, в 1875 году во французском Лилле запатентованная машина для «непрерывного центробежного сцеживания» при первом же опыте разлетелась на куски, изобретатель был убит.



В 1878 шведский инженер и изобретатель Густав де ЛАВАЛЬ (Laval), чьи предки - гугеноты бежали из Франции от преследований, был не первый, применивший центрифугу для молочной промышленности, **но первый, сконструировавший такое устройство непрерывного действия**, которое позволяло производить масло в промышленных объёмах.

Он и дал ему название «сепаратор».

Рис. 1 Собственноручный рисунок Лавала, приложенный к его патенту на сепаратор

История сепаратора начинается со второй половины XIX века. Один из первых изобретателей молочного сепаратора был шведский инженер Густав де Лаваль.

В 1878 году де Лаваль сконструировал центробежный **сепаратор непрерывного действия**, что позволило ускорить процесс разделения молока на сливки и обрат.

Производительностью 130 литров в час, впервые продемонстрированном в 1879 году в Стокгольме.

Годом основания компании Альфа Лаваль считается 1883, когда Густаф де Лаваль и его партнер Оскар Ламм создали компанию AB Separator.

Первый «сепаратор Лавалья» состоял из сравнительно небольшого, разделенного на две половины, вращающегося сосуда с отверстием наверху для вливания молока.



Рис. 1890 г. - сепаратор сливок Лавалья

Сливки под давлением более тяжелого снятого молока должны были идти к центру и вверх, в верхнее отделение, тогда как снятое молоко остается в нижнем отделении сосуда.

С помощью конного привода или паровой машины на 2-3 л. с. скорость вращения сепаратора должна быть при наличии сложной передачи доведена до
6–7 тысяч оборотов в минуту.



Gustaf de Laval.

Fotografi.

Шведский инженер и
изобретатель 1845 – 1913

Запатентовал 93 изобретения.

Основные:

1878 – **ЦБ сепаратор**

1888 создал **паровую
одноступенчатую
турбину активного типа**, где
впервые применил
расширяющиеся сопла,
пришёл к выводу, что сопло
должно иметь форму конуса (в
1889 получил патент на «**сопло
Лавалья**»)...

Сепараторы в Сибири стали появляться в конце XIX века. «До 1882 г. сепараторов почти не было в России. С 1886 г. они распространились так быстро, что вытеснили окончательно старый способ», – писал В.И. Ленин в работе «Развитие капитализма в России».



Что же произошло в 1886 году? Оказывается, все первые сепараторы приводились в действие каким-нибудь двигателем, это-то и препятствовало их широкому применению. Только в 1886 году **появился сепаратор с ручным приводом.**

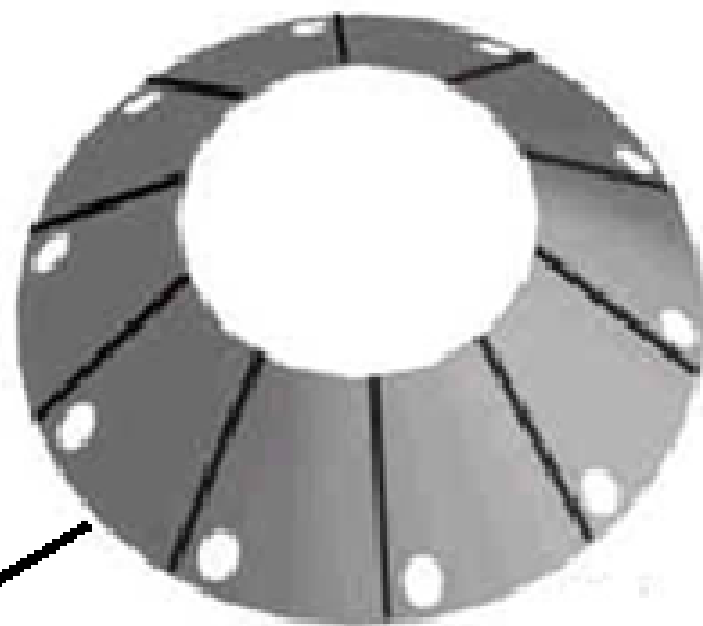
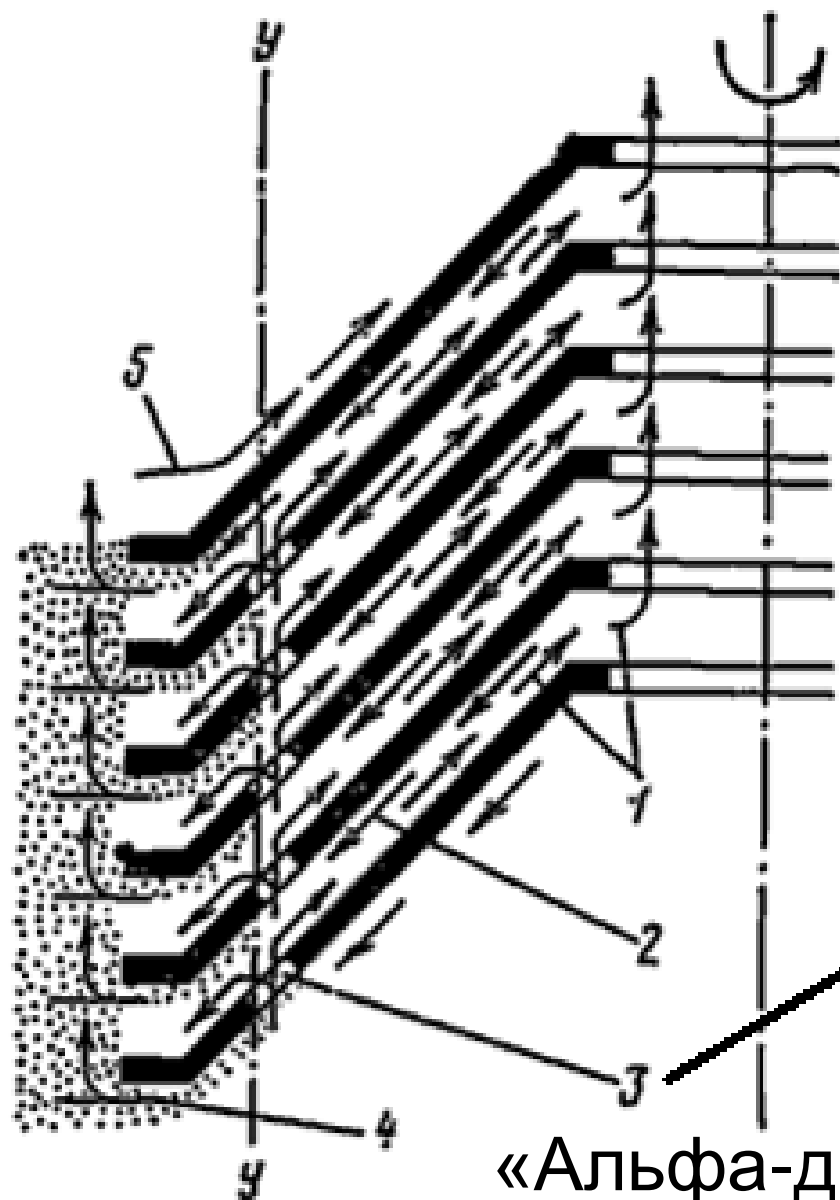
Важнейшим этапом совершенствования сепараторов является приобретение патента на конические металлические диски у немецкого изобретателя Клеменса фон Бехтольсхайма в 1889 году. Так называемые «**альфа-диски**» - конические тарелки устанавливаемые на пути потока, которые значительно улучшили качество разделения жидкостей с разной плотностью, посредством создания множества потоков-слоёв, в каждом из которых отдельно шёл процесс сепарации.

С помощью этих, так называемых, «Альфа-дисков» производительность сепаратора увеличилась во много раз.

А **первый масляный сепаратор** компания Альфа Лаваль продала в 1916 году. В предвоенные годы формируются предприятия в Дании, Южной Африке, Финляндии, Австралии, Новой Зеландии, Польше, Югославии и Ирландии.

Первые продажи компанией **самоочищающихся** сепараторов начинаются в 1951 году.

В 1963 году компания изменяет свое название с AB Separator на Alfa-Laval AB. Название “Альфа” является производным от Альфа-дисков и “Лаваль” от фамилии основателя компании.



«Альфа-диски»

Успех сепараторов побудил механический завод «Людвиг Нобель» в Санкт-Петербурге приобрести у шведской фирмы «АВ СЕПАРАТОР» лицензию на право строить её сепараторы. Производство их было организовано в 1890 году. При заводе был выделен отдел, а в 1914 году превращен в самостоятельное предприятие, которое получило название Товарищество «**Альфа – Нобель**». Предприятие продавало около 20 тысяч сепараторов своего производства ежегодно.



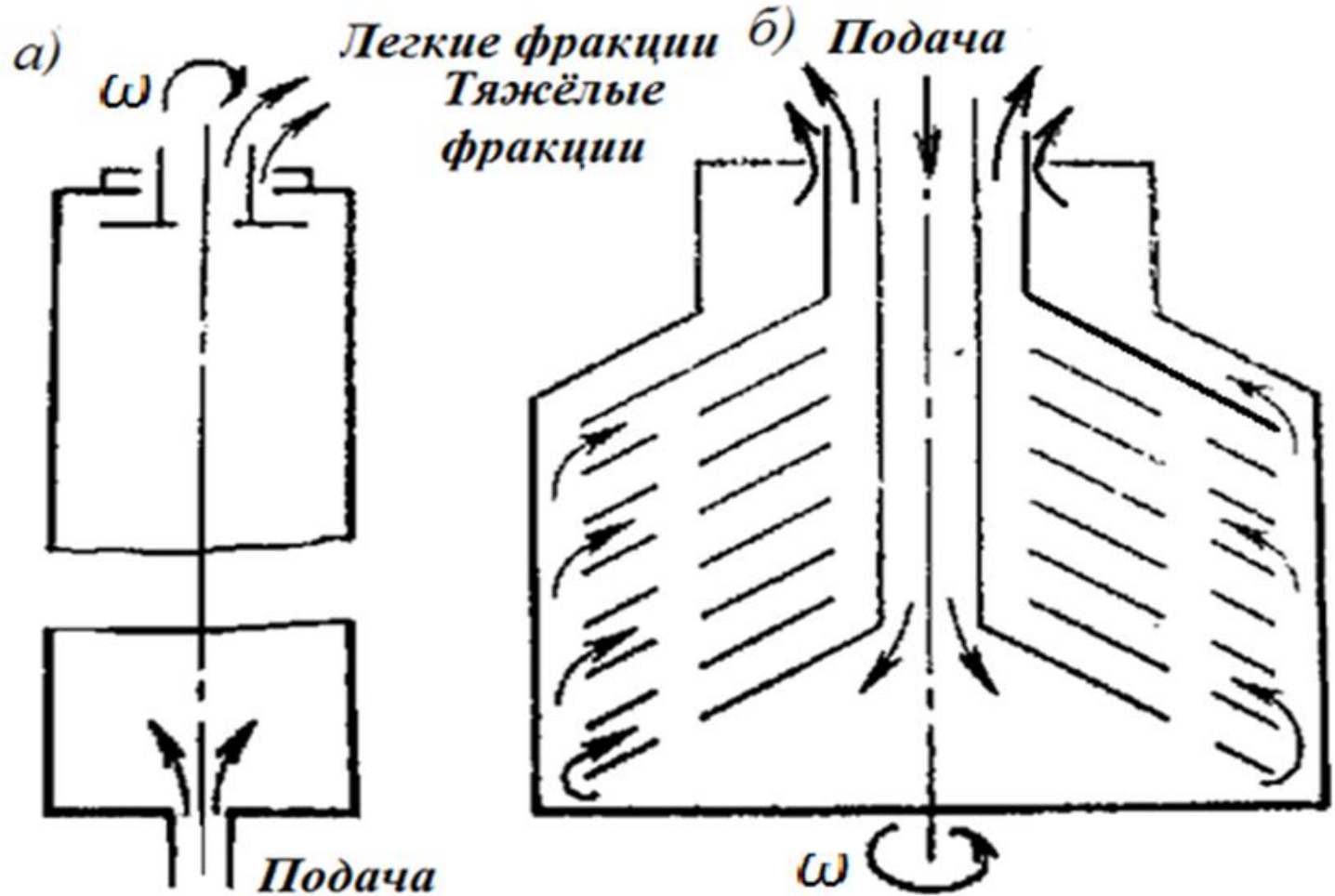
В дальнейшем конструкция центробежного сепаратора многократно менялась и совершенствовалась.

Основными типами, применяемыми в индустрии стали **трубчатые и тарельчатые центробежные сепараторы.**

Рис. Принцип действия центробежных сепараторов

а) трубчатого;

б)
тарельчатого



Барабан трубчатого сепаратора представляет собой трубу, длина которой превышает её диаметр в 4-7 раз.

Частота вращения таких барабанов составляет 15000-19000 мин-1

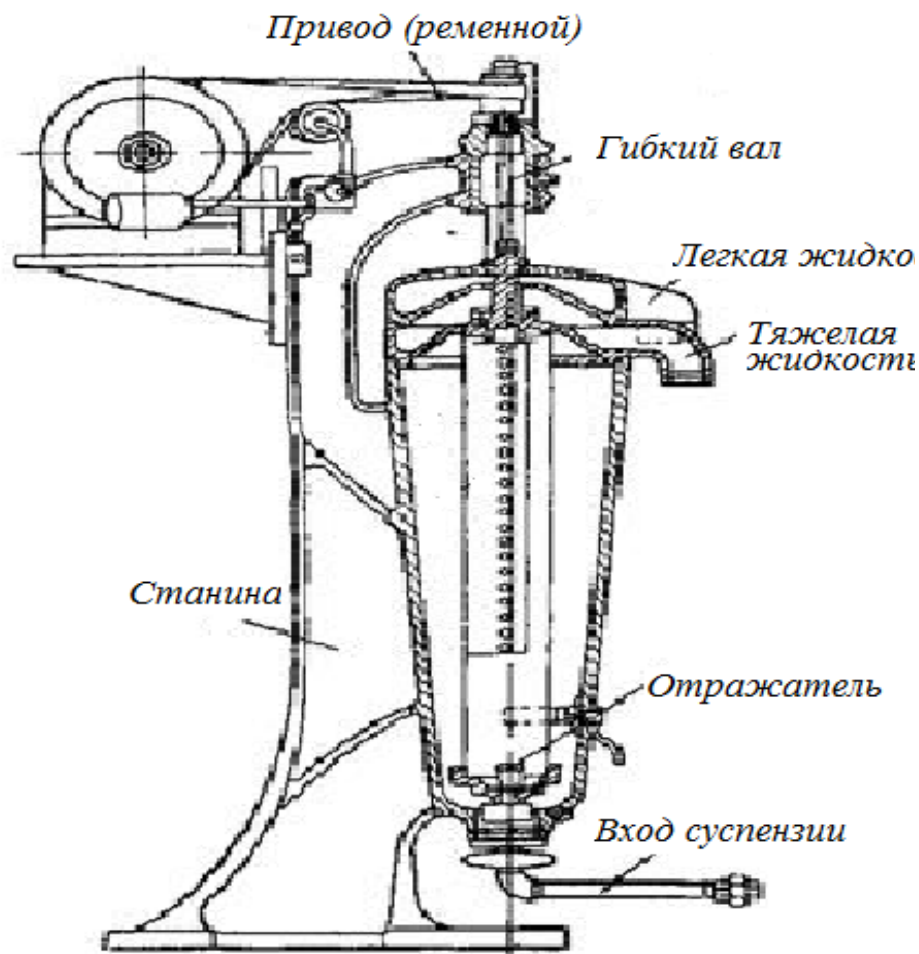
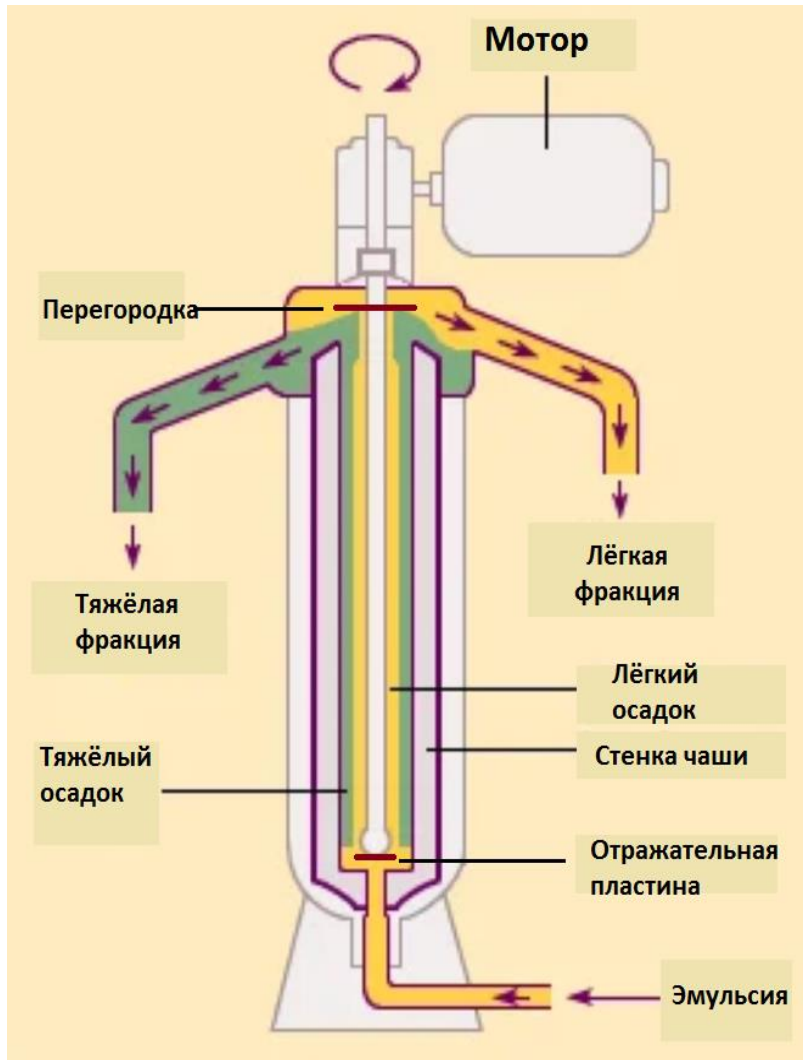


Рис. Схема и пример внешнего вида трубчатой центрифуги

Трубчатая центрифуга используется для разделения жидких и твёрдых фракций, исследований, тестирования или контроля:



- освещение и очистка пищевых продуктов, таких как эфирные масла, экстракты и соки;
- переработку нефти и нефтепродуктов; очистку химических реагентов;
- производство биотоплива и других сложных веществ;
- для сепарации газов с разными молекулярными массами, например, для разделения изотопов в газовой фазе;
- обработка трудноразделяемых эмульсий;
- освещение суспензий с тонкодисперсной твёрдой фазой разм. частиц **0,5–5 мкм**;
- тесты на содержание жира в молоке;
- различные испытания.

Однако, трубчатые сепараторы **не получили сколь-нибудь заметного распространения на флоте**

На флоте повсеместное распространение получили сепараторы тарельчатого (или «дискового») типа, выполняя функции **очистки топлива, масла и льяльной воды, а в последнее время также и картерных газов дизелей.**

Причём 70 % судов мирового флота и большинство верфей России используют технологические решения компании Альфа Лаваль.

На рис.3 для примера изображен судовой сепаратор российского производства, к сожалению пока весьма мало представленного в применении на судах.

Наиболее распространены на флоте сепараторы производителей «Альфа-Лаваль», «ГЕА-Вестфалия» и «Мицубиси»;

встречаются также модели фирм «Титан», «Шарплес», «Флоттвег» и др.

Китайские компании также активно внедряются на этот рынок, например, «Вэйлит Марин» из Шанхая и др.

Из отечественных можно, к сожалению, назвать только Пермский ФГУП Маш. завод им. Ф.Э. Дзержинского.

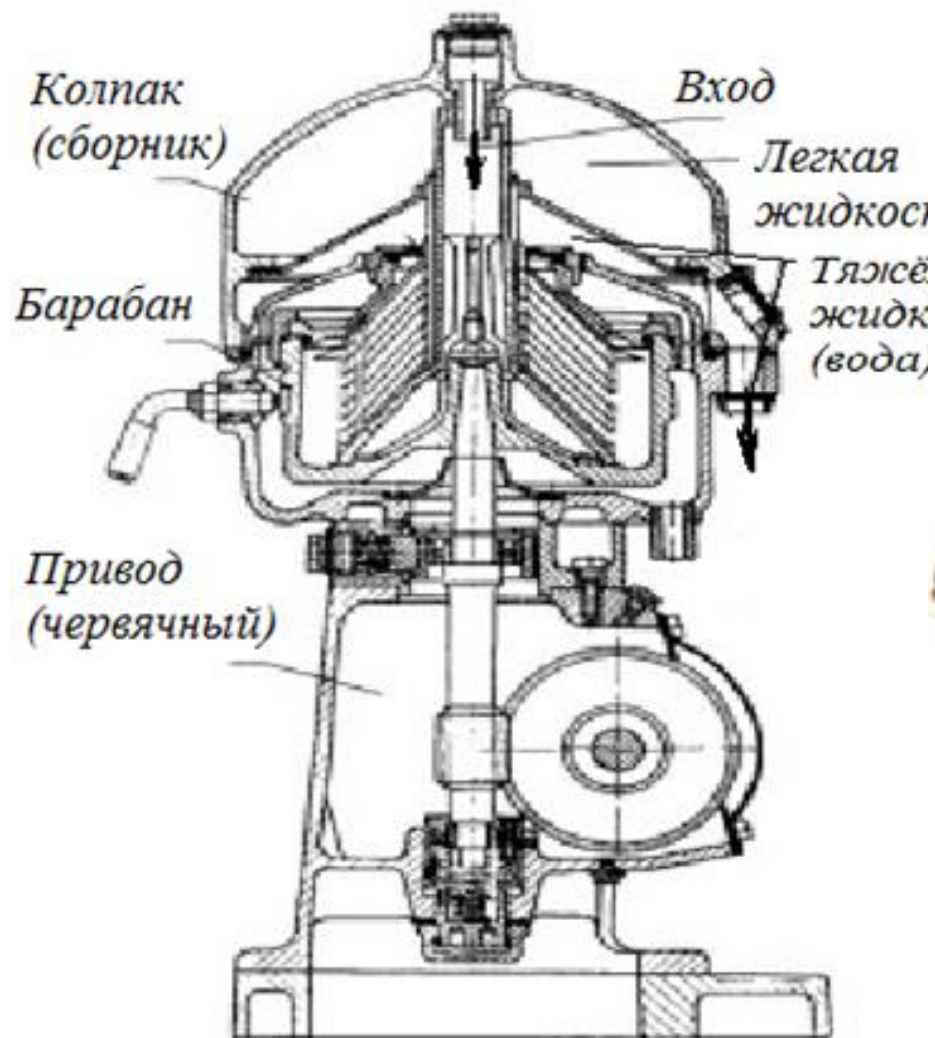


Рис.3 Схема и внешний вид центробежного тарельчатого сепаратора (Модель СЦ-3 Пермского ФГУП Маш. завод им. Ф.Э. Дзержинского)

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА СЕПАРАЦИИ

2.1. Формула скорости сепарации

Вспомним основные формулы из школьного курса физики криволинейного движения тела:

$$\frac{n}{t}$$

если $\frac{n}{t}$ - число оборотов в единицу времени, об./мин. или об./с;

а R - радиус траектории вращения, м;

$$V = \frac{2\pi Rn}{t}$$

то линейная скорость тела $\frac{2\pi Rn}{t}$, м/с;

$$\omega = \frac{2\pi n}{t}$$

угловая скорость тела $\frac{2\pi n}{t}$, рад./с или об./с, с⁻¹;

Откуда соотношения между линейной и угловой скоростями:

$$\omega = \frac{V}{R} \quad \text{или} \quad V = \omega \cdot R;$$

$$a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

Ускорение центробежное

Процесс центрифугирования аналогичен процессу отстоя.

При отстое **на единицу объёма частицы** с плотностью $\rho_{\text{ч}}$ погруженной в жидкость с плотностью $\rho_{\text{ж}}$ действует вызывающая осаждение частицы сила, равная разности сил тяжести, действующих на жидкость и частицу – ΔF .

Под действие этой силы частица стремится опуститься на дно.

Движущая сила в этом случае равна произведению разности плотностей частицы и жидкости на ускорение силы тяжести.

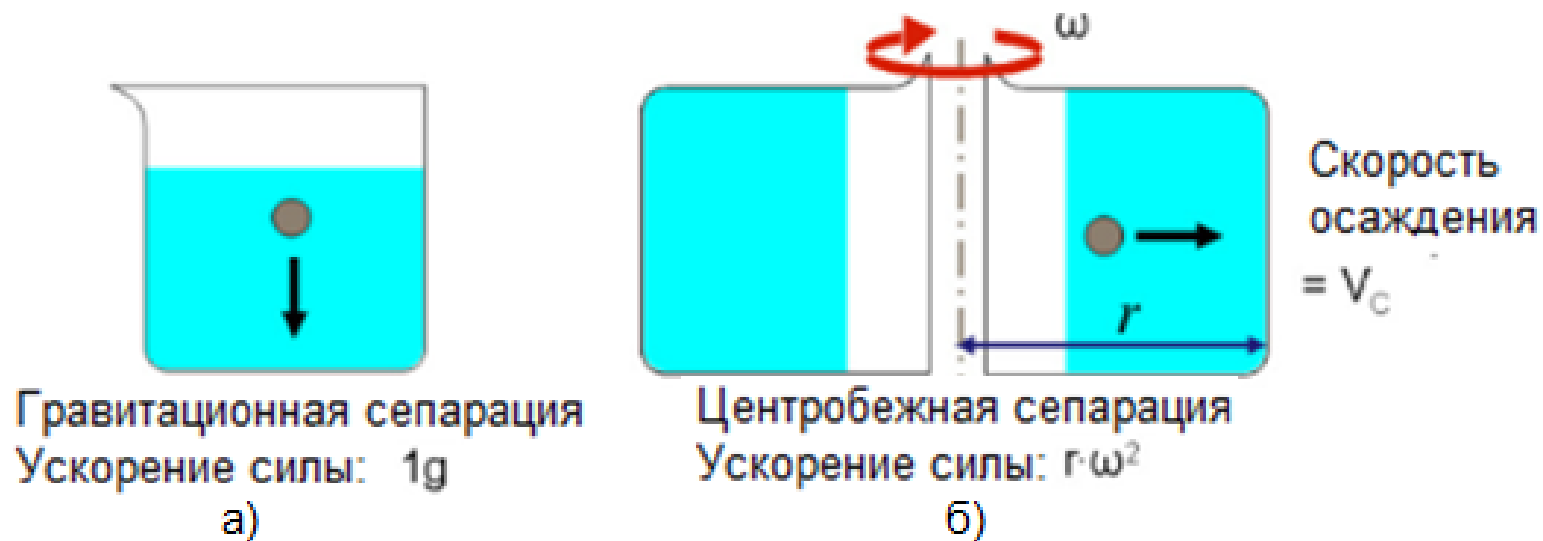


Рис. 2.1. Схемы: а) гравитационной сепарации, б) центробежной сепарации и

Движущая сила в этом случае равна произведению разности плотностей частицы и жидкости на ускорение силы тяжести.

$$\Delta F = g(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{жс}}), \quad \text{Н}$$

Если поместить эту систему в центробежное поле, то движущая сила $\Delta F_{\text{ц}}$ будет равна

$$\Delta F_{\text{ц}} = a_{\text{ц}}(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{жс}}) = R\omega^2(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{жс}}), \quad \text{Н}$$

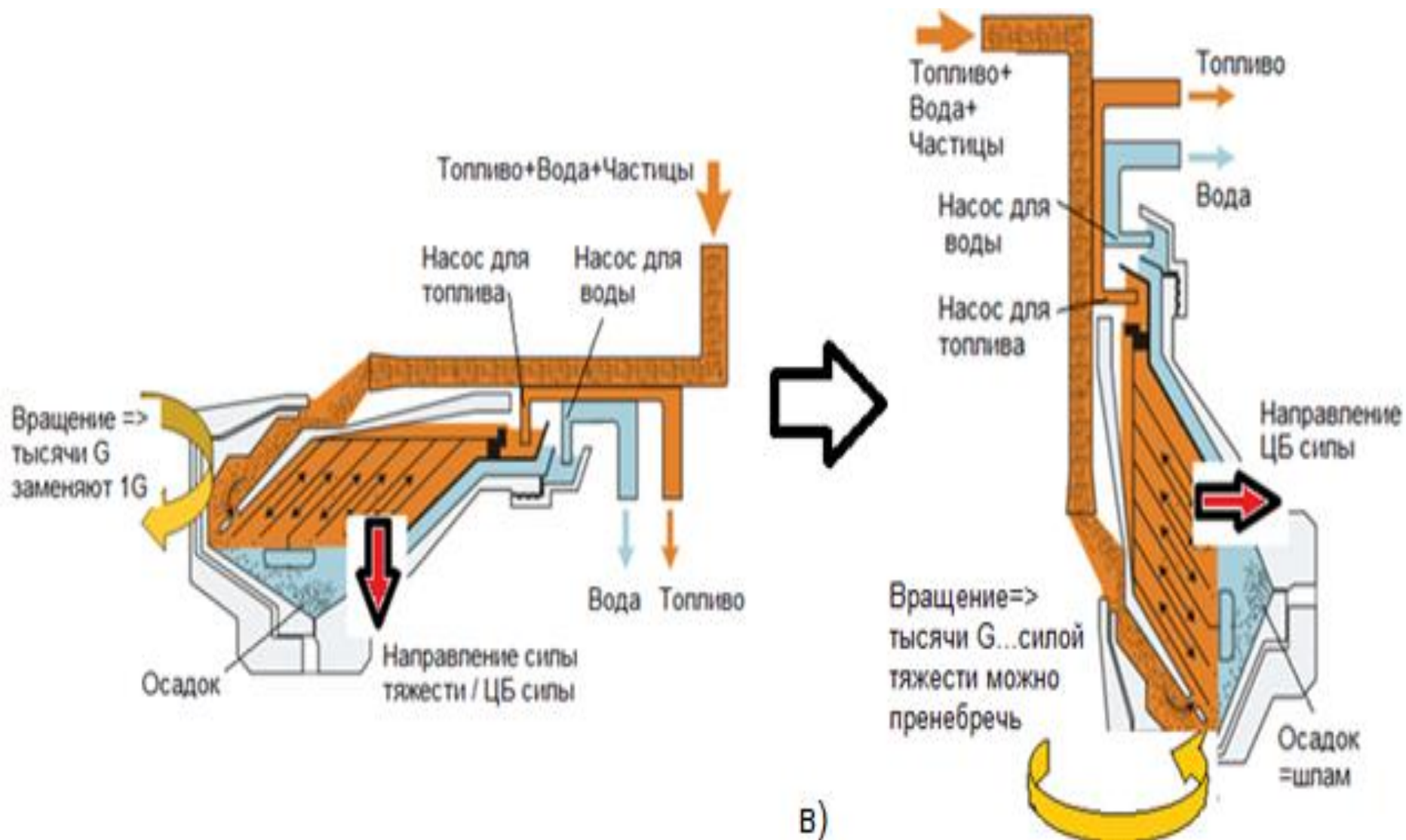


Рис. 2.1. Схема в) принципа перехода к работе с вертикальной оси вращения у современного центробежного сепаратора

Отношение

$$F_r = \Delta F_{\text{ц}} / \Delta F = \omega^2 R / g,$$

или

$$F_r = \frac{\pi^2 n^2 R}{900 g} \cong \frac{n^2 \times D_B}{1800}$$

- называют **фактором разделения** F_r , или «**центробежным критерием Фруда**».

Обозначения в формуле:

R - радиус барабана в м,

D_B - внутренний диаметр барабана центрифуги, м.

g - ускорение силы тяжести в м/сек²,

n - скорость вращения барабана в об/мин.

Инженеру следует понимать смысл этого параметра.
«**Фактор разделения**» должен указываться в характеристиках промышленных центрифуг.

Физически — это *отношению ускорения от действия центробежной силы к ускорению от силы тяжести*, т.е. относительное возрастание силы, которая стремится переместить частицу в жидкости в направлении действия центробежной силы.

В процессе разработки ЦС в определенных пределах можно изменять этот критерий, задавая как угловую скорость, так и эффективный радиус.

Примечание: **напомним, что вообще** - критерий подобия Фруда в гидродинамике указывает на связь сил инерции и гравитации. Так, при линейном движении

$$F_r = V / \sqrt{gL}$$

В зависимости от величины F_r центрифуги условно разделяют на нормальные центрифуги, у которых $F_r < 3500$ и сверхцентрифуги с $F_r > 3500$. К последним относятся и все судовые центробежные сепараторы с вертикальной осью вращения.

Для примера рассчитаем центробежную силы судового сепаратора SA816 с внутренним диаметром барабана 0,21 м и с числом оборотов 12120 об/мин.

Линейная скорость
$$V = 2 \times 3,14 \times 0,105 \times \frac{12120}{60} = 131 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

Центробежное ускорение:
$$a_{ц} = \frac{V^2}{R} = \frac{131 \times 131}{0,105} = 163438 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$$

Если сравнить это значение с ускорением свободного падения тела ($9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$), то видно, что **возникающая в центрифуге сила превышает силу тяжести более чем в 15 000 раз.**

Причём, если взять характеристики сепаратора большего размера и производительности - модель SA870, имеющего размер барабана 0,436 м при 6115 оборотах в минуту, то расчёт покажет примерно такую же величину центробежного ускорения (и критерия разделения).

Фактор разделения иногда обозначают K_p : $K_p = \omega^2 R / g$

Примечание. Значение K_p для циклонов имеет порядок сотен, а для центрифуг - более 10 000; таким образом, движущая сила процесса осаждения в циклонах и центрифугах на 2 - 4 порядка больше, чем в отстойниках. В судовой практике фактор разделения лежит в пределах 4000 - 19000. Благодаря этому производительность циклонов и центрифуг выше производительности отстойников, и в них можно эффективно отделять мелкие частицы: в центрифугах размером порядка 1 мкм, в циклонах - порядка 10 мкм. В работах советских учёных Соколова В.И., Бремера Г.И. и других был определен так называемый **«предел сепарации»** когда слишком малые частицы, имеющие размеры меньше так называемого предела центрифугирования, не отделяются от жидкости независимо от продолжительности процесса центрифугирования. Формулы его расчета указывают на то, что в центрифугах не могут быть отделены частицы размером менее 0,4 мкм.

Однако это в теории.

А реальность несколько хуже - так завод имени Дзержинского гарантирует для сепаратора типа СЦ (моделей - 0,5; 1,5; 3 [это производительность в м³/час]) удаление всех загрязняющих частиц: неорганического происхождения размером : более 3 мкм; органического происхождения размером : более 6 мкм.

У фирмы Альфа-Лаваль несколько другие данные. Она указывает, что при правильной эксплуатации, центробежный сепаратор способен обеспечить удаление почти 100 процентов всех каталитических частиц размером частиц более 10 микрон.

Однако, большая их часть, имеет размер менее пяти микрон и не будет удалена ввиду их относительно малого веса. Для S-сепараторов гарантируется удаление более 85% всех 5-микронных частиц.

Почему вышеописанное важно!

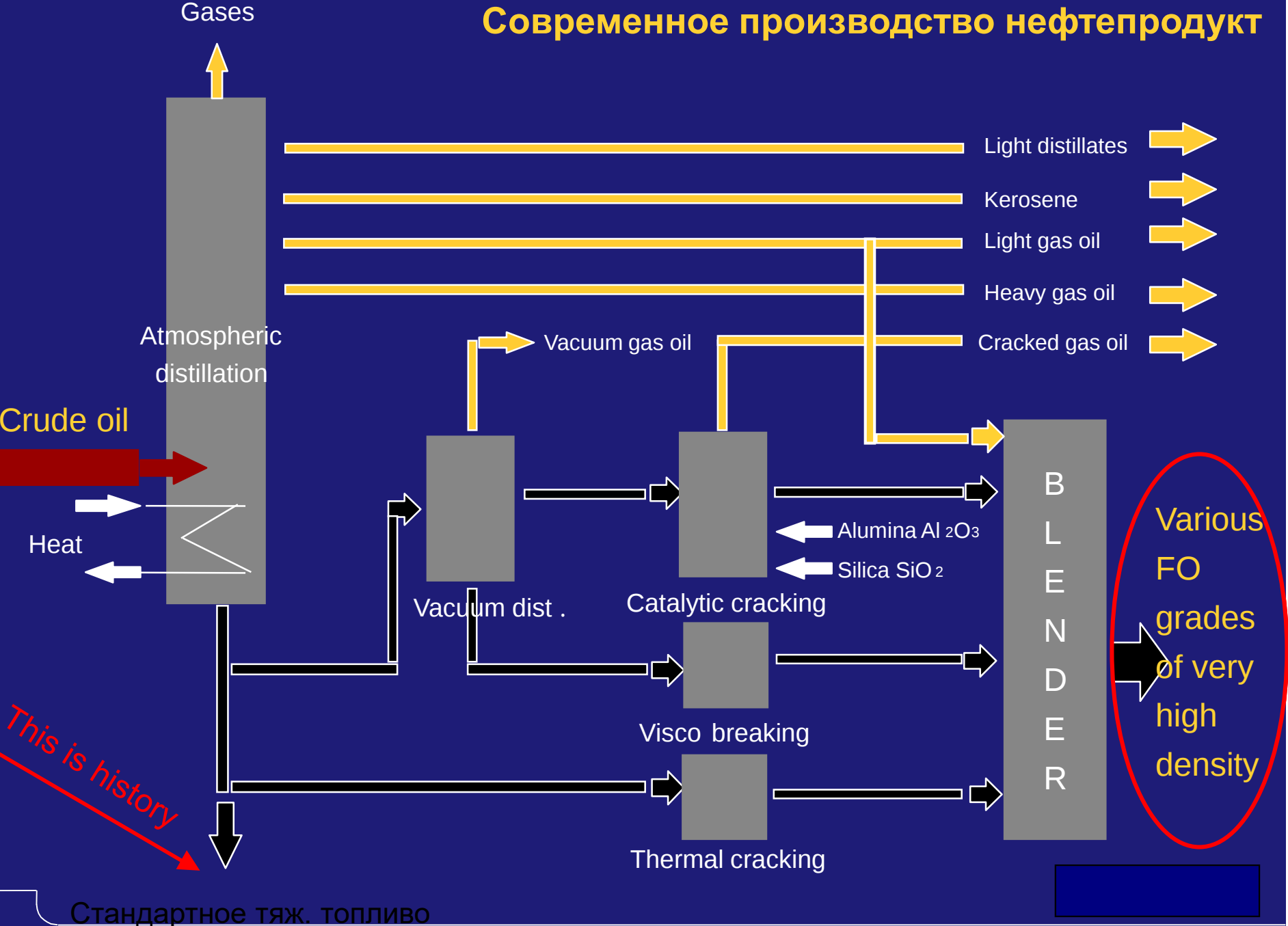
→ *Дополнение № 1*

Обработка современных тяжелых топлив на судах

Характеристики современных тяжелых топлив и ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ОЧИСТКИ

Прим.: Обратить внимание на «заметки к слайду»
у некоторых слайдов

Современное производство нефтепродукт



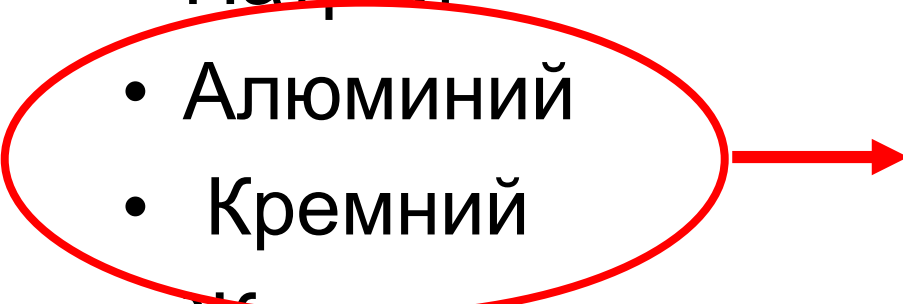
Характеристики топлив, на которые сепарация

- Плотность не оказывает воздействия
- Вязкость
- ССАИ- (показатель качества воспламенения тяж.топлива)
- Температура вспышки
- Температура застывания
- Микроуглеродистый осадок
- Сера/Ванадий
- Асфальтены

Прим.: 1)(Calculated Carbon Aromatic Index) — расчётный (на основе плотности и вязкости топлива) индекс углеродной ароматизации, который определяет качество воспламенения остаточного топлива.2) Асфальтены -высокомолекулярные компоненты нефти, при превышении критической концентрации асфальтены в топливе начинают образовывать наноагрегаты, затем кластеры и выпадать в осадок.

Компоненты топлива, на которые сепарация оказывает сильное воздействие

- Вода
- Натрий
- **Алюминий**
- **Кремний**
- Железо
- Магний
- Зольность
- Кальций



Каталитические
фракции

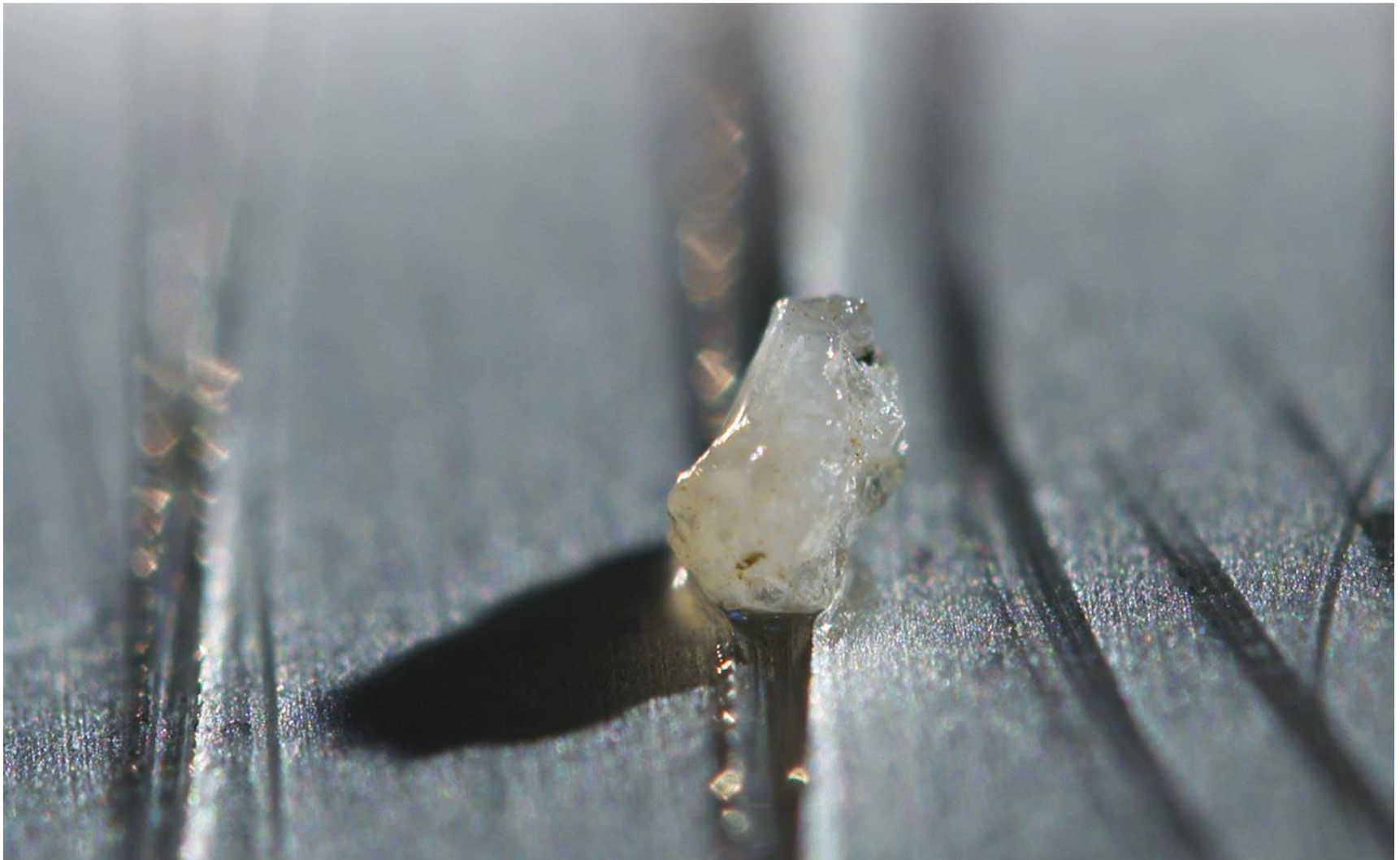


Figure 10. Magnified view of cat fine damage.
Cat fines are very hard particles, capable of scratching and cutting metal.

Достижение разницы в 65 ppt

Каталитические
фракции
максимум
80 ppt



Каталитические
фракции
максимум 15
ppt



Образцовые характеристики сепарации



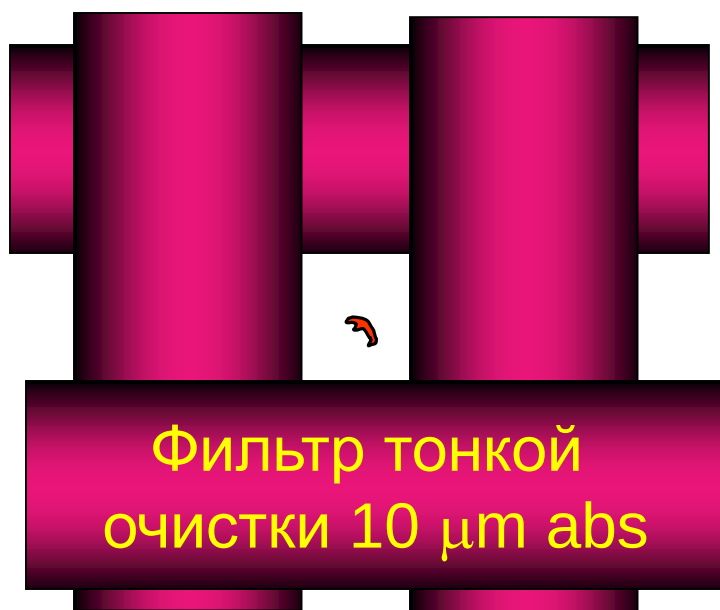
Сравнение качества очистки сепаратора и фильтра

Количество удаленных частиц в %

	Сепаратор	Фильтр
Частицы < 4 μm	65-85	5-10
Каталитические фракции	60-90	~ 5
Железо	40-60	~ 5
Натрий	40-50	< 5

Анализ выполнен по усредненным образцам с 44 судов во время нормальной эксплуатации источник Alfa Laval SMT/F 9402

Пределы фильтрации



Если частицы не сепарируются, они не могут быть
отфильтрованы!

Предел эффективности сепарации - 2 µm !

Что такое «каталитические фракции»?

Источник

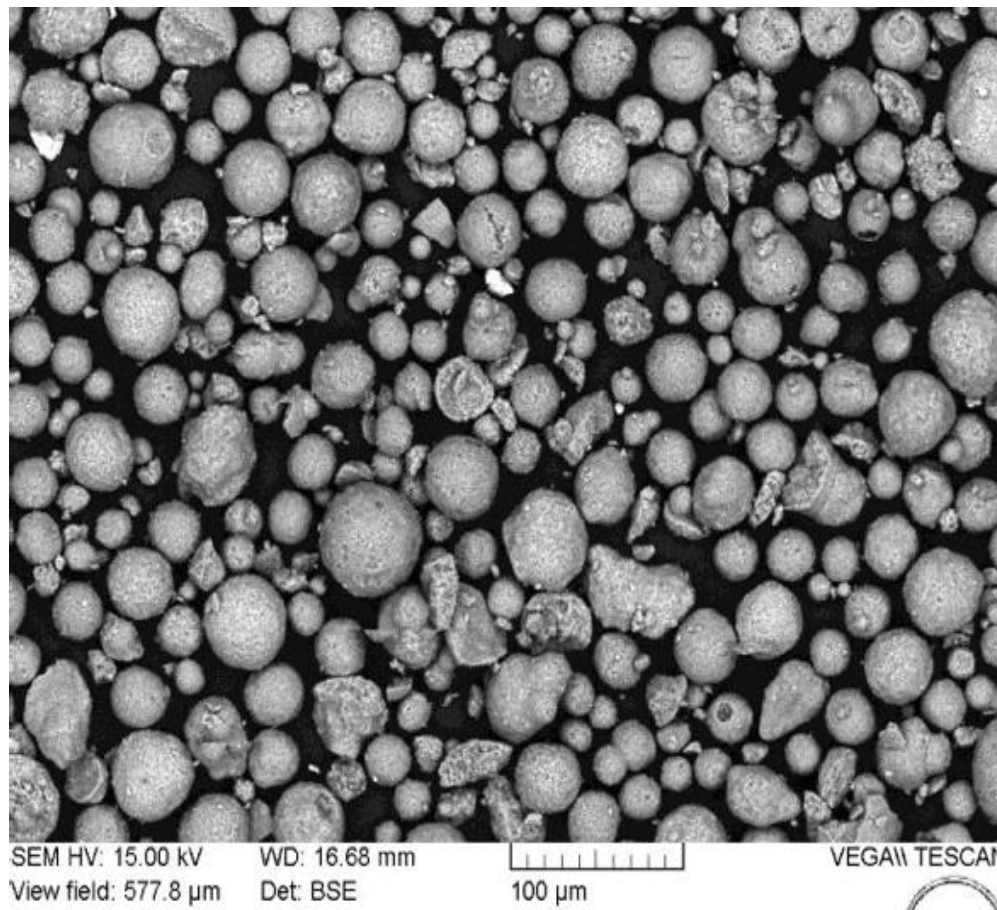
Появляются в процессе предварительной переработки. Они **состоят из разрушенных катализаторов** и имеют неровный размер

Что из себя представляют?

Твердые керамические частицы, **очень эрозийные размером около 15–5 μm и меньше**

Почему они остаются в топливе?

Мельчайшие частицы не удаляются в процессе предварительной очистки

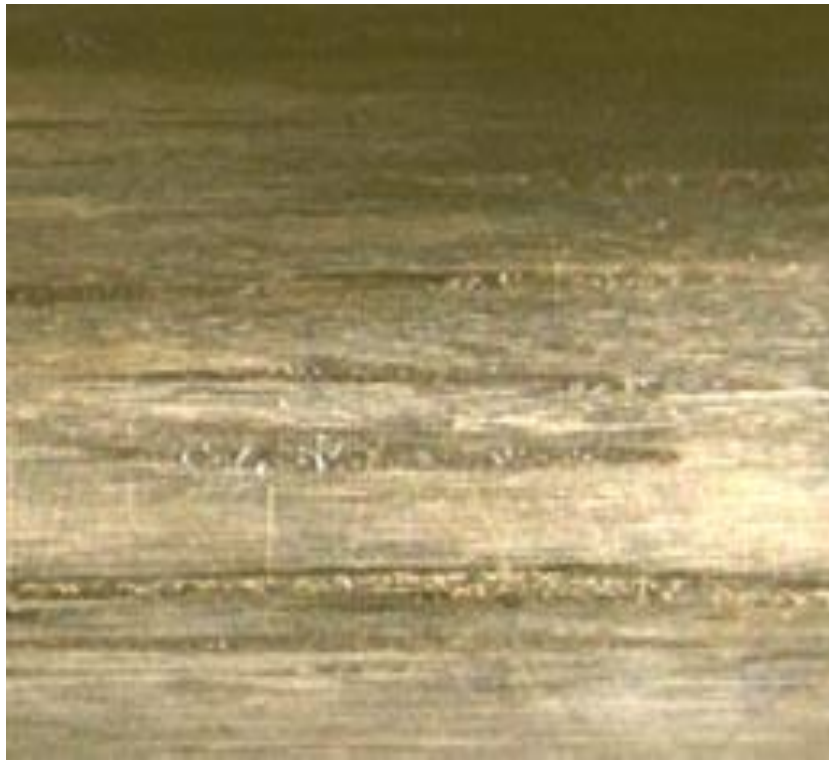


Cat fines magnified.
Cat fine particles vary considerably in size and shape.

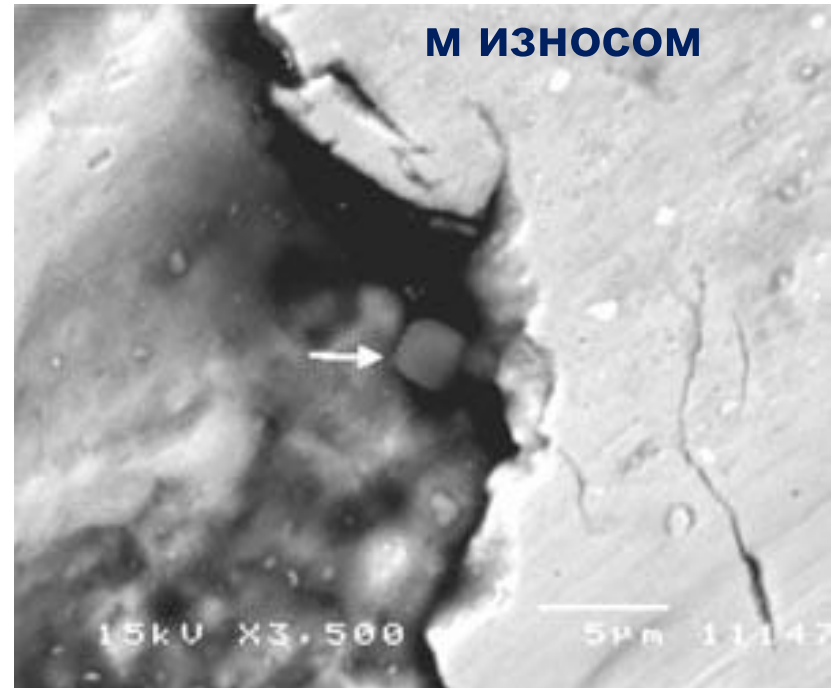
Оборудование, подверженное опасности

Топливные насосы

Износ между плунжером и корпусом



**Вал
топливного
насоса с
задирами и
повышенны
м износом**



Результат: Потеря давления подачи, неоптимальное сгорание, увеличение потребления топлива

Оборудование, подверженное опасности

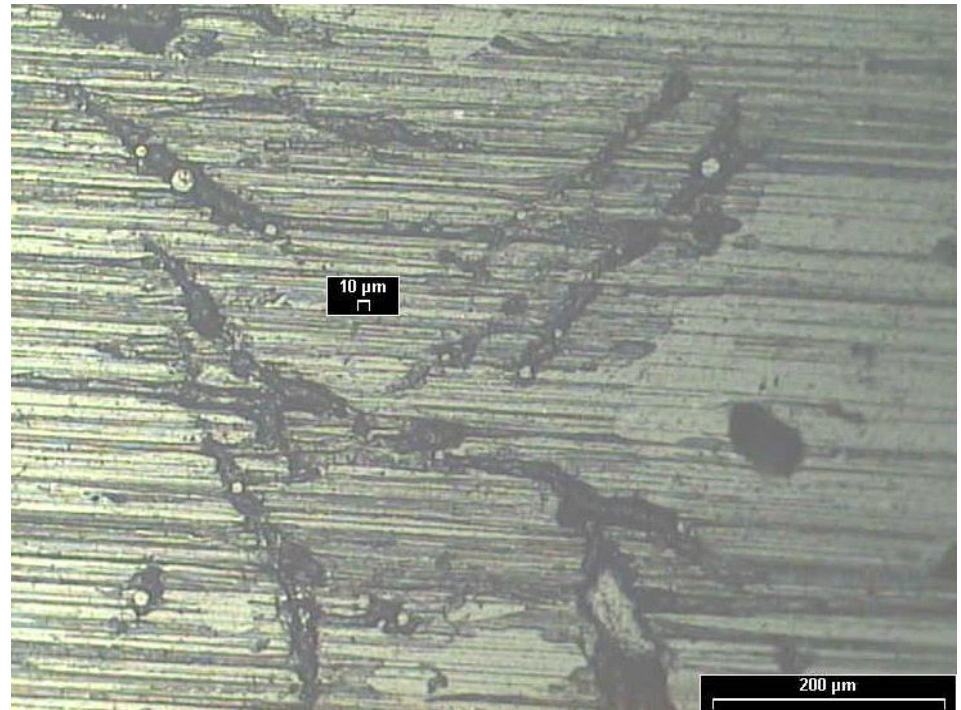
Мелкие твердые фракции
внедряются в материал
поршневого кольца



Результат: Повреждение поверхностей, частицы царапают
противоположную поверхность при каждом ходе
поршня, увеличивая износ

Стоимость износа

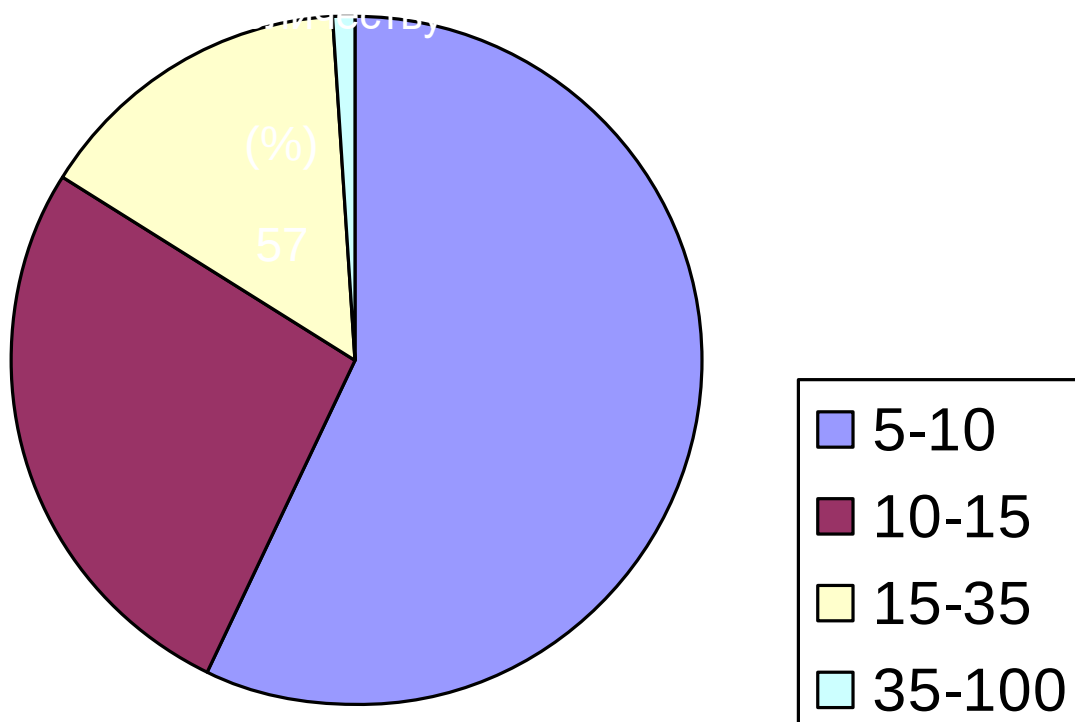
- Чем чище используемое топливо, тем меньше износ двигателя
- Уменьшение износа менее, чем на 5%, компенсирует установку более производительного сепаратора
- Повышенный износ может обойтись гораздо дороже, чем установка современного топливного сепаратора



Каталитические фракции – распределение по размеру

Исследование BP Marine

Размеры каталитических фракций
согласно исследованиям
BP (% по количеству)



Сепаратор тяжелого топлива / фильтр тяжелого топлива



Центробежный сепаратор может удалять частицы размером 2 микрона



Фильтры преимущественно удаляют частицы размером более 10 микрон

Центробежные сепараторы очищают необработанное тяжелое и защищают дизельный двигатель от серьезного износа, вызванного каталитическими фракциями

Фильтры защищают двигатель от частиц, которые могут попасть в обработанное топливо после сепарации

Критический размер частиц составляет 3–20 микрон, что приблизительно равно толщине топливной пленки в цилиндрах и зазорам между подвижными частями дизельных двигателей

Эффективность обработки топлива

Предел ISO 8217:
максимум 80 ppm Al + Si

Рекомендации:
Max 15 ppm Al + Si



Возвращаемся к теоретическим основам сепарации

В 19 веке активно проводились исследования в области аэро- и гидродинамики.

Ученые пытались описать движение различных тел и частиц в газовых и жидких средах.

Особый интерес представляла **сила лобового сопротивления, возникающая при обтекании объектов потоком жидкости или газа.**

Одним из виднейших ученых того времени, работавших в области гидродинамики, был Джордж Габриэль Стокс (1819-1903).

Он внес большой вклад в математику, физику и другие науки. Стокс занимался вопросами вязкого трения жидкостей, разработал методы анализа волн, заложил основы современной теории флюорисценции.



В 1851 году Джордж Стокс, английский математик, механик и физик-теоретик ирландского происхождения решая уравнение Навье — Стокса, получил выражение для **силы трения (также называемой силой лобового сопротивления)**, действующей на **сферические объекты** с очень маленькими числами Рейнольдса (например, очень маленькие частицы) **в покоящейся вязкой жидкости**:

$$F = -6\pi r\mu v,$$

где

F — сила трения, также называемая силой Стокса,

r — радиус сферического объекта,

μ — **динамическая вязкость** жидкости,

v — скорость частицы.



Повтор...

Рассмотрим с точки зрения физики сам процесс отделения-сепарации частицы из жидкости в центрифуге.

Для упрощения формул не будем учитывать силу Архимеда и силу тяжести, а частицы будем считать шарообразными.

По **закону Стокса** сила трения, действующей на сферические объекты в вязкой жидкости равна:

$$F_c = 6\pi r \mu V , \quad (1)$$

где F_c - сила трения, также называемая силой Стокса, *н*;

r - радиус сферической частицы, *м*;

μ - динамическая вязкость жидкости, $\text{н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ **Па·с**

V - скорость частицы, *м/с*.

С другой стороны на частицу и жидкость при сепарировании действует центробежная сила, величину которой можно определить по формуле:

$$F_{ц} = m \times a_{ц} = \frac{m \times V^2}{R} = m \times \omega^2 \times R, \text{ где}$$

$F_{ц}$ - центробежная сила, н;

m - масса тела, кг;

R - радиус кругового пути, м;

$a_{ц}$ - центробежное ускорение, м/с².

То есть, если учесть разницу плотностей жидкости и частицы в ней, то сила, отделяющая эту частицу из жидкости, то есть центробежная сила сепарации частицы будет равна:

$$F_{\text{цс}} = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}}) \omega^2 R \quad (2)$$

Где:

$F_{\text{цс}}$ - центробежная сила сепарации частицы

$\frac{4}{3} \pi \cdot r^3$ - объём сферической частицы, м³;

$\rho_{\text{ч}}$, $\rho_{\text{ж}}$ - плотность соответственно частицы и жидкости, кг/м³;

ω - угловая скорость вращения барабана, с⁻¹.

Понятно, что в центробежном поле эта дисперсная частица будет двигаться только при условии, когда $F_{\text{с}} < F_{\text{цс}}$.

Приравняем правые части уравнений (1) и (2) и заменяя в уравнении (3) радиус (r) на диаметр (d), находим скорость отделения частицы, то есть **скорость сепарации**:

$$V_c = \frac{1}{18} d^2 \omega^2 R \frac{(\rho_v - \rho_{жс})}{\mu}$$

(3)

Эту формулу (3), выведенную из закона Стокса, называют также **формулой эффективности сепарации**.

Закон Стокса применительно к центробежной сепарации

$$V_c = \frac{d^2(\rho_w - \rho_o)}{18\eta} r \omega^2$$

V_c

Гравит.
скорость
осаждения
(м/с)

d^2

размер
капли
(мм Ø)

ρ_w

плотность
тяжелой
фазы
(kg/m³)

ρ_o

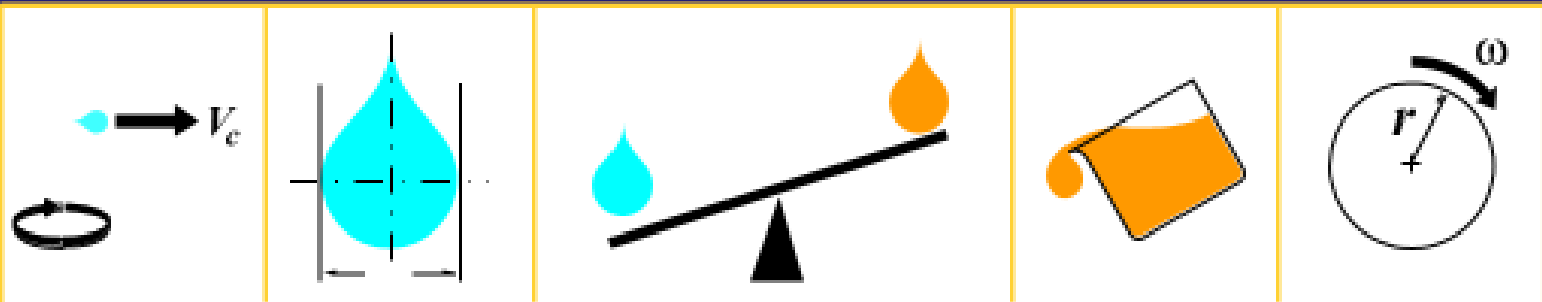
плотность
легкой
фазы
(kg/m³)

η

вязкость
непрерывной
фазы
(кг/мс)

$r \omega^2$

центробежное
ускорение
(м/с²)



Обратите внимание – в предыдущем слайде от Лаваля в формуле скорости сепарации, как и в формуле Стокса – на символ «**η**» и единицы измерения динамической вязкости –
**в формулах вязкость
ДИНАМИЧЕСКАЯ!**

Международной системе единиц (СИ) динамическая вязкость измеряется в «паскаль-секундах» (**Па·с**).

$$\text{Па} \cdot \text{с} = \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}.$$

В судовой же практике гораздо чаще пользуются понятием **кинематической вязкости с символом “μ”**. Напомним, что кинематическая вязкость — это показатель, выражающийся в **отношении динамической вязкости к плотности жидкости**

$$\mu = \frac{\eta}{\rho}, \text{ м}^2/\text{с}, (1 \text{ м}^2/\text{с} = 10^4 \text{ Стокс}).$$

Закон Стокса

Применительно к центробежной сепарации

$$V_c = \frac{d^2(\rho_w - \rho_o)}{18\eta} r \omega^2$$

$$Q = V_c * A$$

Q = Поток через сепаратор , м3 / сек

A = Площадь пакета тарелок, м2

Примеры из практики:

1. Предположим, что размер частицы **10 μm** ,
скорость потока **1000 л/ч**

Согласно Закону Стокса для такой же скорости отделения - сепарации частиц размером **5 μm** , скорость потока должна быть понижена на $1000 * (5/10)^2 = \mathbf{250 \text{ л/ч}}$ или на **75%**

2. Возьмем температуру сепарации **98 °C**,
вязкость IFO 380 is 37,1 cSt,
скорость потока 1000 л/ч

При температуре **90 °C**,
вязкость составит 49,9 cSt

Согласно Закону Стокса для сепарации
при **90 °C**,

скорость потока должна быть понижена на

$1000 * 37,1/49,9 = 743$ л/ч, или на **26%**

$$V_c = \frac{1}{18} d^2 \omega^2 R \frac{(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}})}{\mu} \quad (3)$$

На графиках рис. 4 приведена иллюстрация этой формулы.

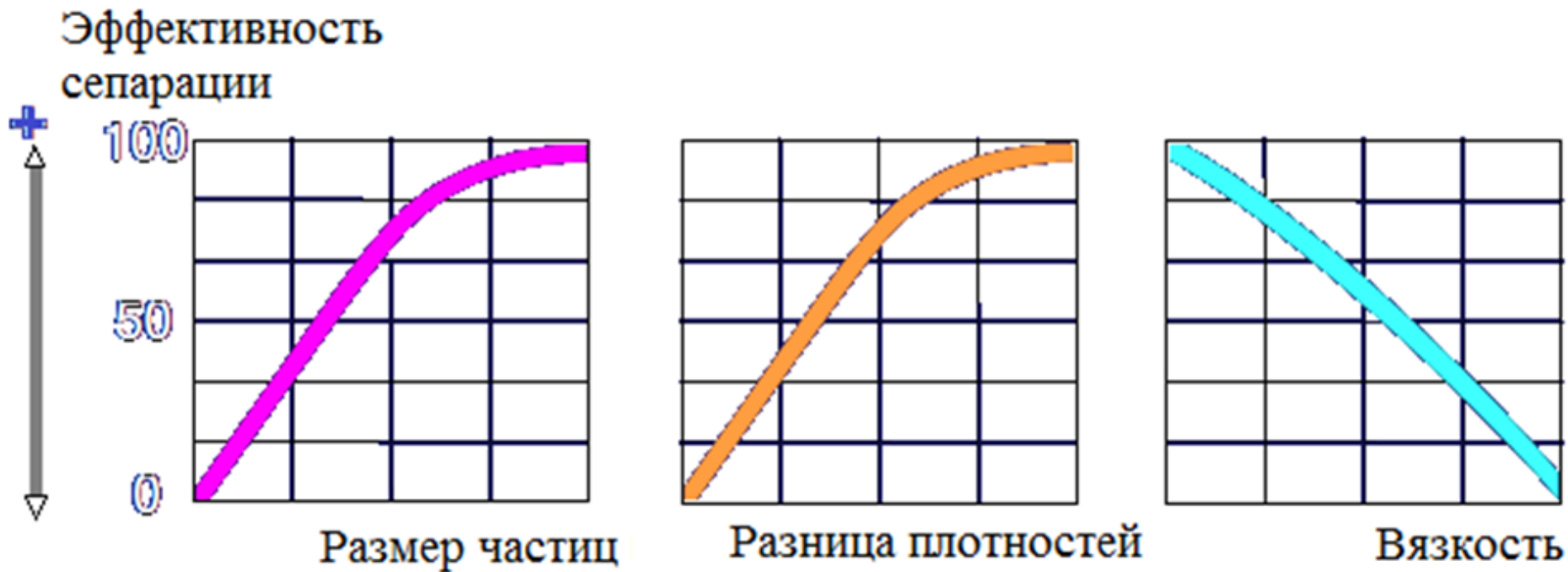


Рис.4 Иллюстрация Закона Стокса для эффективности сепарации

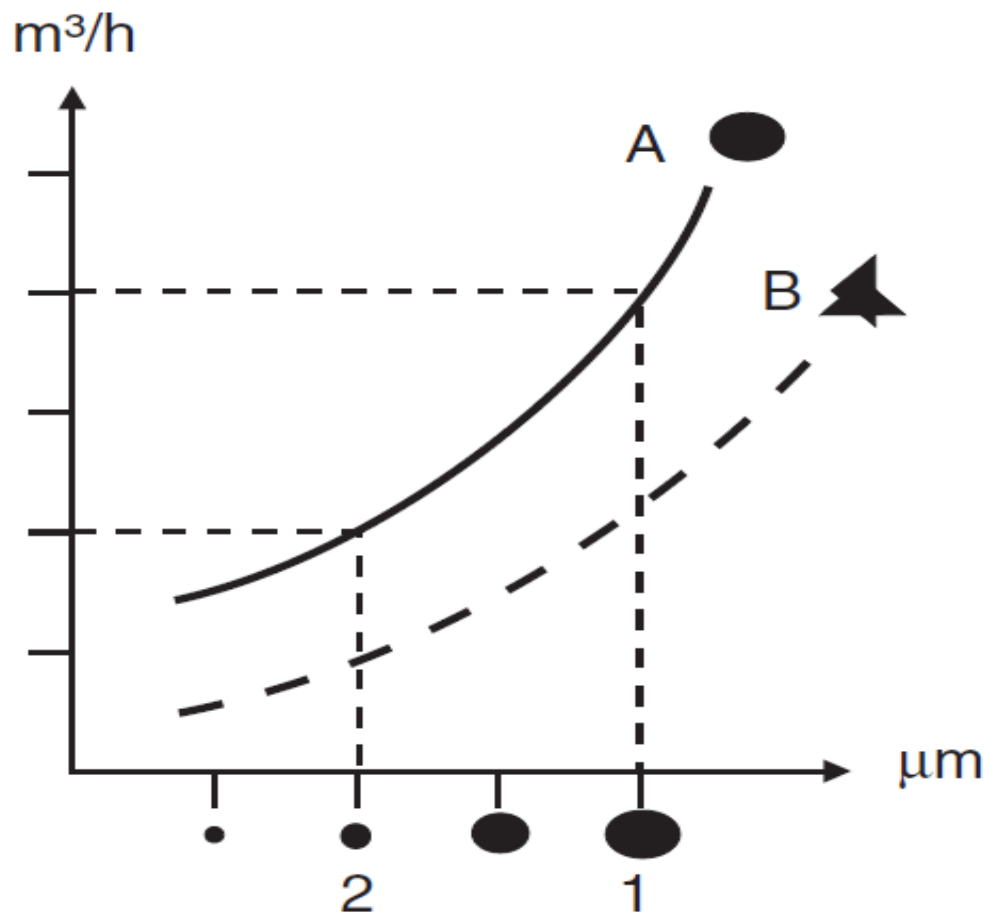


Рис. 2.3. Влияние размера и формы частиц загрязнения на скорость сепарации

Размер и форма загрязнений также влияют на скорость сепарации. Это демонстрируют экспериментальные графики рис. 2.3.. Логически понятно, что круглые и гладкие частицы (A) отделяются легче, чем неровные (B). Грубая обработка, например, в насосах, может привести к раскалыванию частиц, что приведет к замедлению процесса отделения. Крупные частицы (1) отделяются легче, чем мелкие (2), даже если они имеют одинаковую плотность.

Скорость сепарации:

$$V_c = \frac{1}{18} d^2 \omega^2 R \frac{(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}})}{\mu}$$

Можно выразить через частоту вращения -

вспомнив зависимость между угловой скоростью и частотой вращения

$$\omega = 2\pi n$$

, где n - число оборотов, 1/с

и записав разницу плотностей частицы и жидкости $\Delta\rho$, получим ту же формулу в виде:

$$V_c = 2,2 d^2 n^2 R \frac{\Delta\rho}{\mu}, \quad (4)$$

где коэффициент “2,2” получился в результате округления что вполне допустимо, т.к. в формуле радиус “**R**” для центробежных сепараторов является **средним радиусом тарелки барабана**.

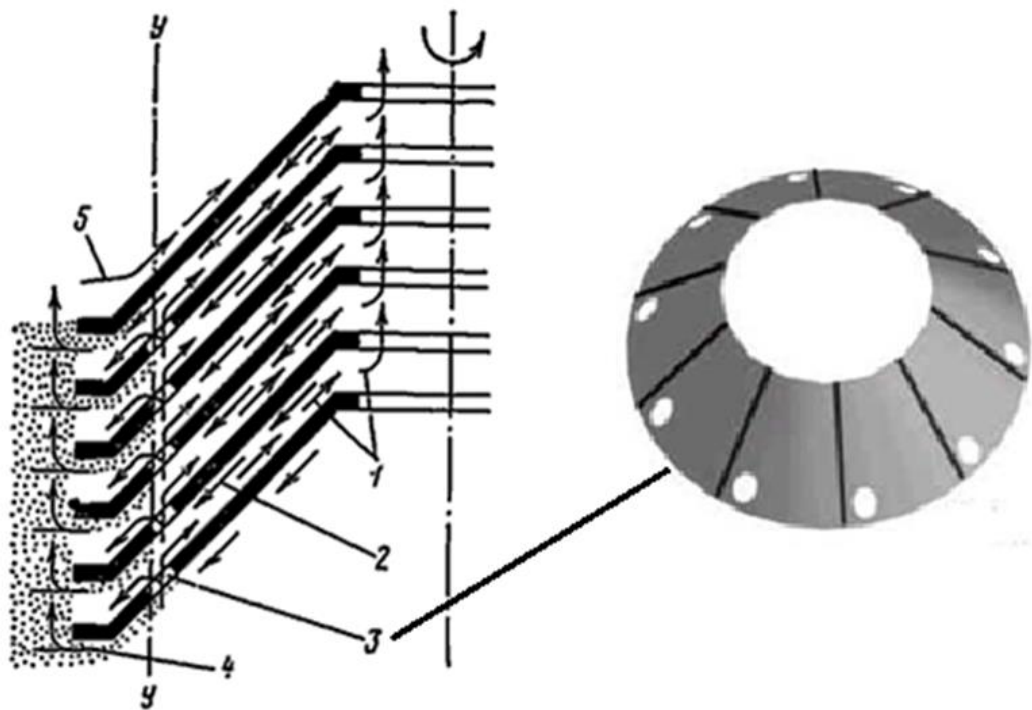
$$\frac{4 \cdot \pi^2}{18}$$

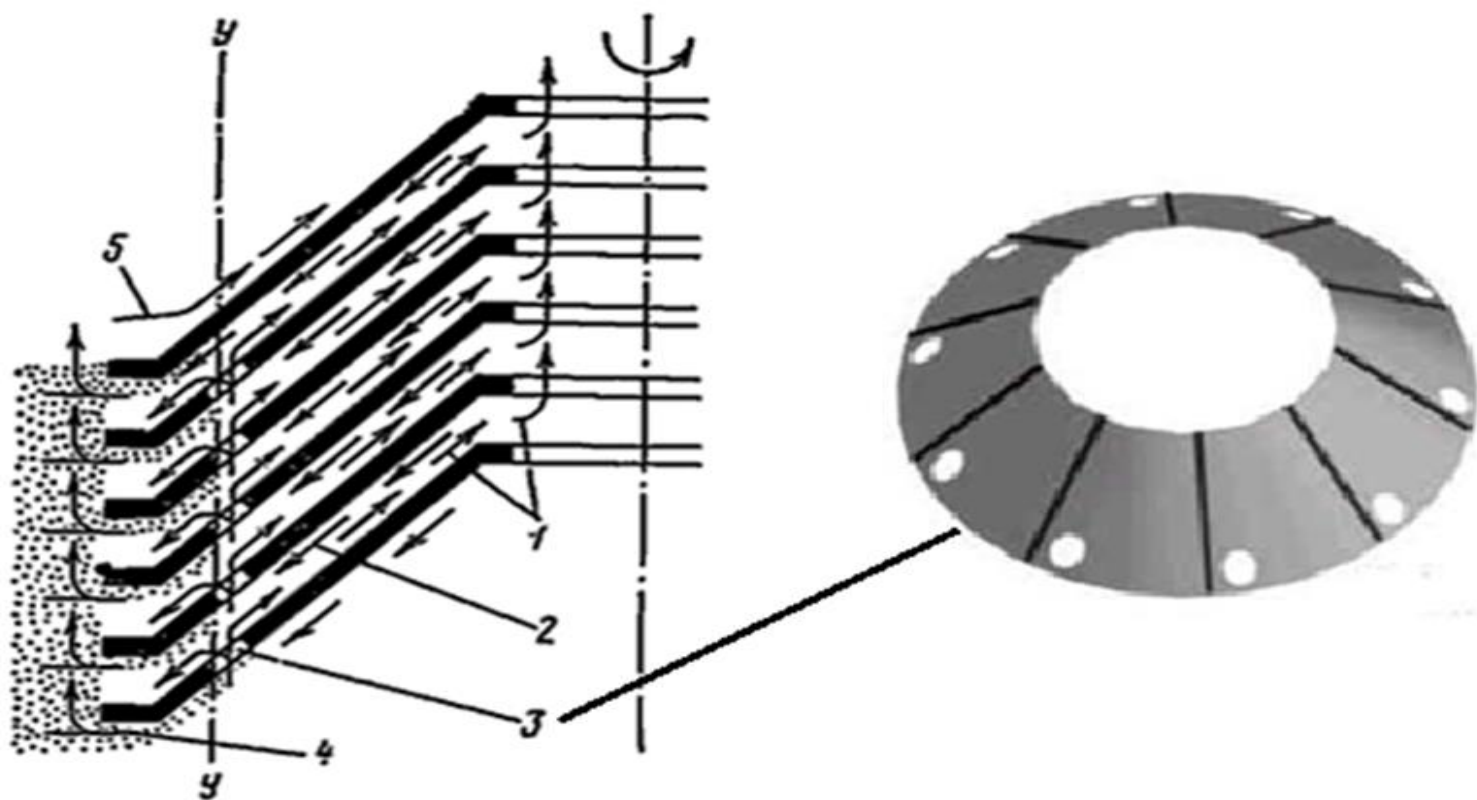
Основным типом центробежных сепараторов на судах являются тарельчатые, в которых реализуется так называемый процесс *тонкослойного сепарирования*, когда очищаемая среда движется в узком пространстве набора тарелок-дисков. Обычный зазор между дисками 0,5 - 0,8мм.

Для определенности будем говорить об очистке топлива. На рис. 2 видим как в тонких слоях топлива, расположенных между каждой парой конических дисков,

содержатся частицы механических примесей и воды. Центробежная сила стремится отбросить их в направлении от оси вращения барабана, т. е. к его внутренней поверхности. направлению препятствуют нижние поверхности дисков,

следовательно, частицы механических примесей и вода вынуждены сползать вниз по этим поверхностям, как показано стрелками 2.





Очищенное топливо как более легкий компонент смеси, наоборот, стремится занять более близкое положение к оси вращения барабана. Но так как движению очищенного топлива в перпендикулярном направлении препятствует верхняя сторона каждого диска, то под напором вновь поступающей жидкости топливо проталкивается по зазорам между дисками вверх к выходу из барабана, как показано стрелками 1, т. е. в направлении, противоположном движению твердых частиц и воды. Подвод очищаемого нефтепродукта осуществляется через отверстия 3 в сепарационных (конических) дисках. **Линия «у—у» — раздел жидких фаз — воды и нефтепродукта («интерфейс»).**

В процессе очистки механические примеси и вода собираются в кольцевом пространстве 4 (грязевой камере), образуемом пакетом дисков и внутренней поверхностью корпуса барабана, причем вода, двигаясь вверх и проходя над верхним коническим диском, как показано стрелкой 5, удаляется из сепаратора, а механические примеси оседают на внутренней поверхности барабана.

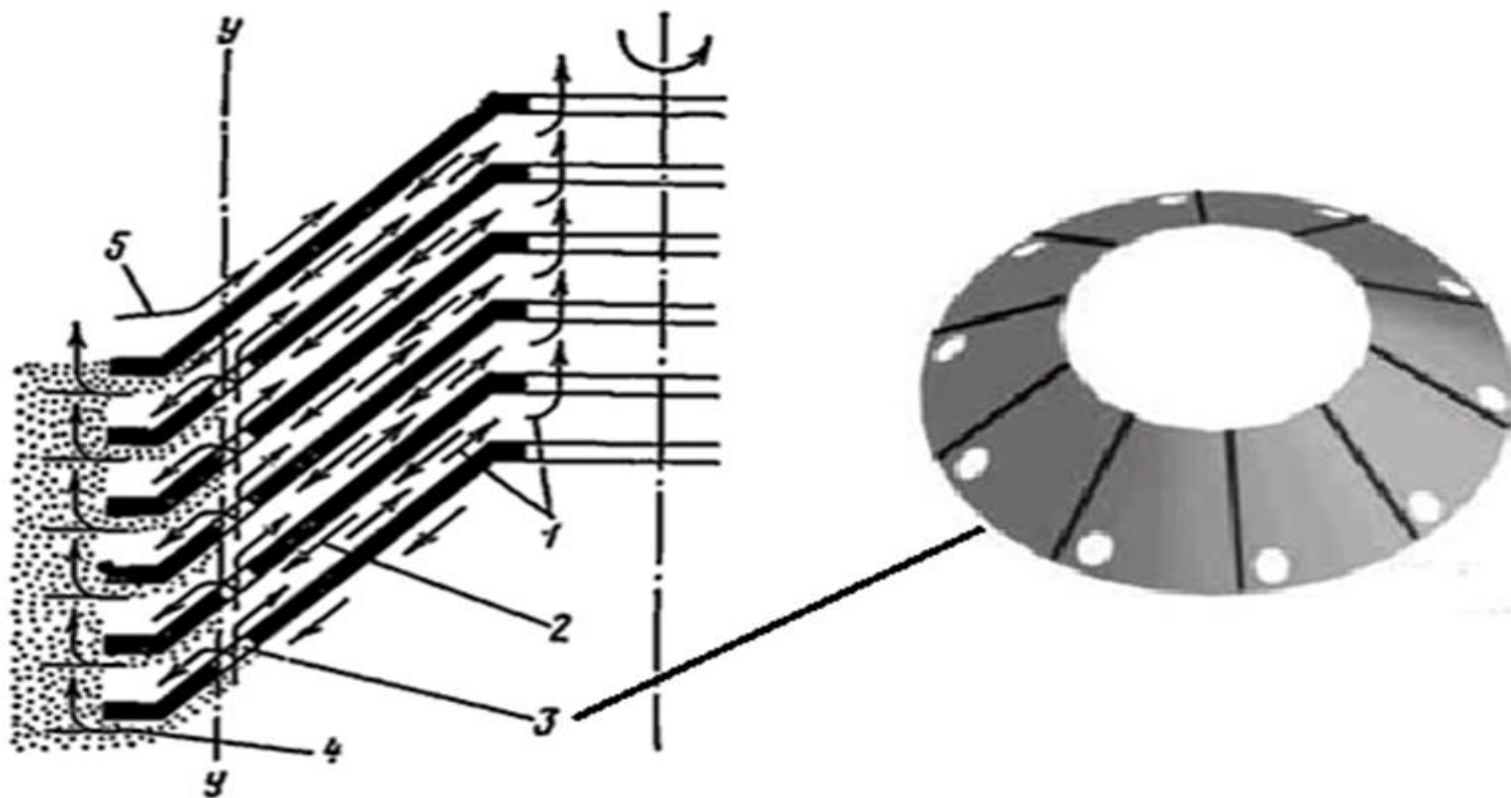
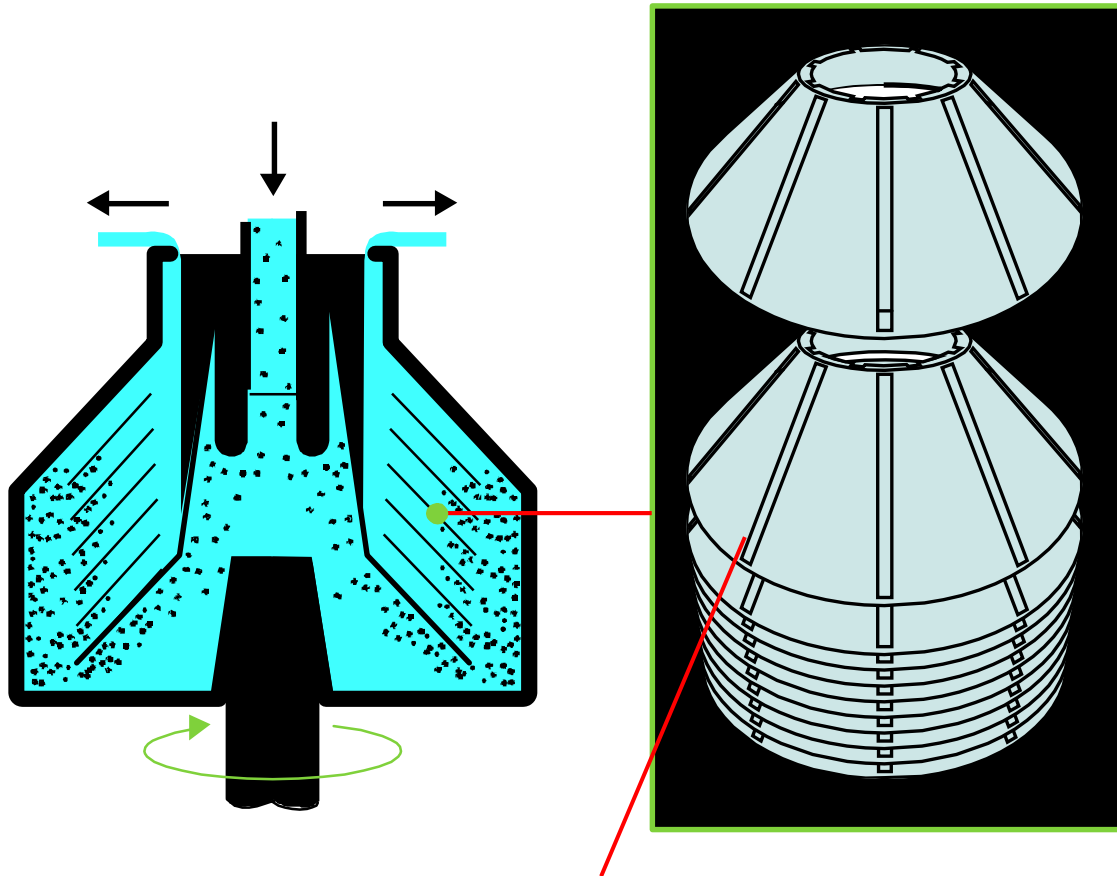


Рис. 2. Схема движения механических примесей, воды и очищенного топлива между дисками барабана сепаратора. Обозначения - в тексте.

Пакет тарелок

Пакет тарелок - один из важнейших частей сепаратора, где происходит отделение шлама



Малая длина прохода в тарелках компенсирована большой площадью для осаждения шлама

При загрязнении или частичном забивании пакета тарелок, эффективность сепарации резко ухудшается

Ширина пространства между тарелками 0,5 - 0,8 mm

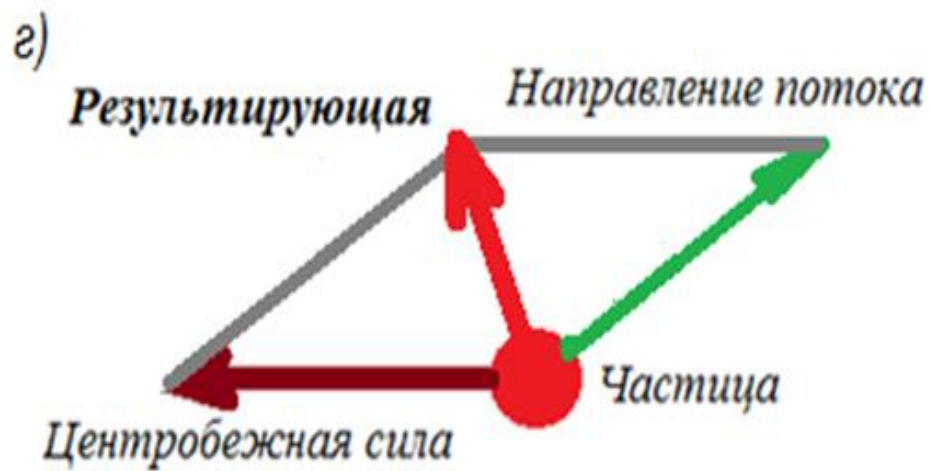
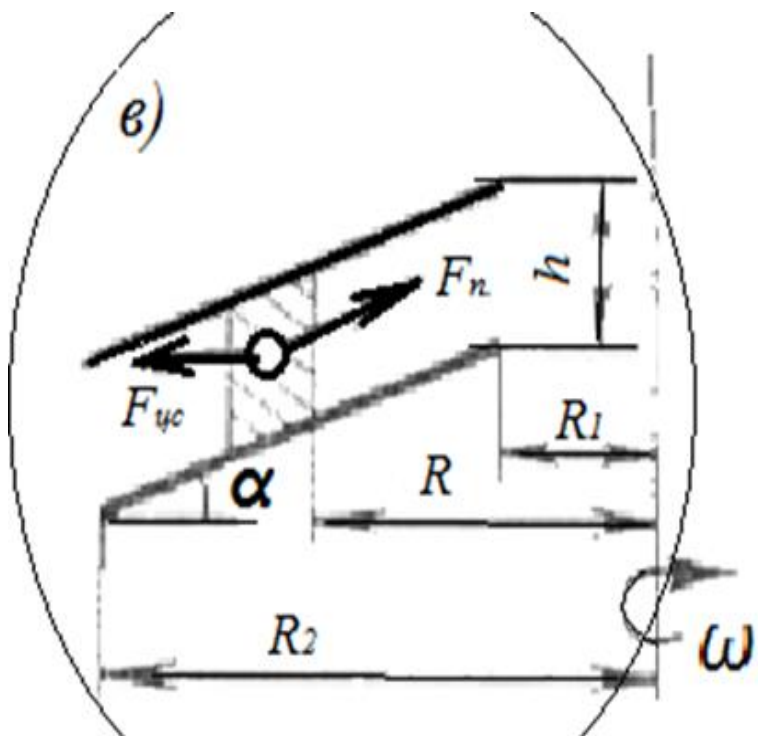
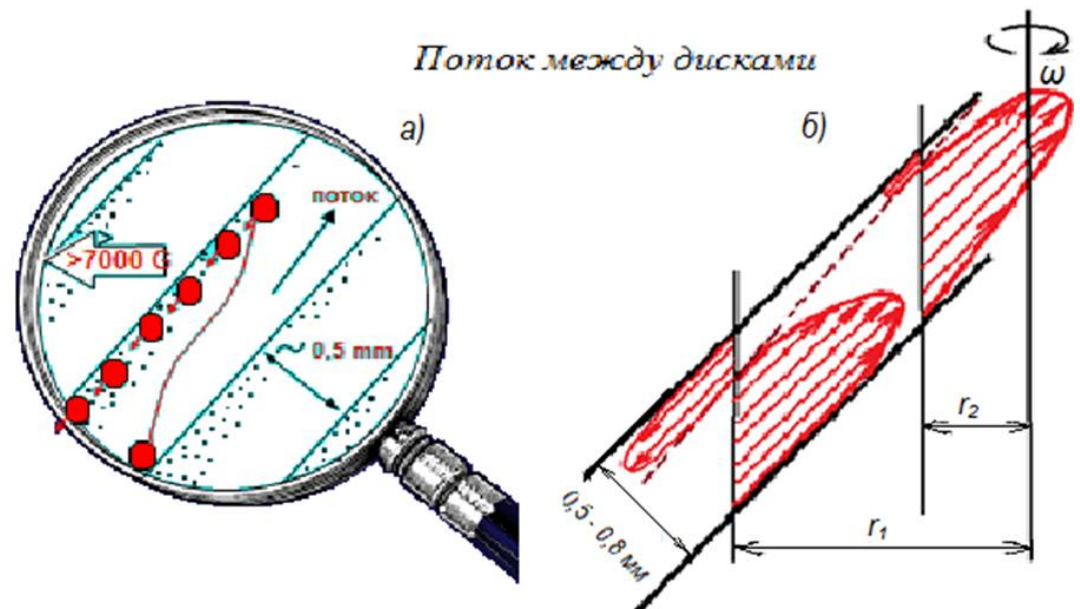


Рис. 3. Схемы действия сил на частицу в межтарелочном пространстве в) и г)

На рис. 4 а) показана схема осаждения частицы, а на рис. 4 б) - схема выделения тяжелой жидкой фракции. Частица в межтарелочном пространстве увлекается потоком и в то же время, под действием центробежной силы, будет отбрасываться к нижней поверхности верхней тарелки. При сепарировании выделяются только те частицы, которые за время пребывания в межтарелочном пространстве пересекут поток и достигнут нижней поверхности верхней тарелки

Частицы, выделившиеся на тарелках и тяжелая фракция жидкости, сползают к периферии, образуя встречный поток вещества. Если учесть, что у поверхности тарелок относительная скорость потоков равна нулю, то схема потока в поперечном сечении можно представить в виде, показанном на рис. 4 б).

См. след. Слайд!



Поток между дисками

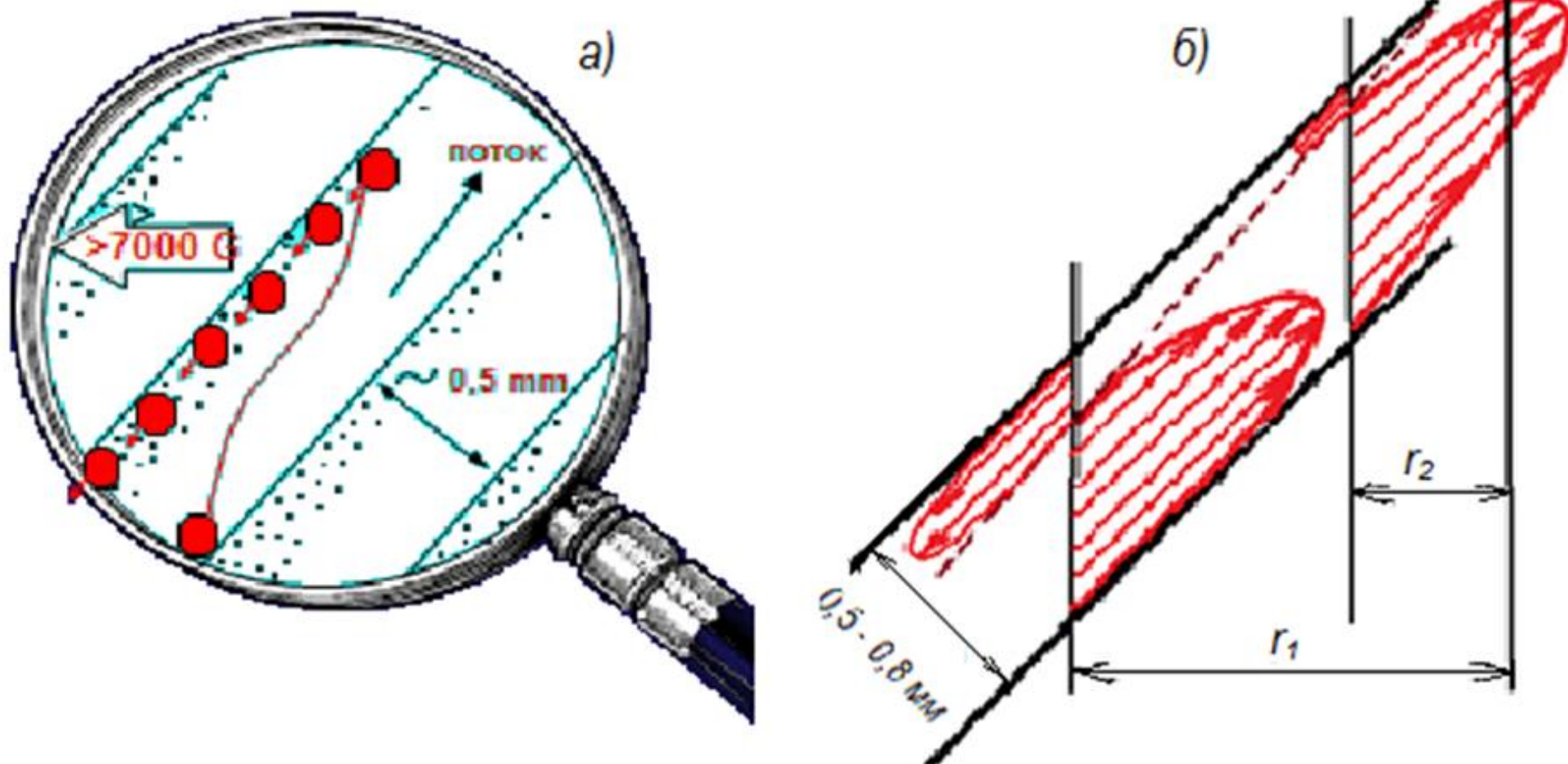


Рис 4. Схема движения потоков жидкостей
в межтарелочном пространстве при
а) - кларификации; б) - пурификации.

Существует две основные схемы работы сепараторов.

Это -«кларификация» и «пурификация».

Чтобы не путаться в этих терминах важно запомнить разницу перевода этих почти синонимов:

- **кларификатор** - это «осветлитель» - для удаления только механических примесей,
- **пурификатор** - именно «очиститель», удаляющий и механические. примеси и воду.

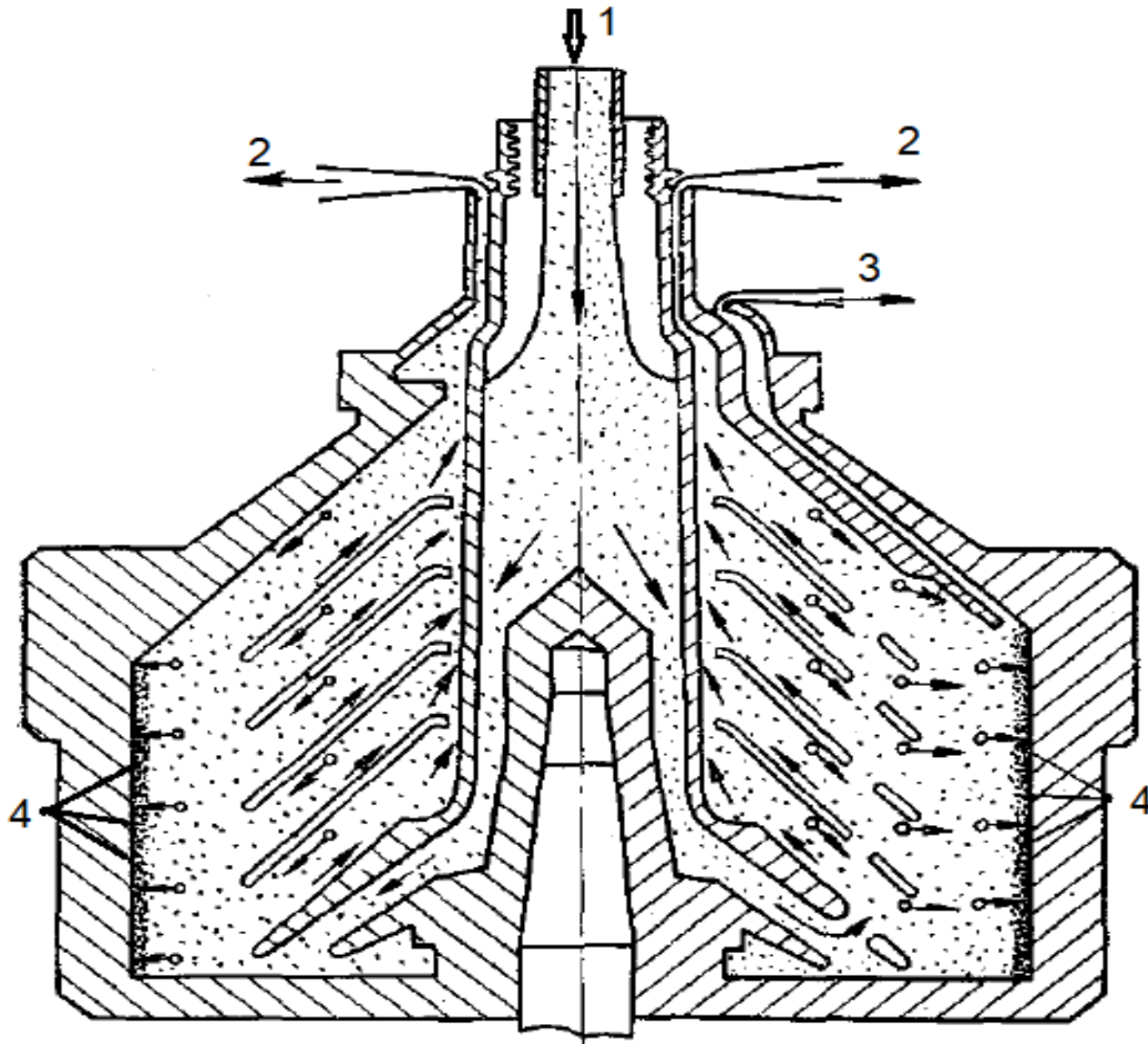
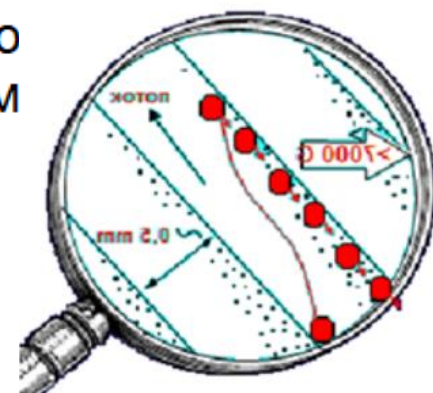
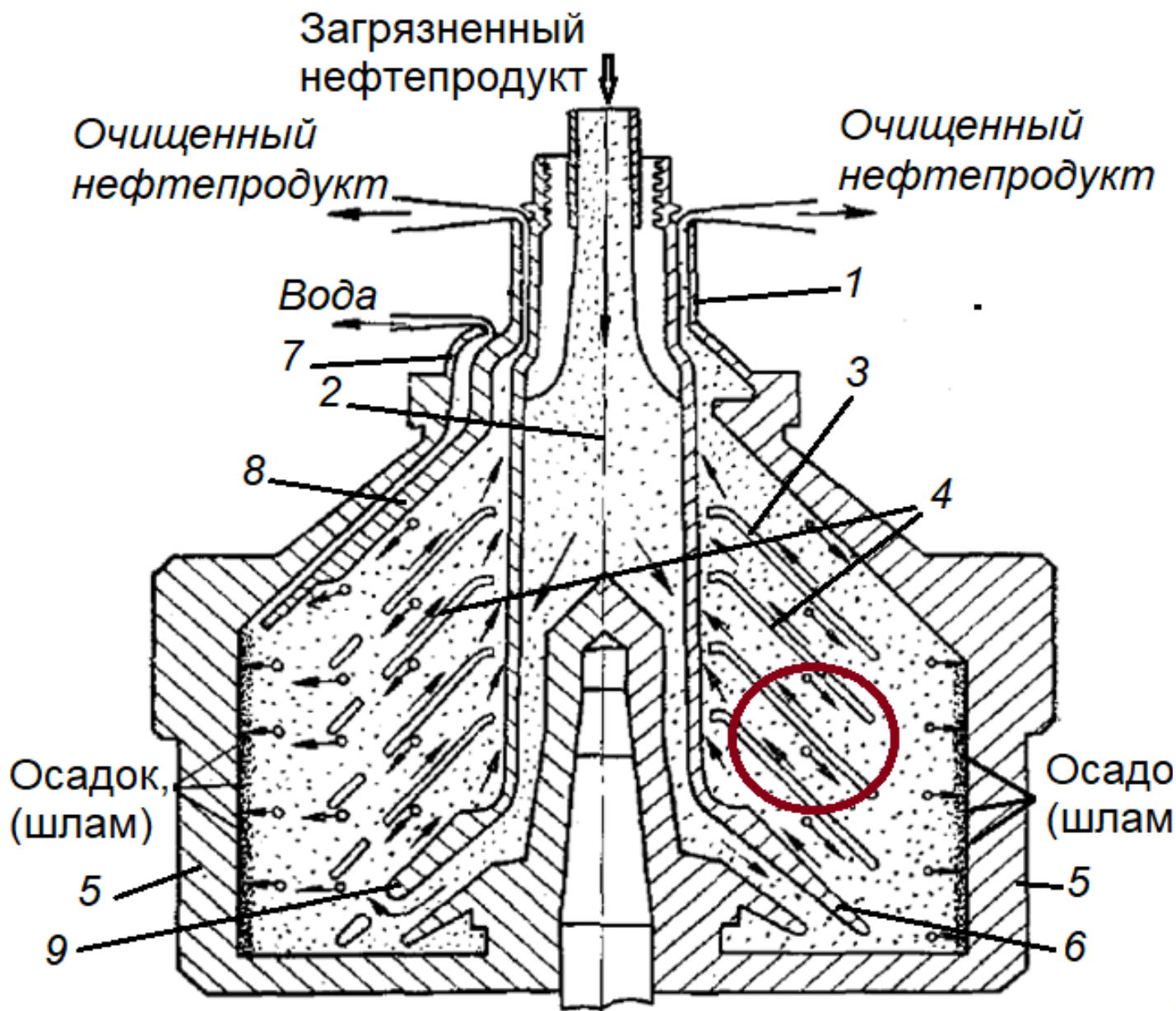


Схема кларификации (слева) и пурификации (справа)
1 – грязное масло; 2 – чистое масло; 3 – вода (и часть
шлама); 4 - шлам



На рис. 3 а) представлен тарельчатый сепаратор, собранный для работы в режиме кларификации, а на рис. 3 б) — в режиме пурификации. В первом режиме топливо через центральный канал тарелкодержателя 2 поступает во вращающийся барабан 5, далее топливо проходит между тарелками 4 снизу вверх по направлению к оси вращения барабана и, очистившись, через кларификационную горловину 1 выходит наружу. В кларификаторе нижняя тарелка 6 сплошная, поэтому все топливо, прежде чем поступить на тарелки, попадает в пространство, расположенное между корпусом и тарельчатым барабаном. Это делает очистку более качественной.

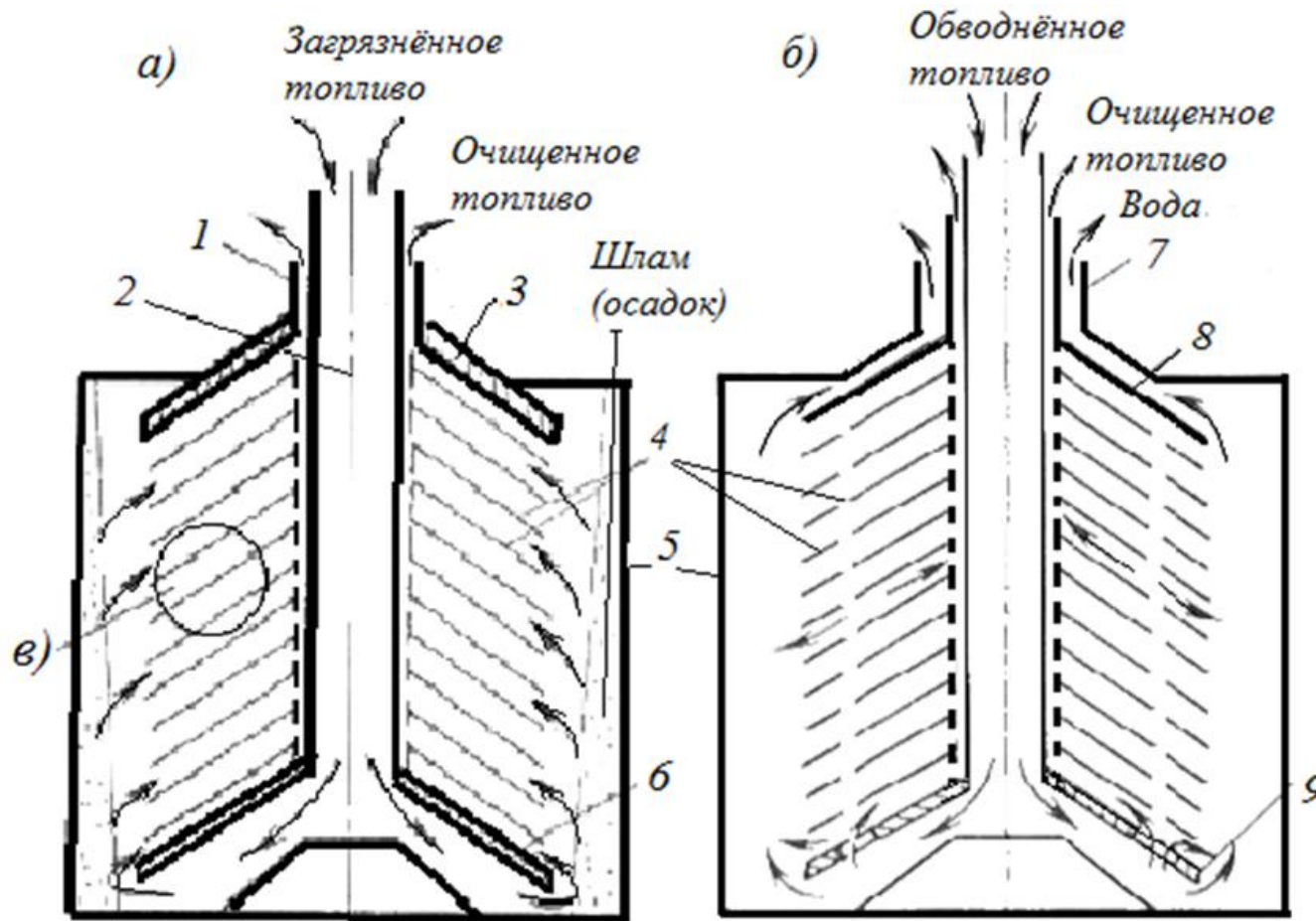


Рис. 3. Схемы работы тарельчатого сепаратора в режимах
 а) - кларификатора
 б) - пурификатора

В верхней части барабана установлена защитная тарелка 3, обеспечивающая отвод очищенного топлива через кларификационную горловину 1. Механические примеси, находящиеся в топливе, под действием центробежных сил отбрасываются и оседают на стенках корпуса барабана.

В режиме пурификации в сепараторе вместо кларификационной горловины 1 устанавливают крышку с регулировочной шайбой 7, а вместо верхней защитной тарелки 3 — разделительную тарелку 8.. В пурификаторе нижнюю сплошную тарелку 6 заменяют на распределительную 9, имеющую отверстия, через которые необработанное топливо подается к сепарирующим тарелкам.

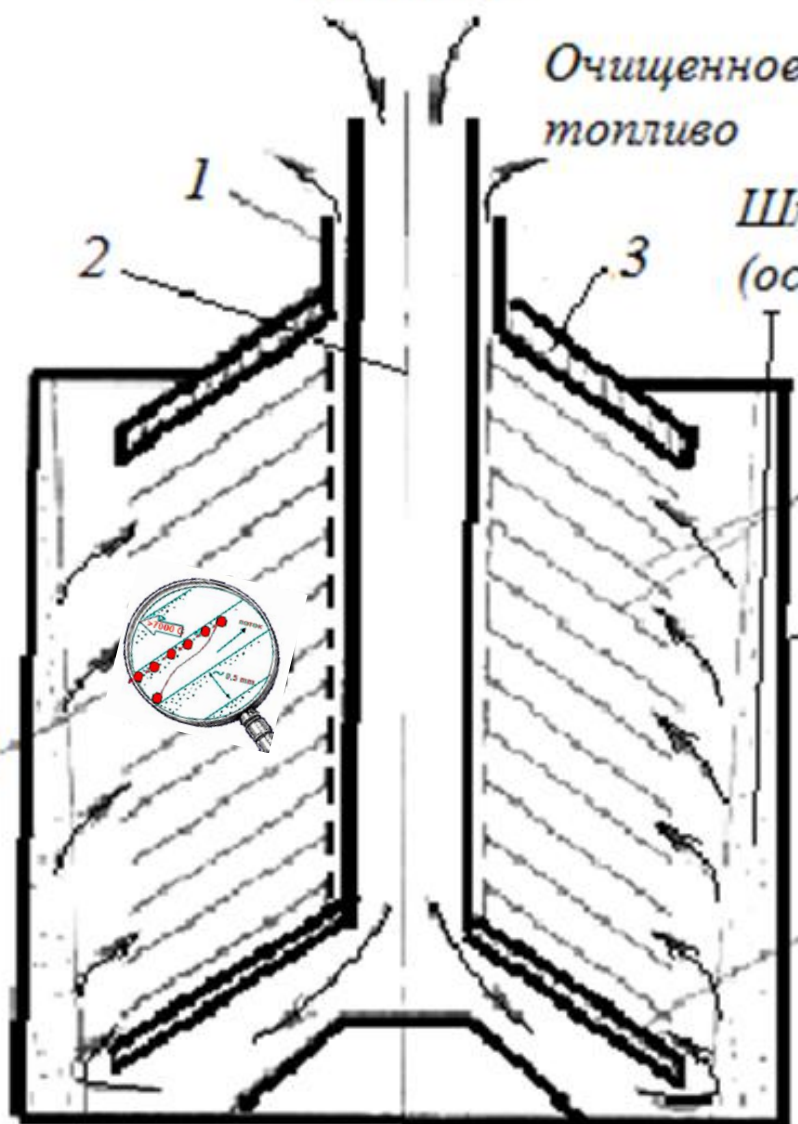
Отсепарированная вода удаляется по каналу, образуемому верхней тарелкой и крышкой барабана, через выпускное отверстие в регулировочной шайбе. При работе в режиме пурификации удаление воды до минимума возможно только при правильной настройке сепаратора - главным образом от правильного выбора диаметра регулировочной шайбы, который подбирают в зависимости от плотности топлива. Очищенное топливо выходит через выпускное отверстие, расположенное ближе к оси вращения барабана.

а)

Загрязнённое
топливо

Очищенное
топливо

Шлам
(осадок)

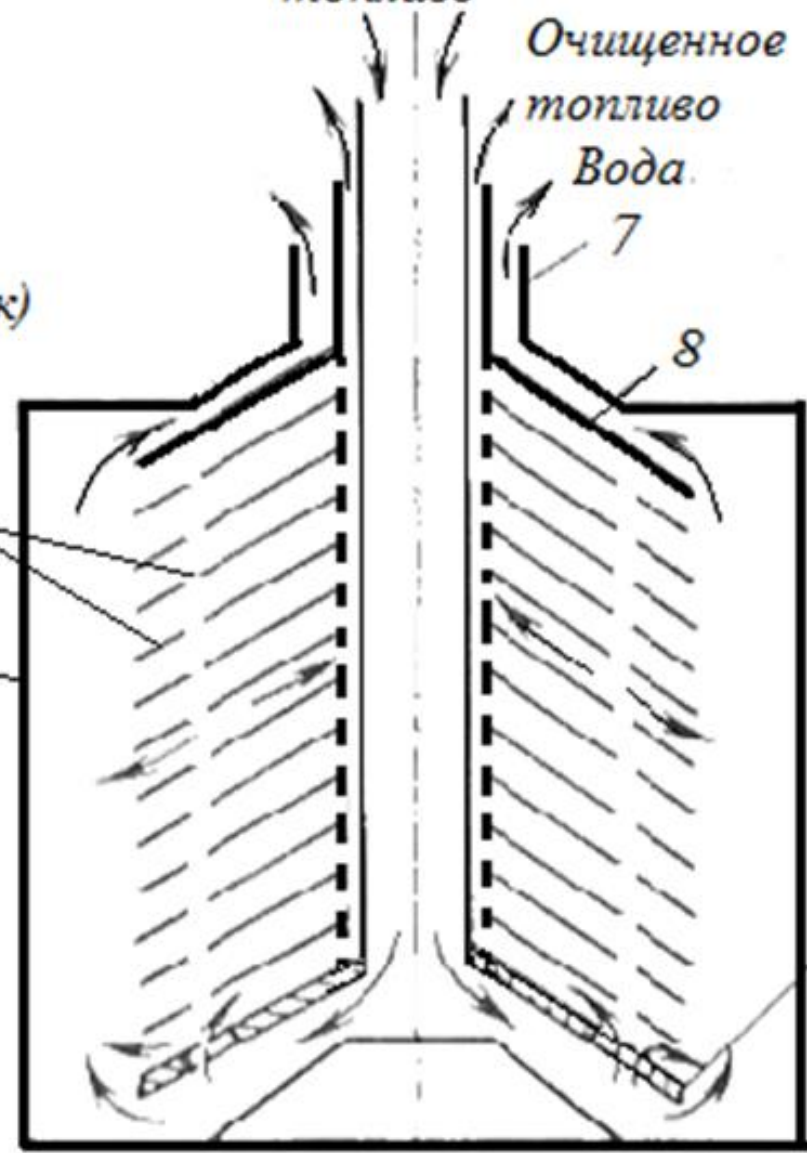


б)

Обводнённое
топливо

Очищенное
топливо

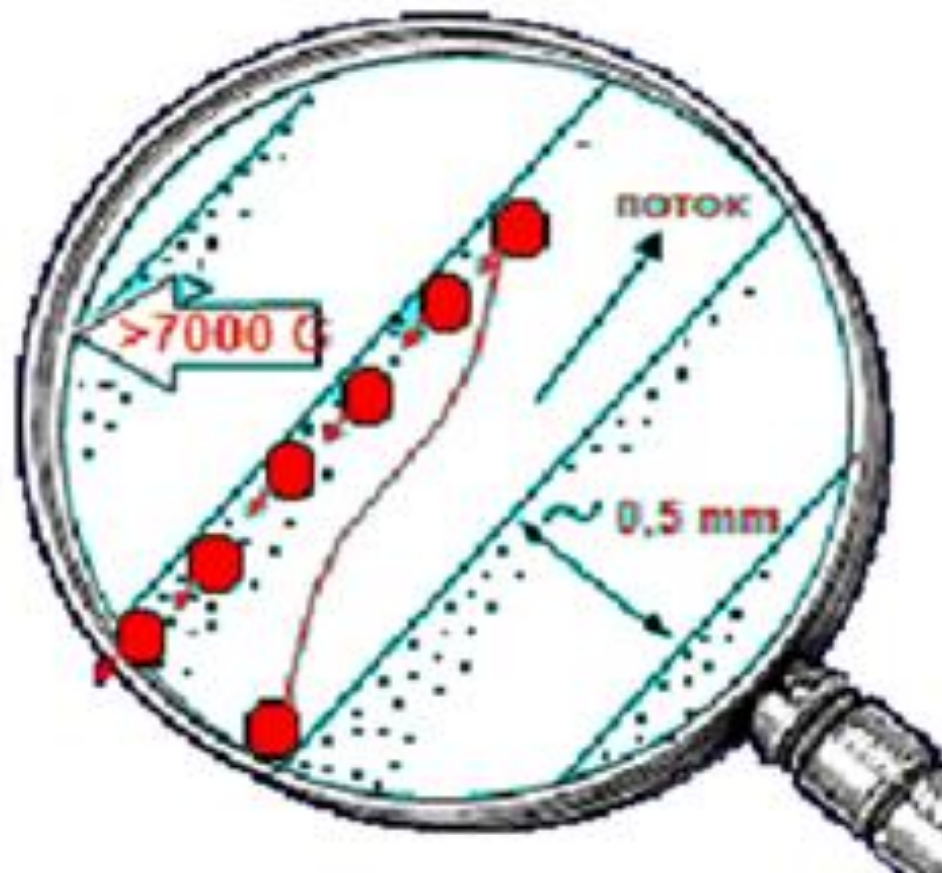
Вода



в)



9



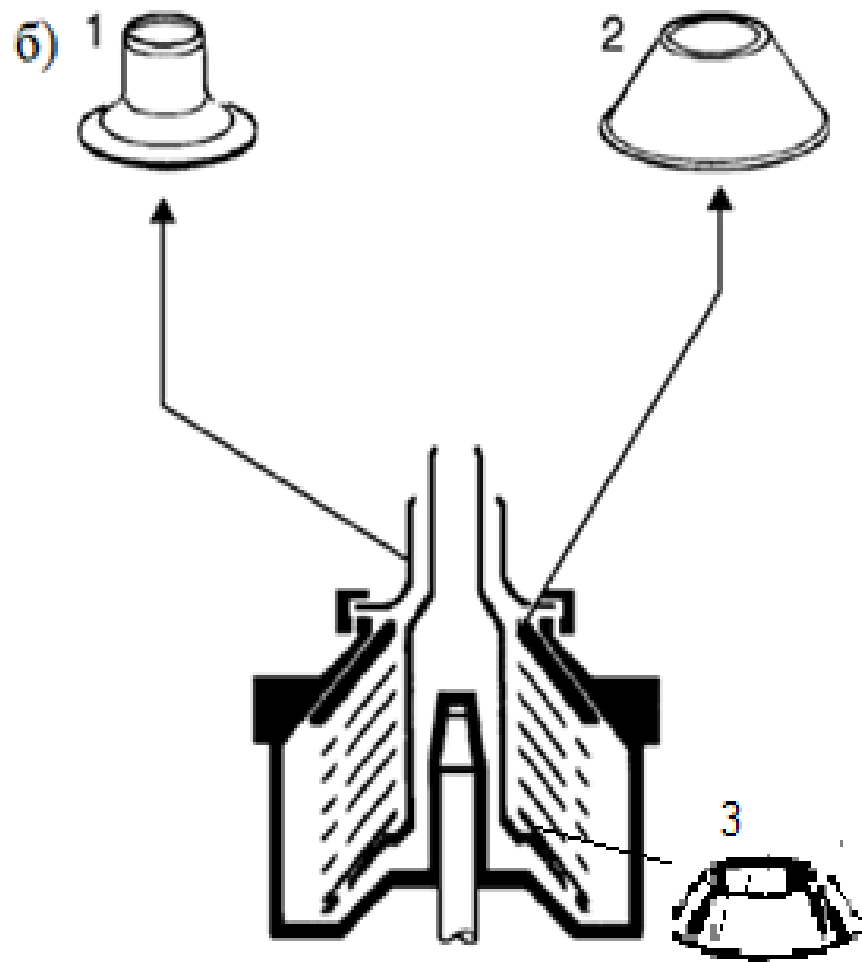
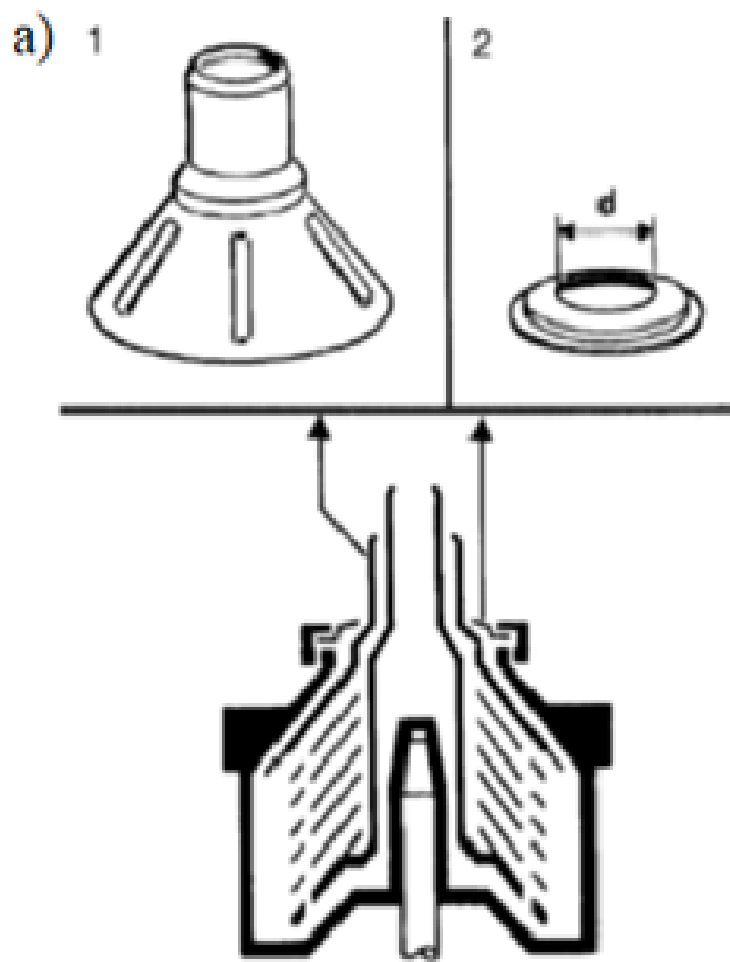
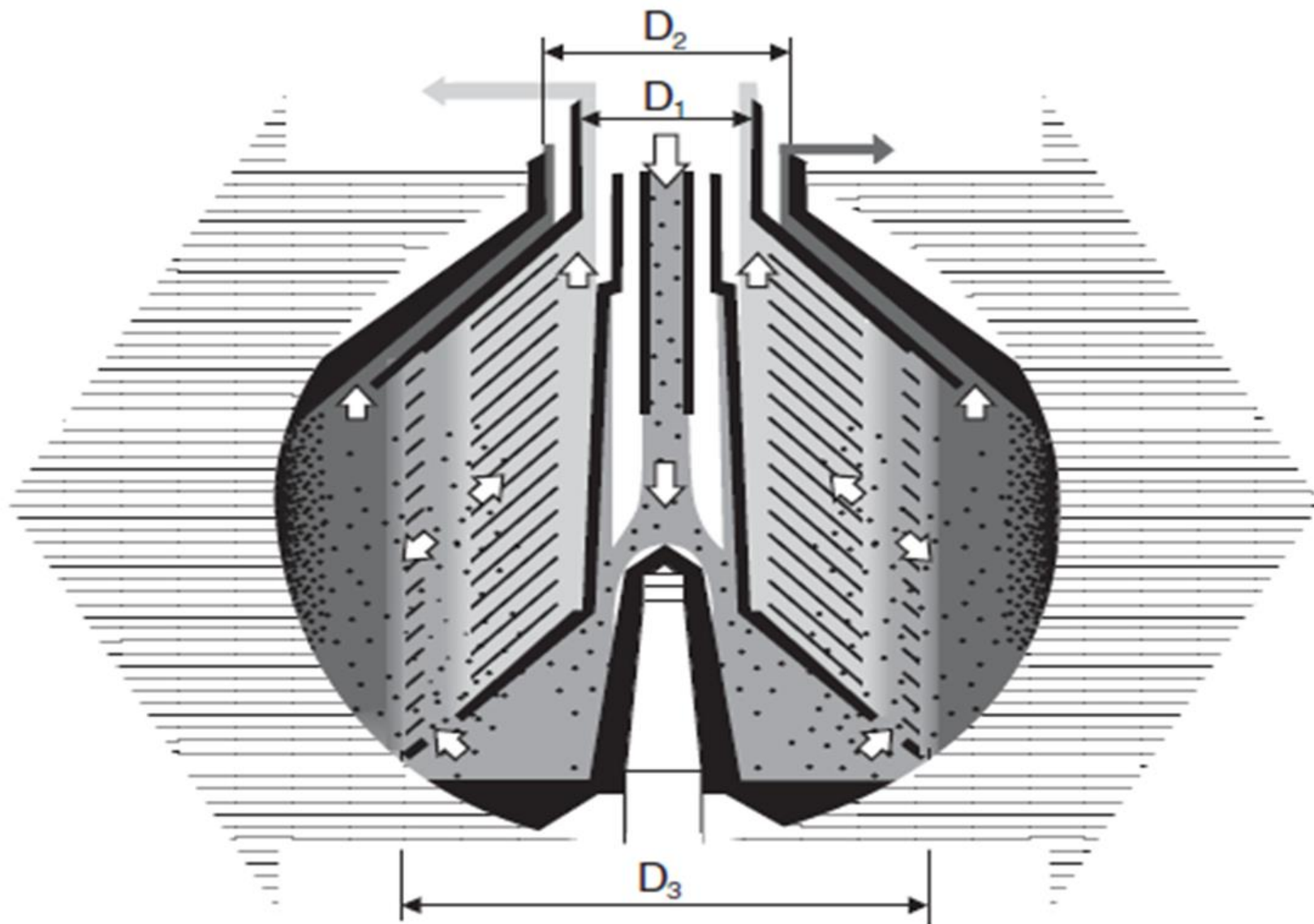
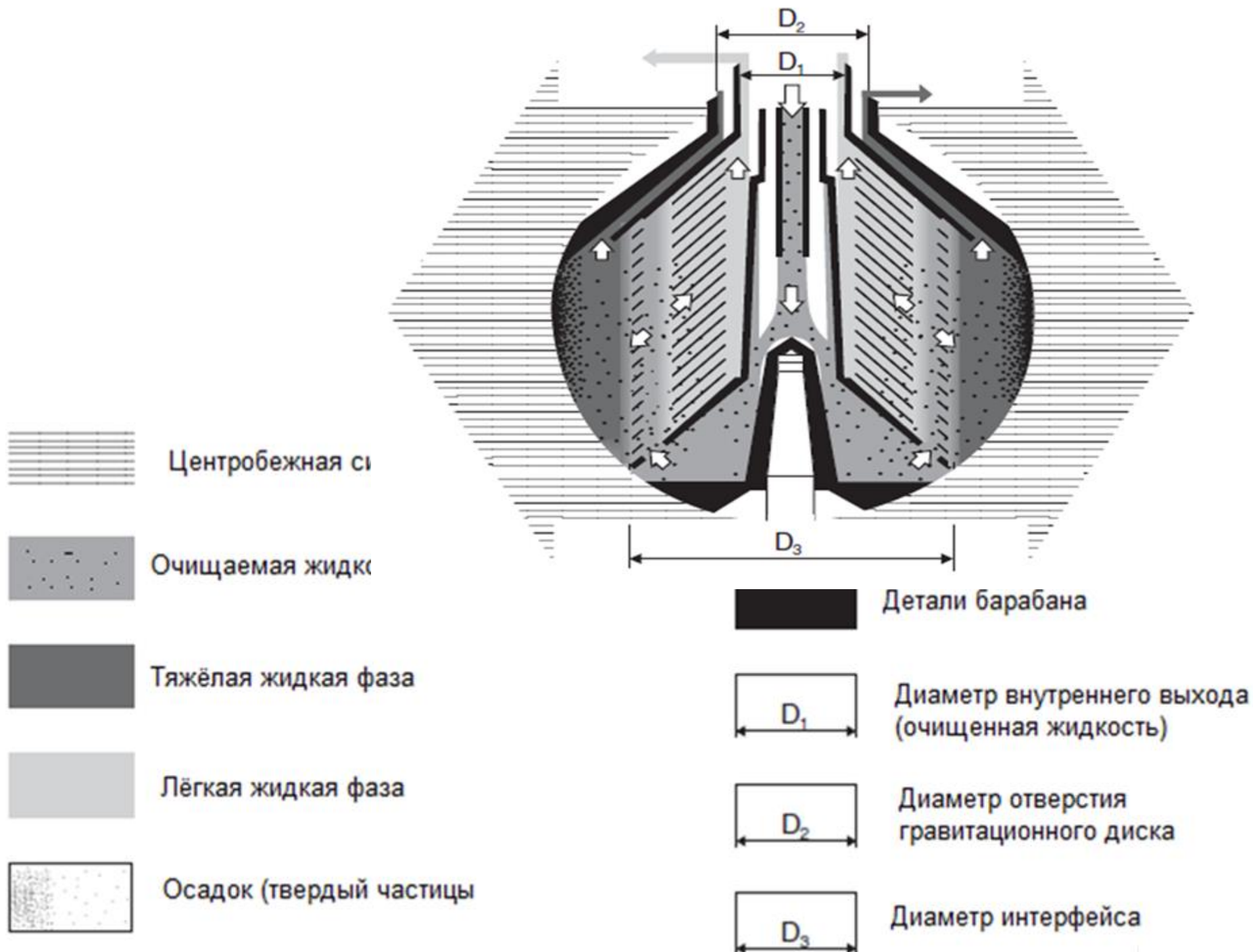


Рис. 2.9. Барабан сепаратора-пурификатора а): 1- верхний диск с горловиной; 2 – гравитационный диск (шайба). Барабан сепаратора-кларификатора б): 1- выпускная кларификационная горловина; 2 – верхний диск без металлических полосок; 3 - нижняя тарелка без отверстий.

3.1. Принципы конструкции барабанов сепараторов-пурификаторов и кларификаторов

Процесс пурификации.

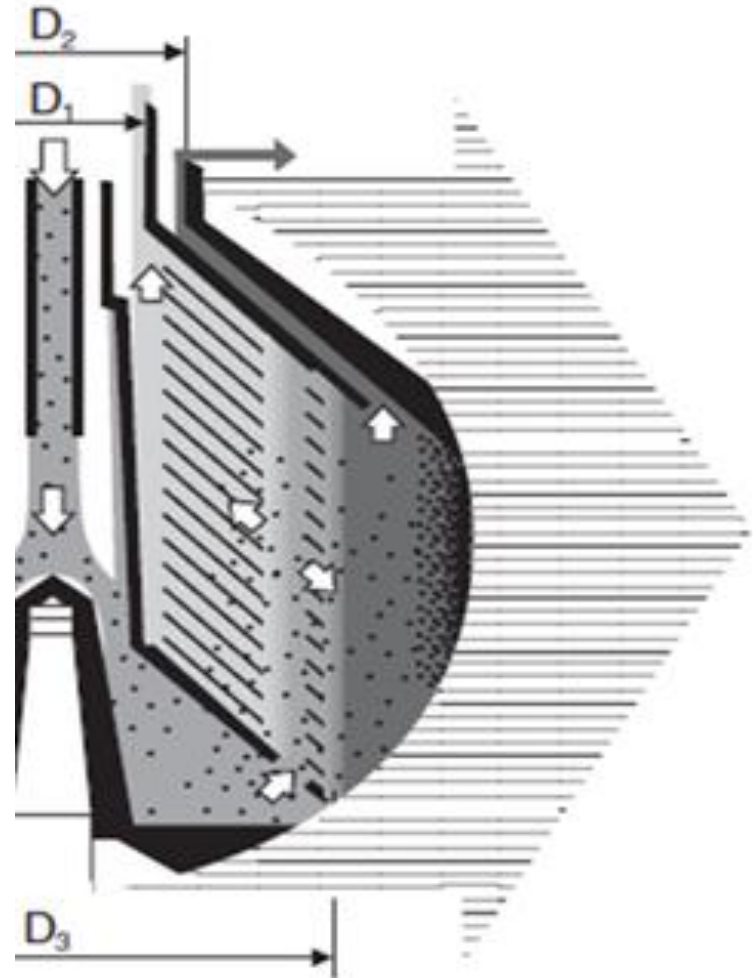


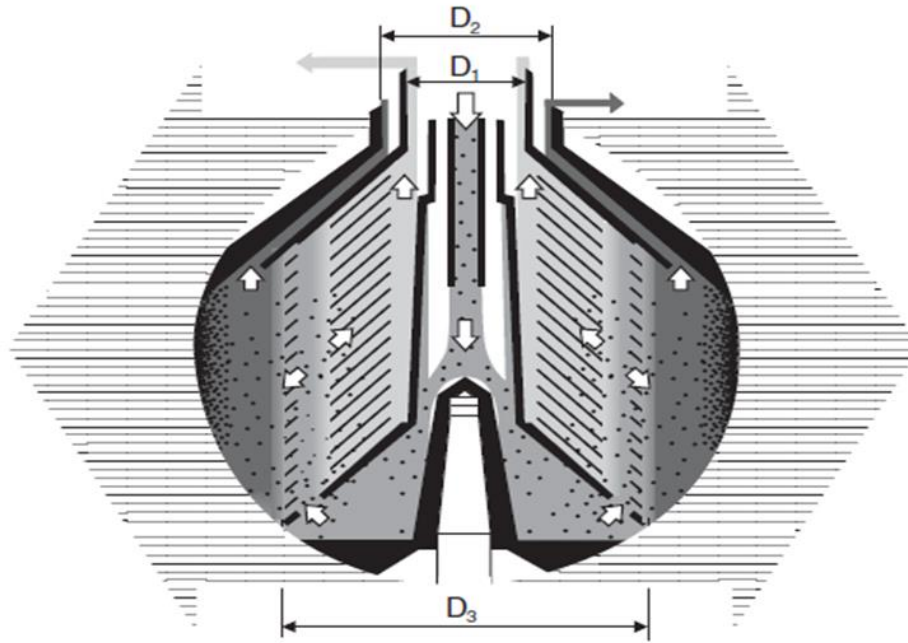


В результате центробежного разделения двух жидкостей, таких как топливо-вода, образуется **цилиндрическая** поверхность раздела между ними.

Граница раздела воды с топливом (иногда называется «интерфейсом») должна располагаться **у внешней кромки распределительных отверстий** и ни в коем случае не проходить по отверстиям (1) или от них ближе к центру барабана (2).

В первом случае (1) будет наблюдаться торможение потока топлива на входе в тарелки, что приведет к резкому **ухудшению сепарации**, а во втором (2) - в зону очищенного топлива будет поступать **вода**.





(Повтор!) В первом случае будет наблюдаться торможение потока топлива на входе в тарелки, что приведет к резкому ухудшению сепарации, а во втором - в зону очищенного топлива будет поступать вода.

Эффективность сепарации повышается, когда поверхность раздела отодвигается к периферии от отверстий, так как увеличивается эффективная поверхность тарелок.

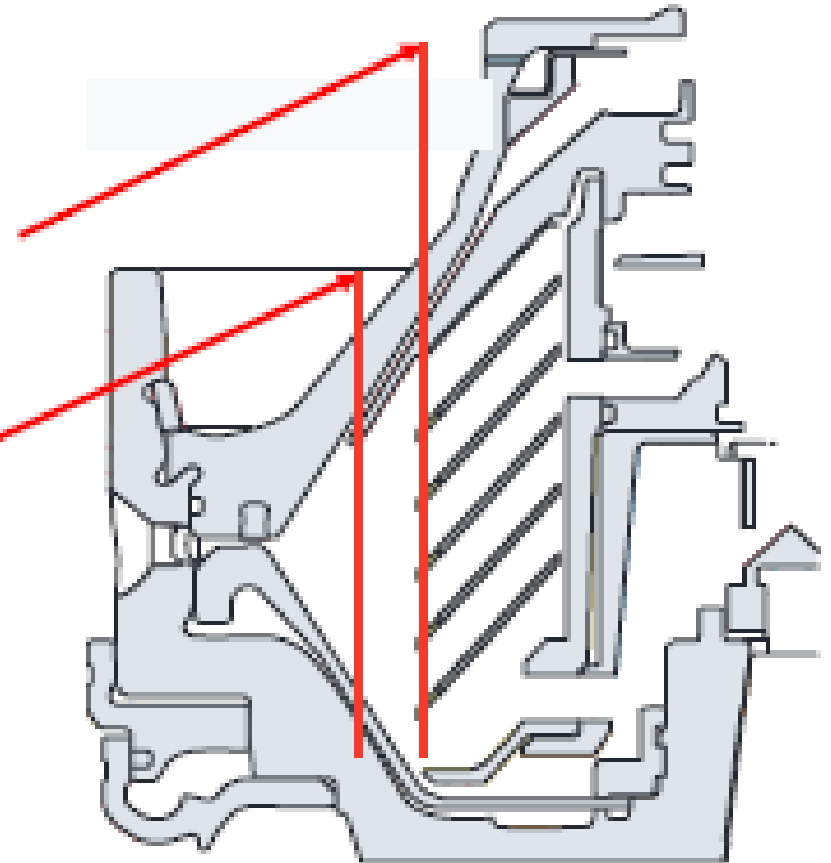
Но в этом случае **растет опасность** исчезновения (разрыва) водяного затвора и, как следствие, **утечка топлива** к водоотводному патрубку.

Эффективность сепарации

Для того, чтобы процесс сепарации в пакете тарелок проходил эффективно, граница раздела сред (интерфейс) **никогда** не должен располагаться внутри пакета.

Оптимальное расположение интерфейса:

Между пакетом тарелок и наружной кромкой верхнего диска



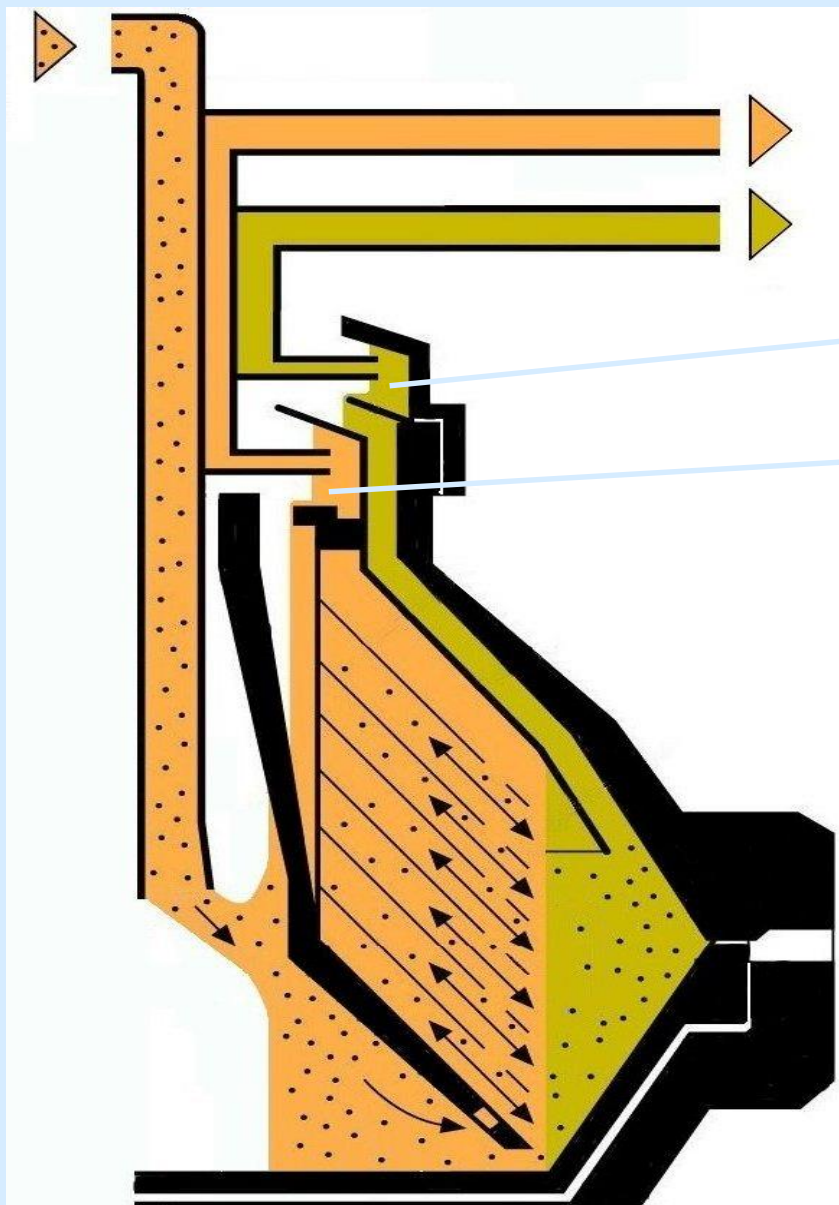
Качество сепарации

Оптимальное положение границы раздела фаз обеспечивается:

- Правильным размером гравитационного диска
- Чистым пакетом тарелок
- Поддержанием следующих величин подаваемого топлива:
 - Постоянные свойства топлива = вязкость и плотность
 - Постоянная подача топлива
 - Постоянная температура

Пурификатор

- Подвод топлива

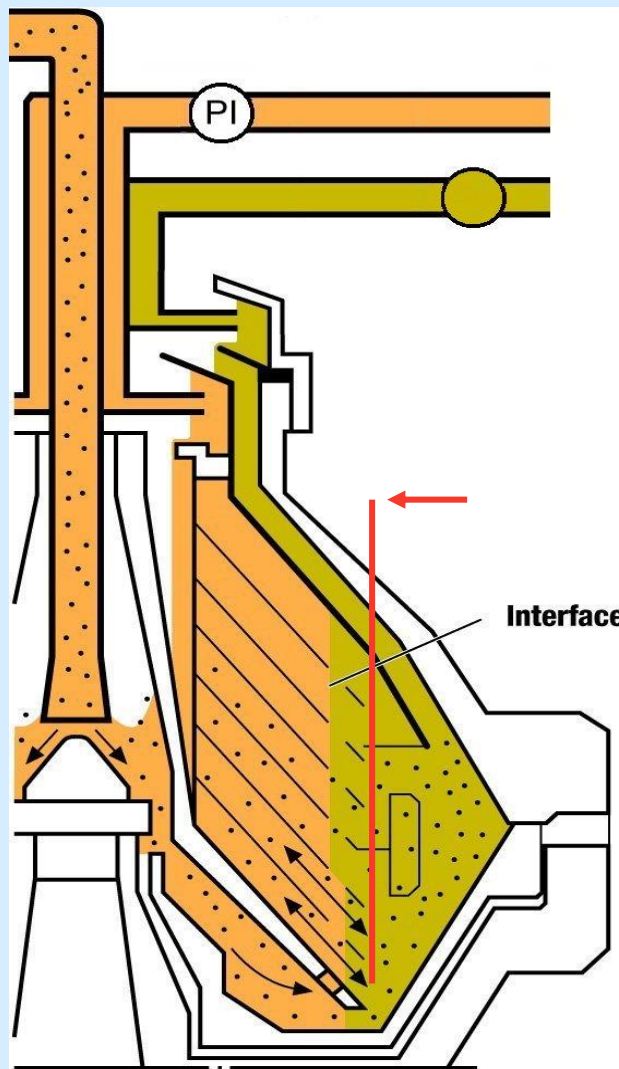


- Выход легкой фазы
- Выход тяжелой фазы
- Гравитационный диск
- Кольцо уровня
- Выход шлама

Факторы влияющие на положение Interface

Факторы влияющие на границу раздела: 1

- Гравитационный диск *мал*
- Плотность топлива *понижена*
- Вязкости топлива *понижена*
- Расход топлива *понижен*
- Температура топлива *повышена*

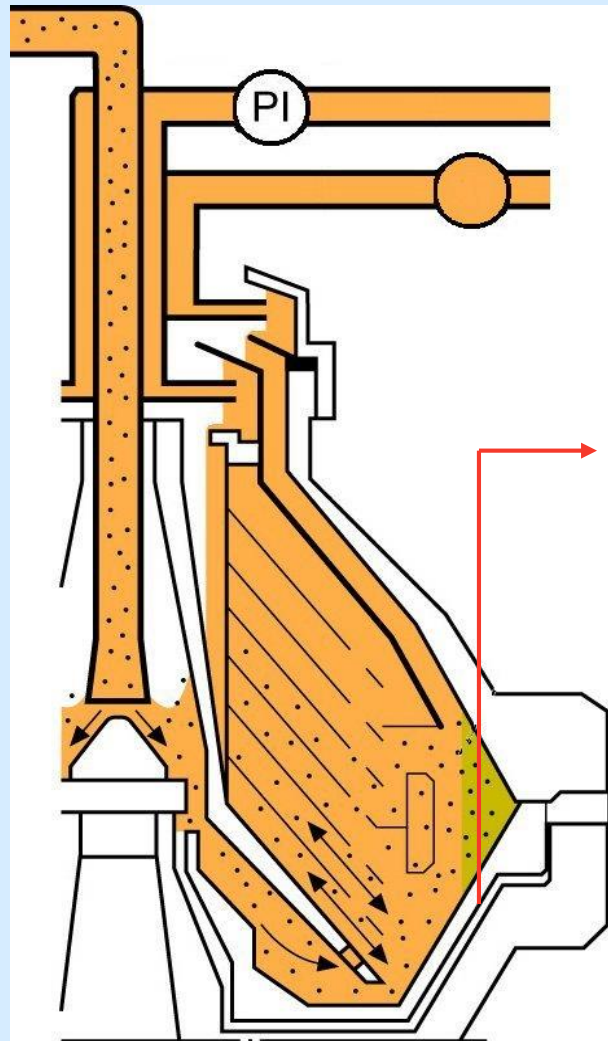


- Вода частично попадает на выход топлива
- Граница раздела фаз смещается к центру:
- Вода запирает пакет тарелок
- Риск плохой сепарации

Факторы влияющие на положение Interface

Факторы влияющие на границу раздела: 2

- Грав.диск *слишком большой*
- Плотность топлива *повышена*
- Вязкости топлива *повышена*
- Расход топлива *повышена*
- Температура топлива *понижена*
- Пакет тарелок загрязнен



- Топливо попадает на выход воды из сепаратора срыв гидрозатвора

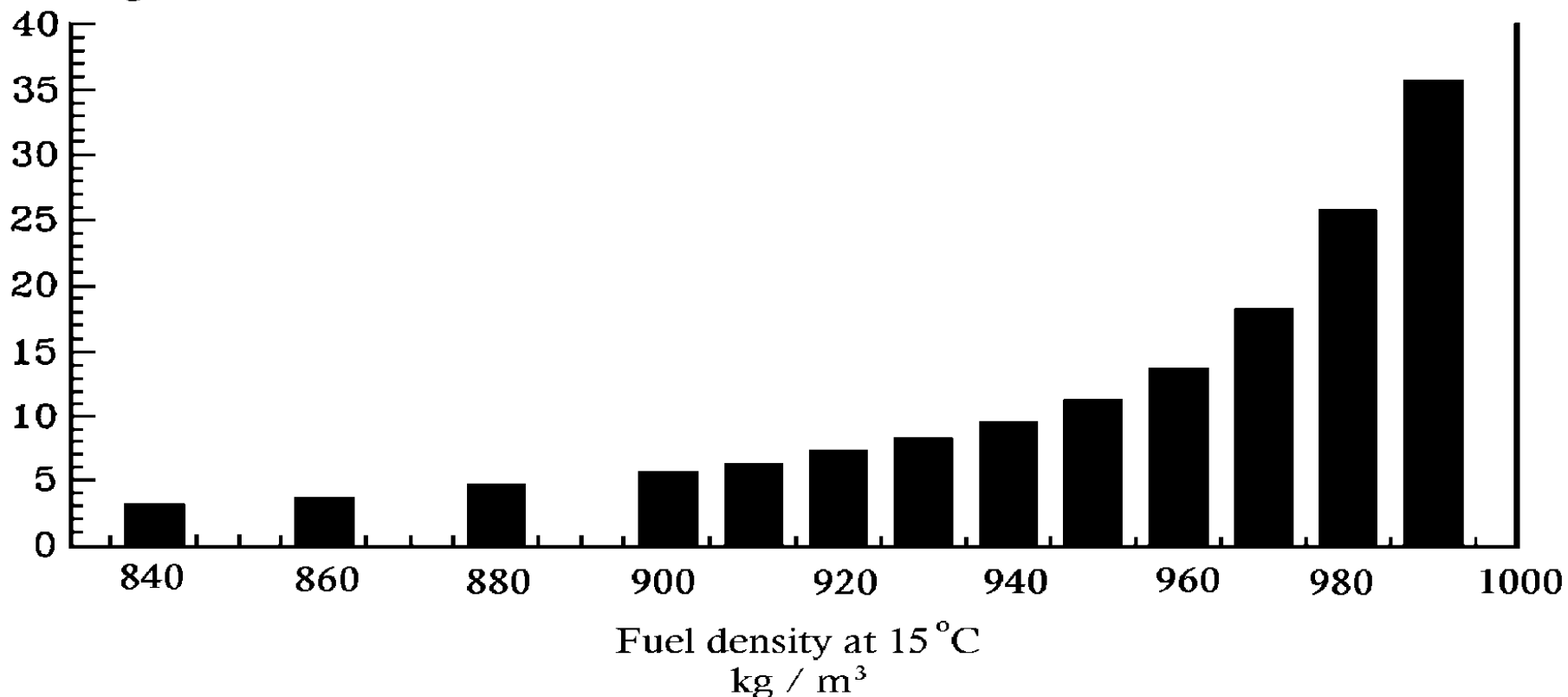
- Граница раздела фаз стремится к периферии

- Риск срыва гидрозатвора

Влияние температуры сепарации на положение границы раздела

чувствительность границы раздела к изменению
температуры топлива на один °C

Interface displacem.
mm / degree C



Устойчивое требуемое расположение поверхности раздела фаз поддерживается посредством применения **регулирующих шайб или гравитационных дисков** (тарелок) соответствующего диаметра, устанавливаемых на выпускном канале из сепаратора.

Эти кольца и шайбы различного диаметра имеются в наличии для каждого сепаратора, чтобы можно было подобрать шайбу или кольцо соответствующего размера в зависимости от плотности сепарируемого топлива.

Чем меньше плотность сепарируемого топлива, тем больше должен быть внутренний диаметр регулирующей шайбы.

В качестве иллюстрации к вышеописанному на рис. 1.6 показана схема расположения «нейтрального слоя» в зависимости от диаметра регулировочной шайбы.

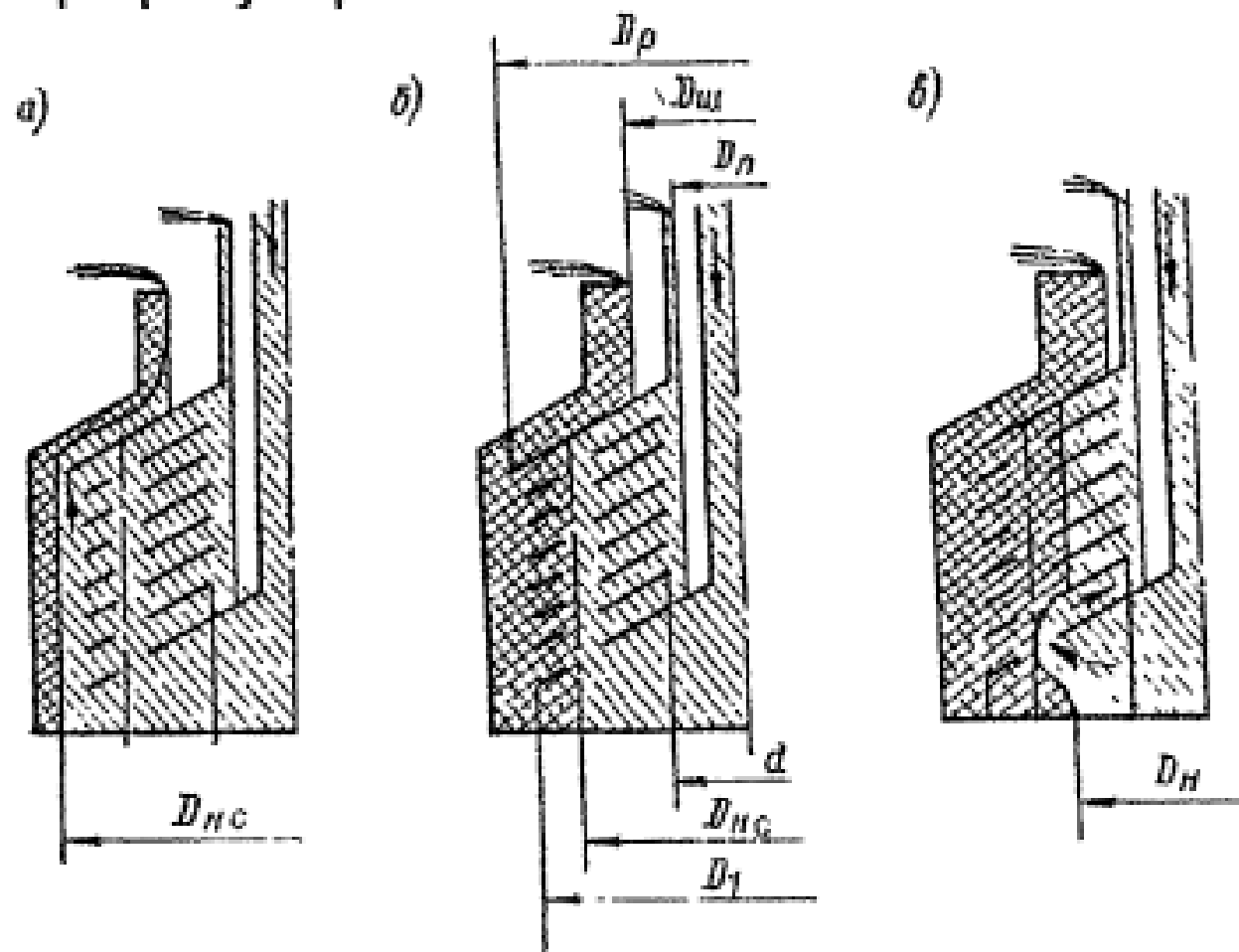


Рис. 1.6. Влияние размера регулировочной шайбы на положение «нейтрального слоя»: а – шайба велика; б – шайба подобрана правильно; в – шайба мала

В любом случае необходимо помнить, что с увеличением диаметра регулировочной шайбы поверхность раздела фаз топливо - вода, т.е. "нейтральный слой" перемещается к периферии барабана.

Если же он достигает края верхней разделительной тарелки, то через отверстие регулировочной шайбы начнет вытекать топливо вместе с водой.

При уменьшении диаметра регулировочной шайбы "нейтральный слой" будет перемещаться к оси вращения барабана.

При этом снижается эффективность сепарирования, т.к. уменьшается рабочая площадь тарелок. Кроме того увеличивается содержание воды в чистом топливе

Выбор гравитационного диска с помощью номограммы или таблицы.

Наилучшие результаты разделения достигаются при использовании гравитационного диска с максимально большим отверстием, которое не приведет к нарушению герметичности водяного затвора.

Исходя из **формул (3) и (4) скорости центробежной сепарации,**

$$V_c = \frac{1}{18} d^2 \omega^2 R \frac{(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}})}{\mu} \qquad V_c = 2,2 \cdot d^2 \cdot n^2 \cdot R \cdot \frac{\Delta \rho}{\mu}$$

понятно, что для каждой данной модели ЦС для положения «интерфейса» переменными останутся плотность и вязкость, т.е. температура среды.

Так составляются номограммы по выбору конкретных гравитационных дисков.

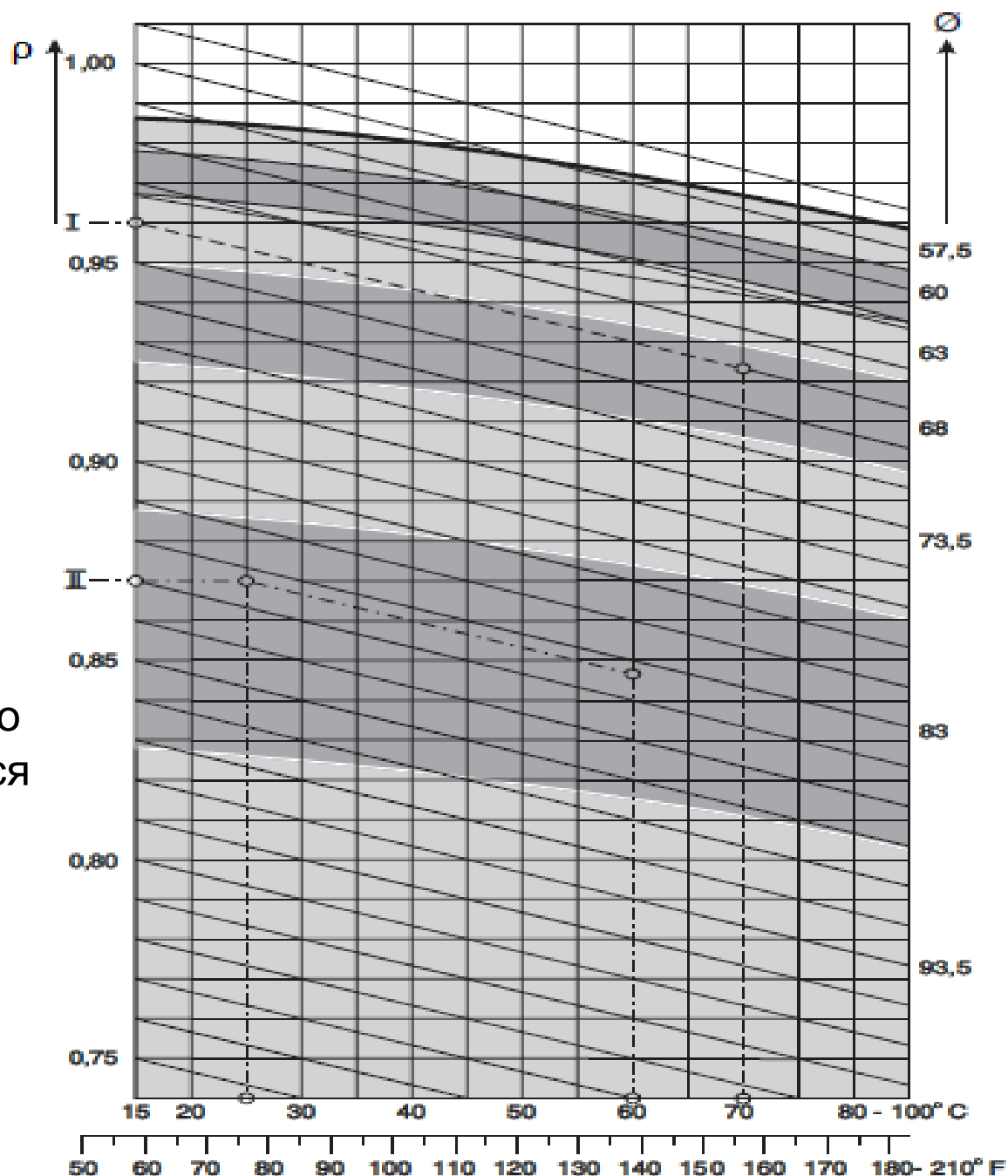
Пример – рис.

Здесь плотность « ρ » в г/см³, диаметр отверстия диска « $\varnothing$ » в мм.

На практике - диаметр указывается в миллиметрах на каждом диске.

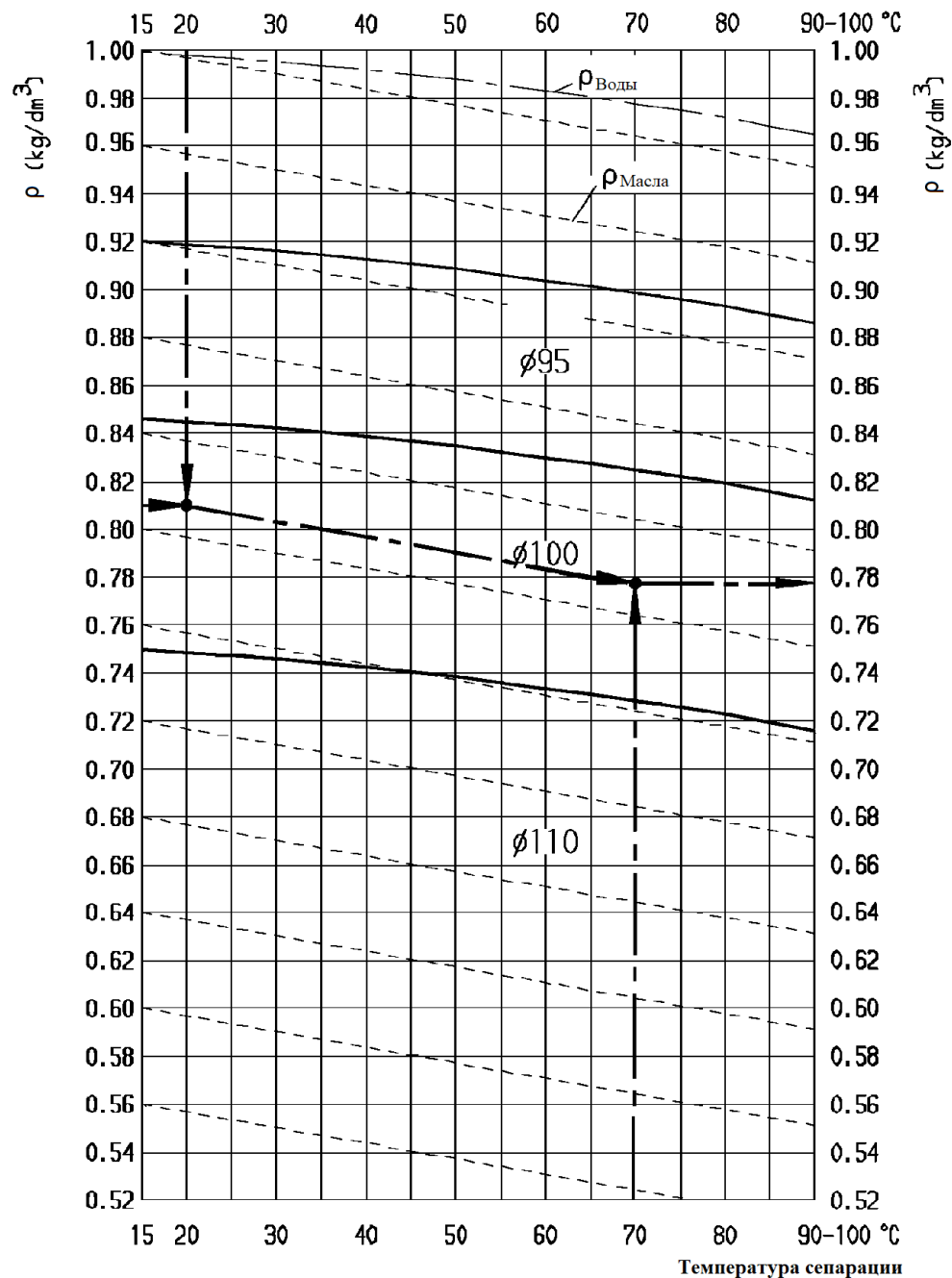
Например: если плотность легкой жидкости при 15°C известна (пример "I"- 0,96 г/см³), а тяжелой жидкостью является вода, а температура сепарации составляет 70°C, то диаметр отверстия выбирается 68 мм .

Аналогично, пример "II"- если плотность легкой фазы известна при температуре 25°C (0,87 г/см³), а температура сепарации 60°C, то подходящим будет диск с диаметром 83 мм.

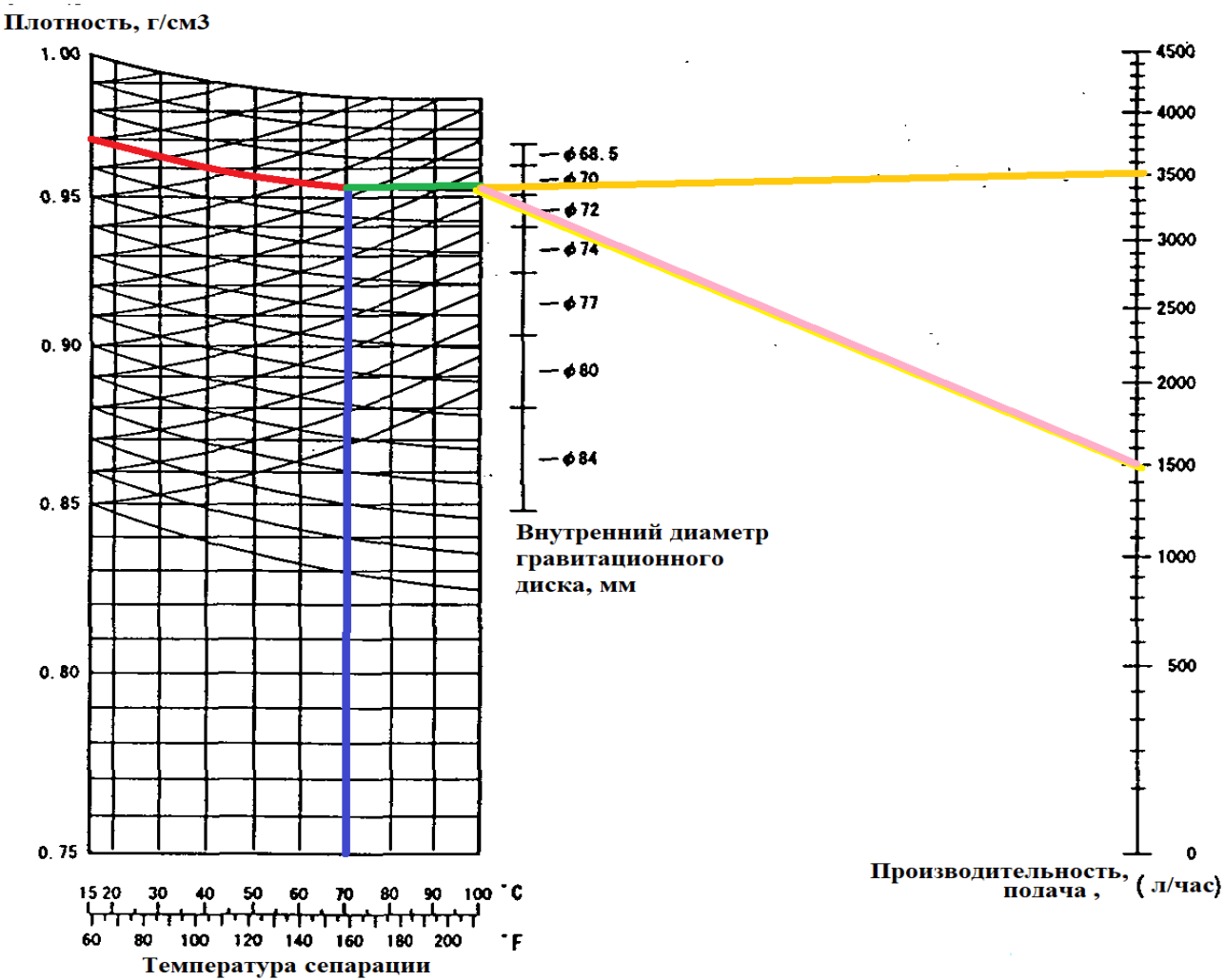


Схожие номограммы приводятся в инструкциях по эксплуатации каждого типа центробежного сепаратора.

Пример: плотность масла при 20°C равна 0,810 кг/л, а температура сепарации 70°C – по диаграмме находим диаметр гравитационного диска равный 100мм (плотность масла при 70°C будет 0,778 кг/л)



Например, интересный пример изображен на рис. для сепараторов Мицубиси SJ, где выбор диаметра гравитационного диска определяется не только плотностью и температурой, но и производительностью сепарации, Что видно из рисунка: пример – при плотности 0,970 г/см³ при 15°C и температуре сепарации в 70°C – если производительность выбирается в 3,5м³/час, то диаметр гравитационной шайбы следует выбирать 70мм, а при 1.5 м³/час , то можно установить шайбу с внутренним диаметром 72мм.



Также существуют таблицы для выбора гравитационного диска – здесь, в качестве примера, приведена табл.1:

I Плотность при 15°С, Т сепарации 55°С	II Плотность при 15°С, Т сепарации 80-100°С	Диаметр отверстия гравитационного диска, мм
0,999 - 0,991	1,002 - 0,994	57, 5
0,991 - 0,980	0,994 - 0,982	60
0,980 - 0, 963	0,982 - 0,966	63
0,963 - 0,938	0,966 - 0,942	68
0,938 - 0,901	0,942 - 0,906	73, 5
0,901 - 0,843	0,906 - 0,849	83
0,843 -	0,849	93, 5

Таблица 1. Выбор диаметра отверстия гравитационного диска в зависимости от плотности сепарируемой среды в г/см³ при температуре 15°С и температуры сепарации

Пример выбора - если удельный вес легкой жидкости при 15°С известен, тяжелая жидкость - вода, а температура сепарации составляет 55° С, то для получения диаметра гравитационного диска сначала следует воспользоваться столбцом под номером I.

Или столбцом II, если температура сепарации находится в диапазоне 80°-100°С.

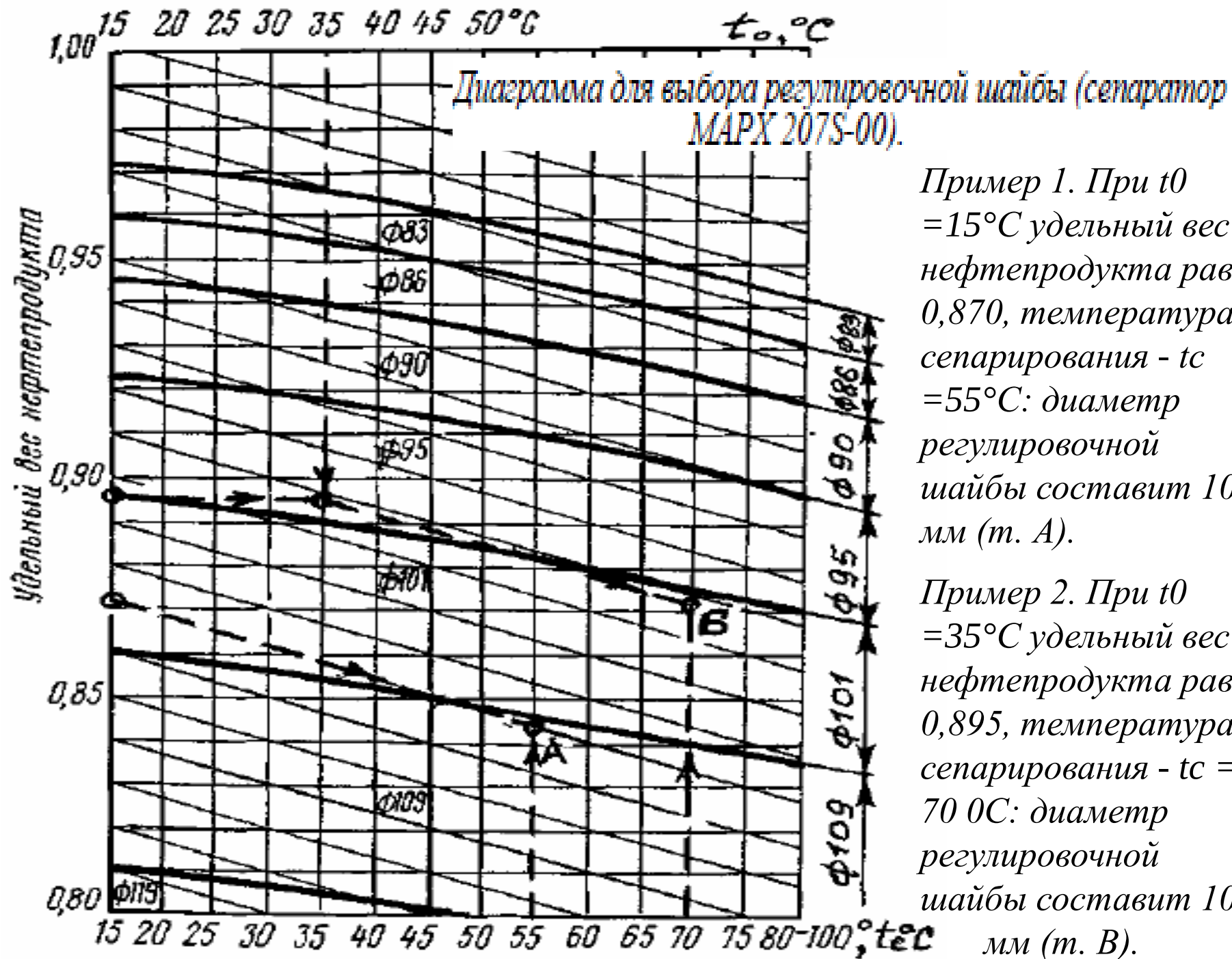
В таблице 6.1. приведены размеры регулировочных шайб для сепаратора MAPX207S - 00, а в таблице 6.2. - для сепаратора MAPX309B - 00.

Диаметр отверстия регулировочной шайбы зависит от плотности топлива и температуры сепарирования.

Таблица 6.1.

<i>Диаметр отверстия регулирующей шайбы</i>	<i>Удельный вес топлива, температура очистки</i>	
мм	55°C	80-100 °C
83	0,983-0,972	0,982-0,976
86	0,972-0,958	0,976-0,961
90	0,958-0,936	0,961-0,940
95	0,936-0,909	0,940-0,914
101	0,909-0,873	0,914-0,879
109	0,873-0,825	0,879-0,831
119	0,825	0,831

Рекомендуются следующие температуры сепарирования нефтепродуктов: смазочные минеральные масла - до 80°C; дизельное топливо около - 50°C; тяжёлое топливо - 80-95°C. Для выбора регулировочных шайб существуют также диаграммы. На рис. 6.3-следующий слайд - показана (в качестве примера) диаграмма для выбора регулировочной шайбы (сепаратор MAPX 207S-00).



Пример 1. При $t_0 = 15^\circ\text{C}$ удельный вес нефтепродукта равен 0,870, температура сепарирования - $t_c = 55^\circ\text{C}$: диаметр регулировочной шайбы составит 109 мм (т. А).

Пример 2. При $t_0 = 35^\circ\text{C}$ удельный вес нефтепродукта равен 0,895, температура сепарирования - $t_c = 70^\circ\text{C}$: диаметр регулировочной шайбы составит 101 мм (т. В).

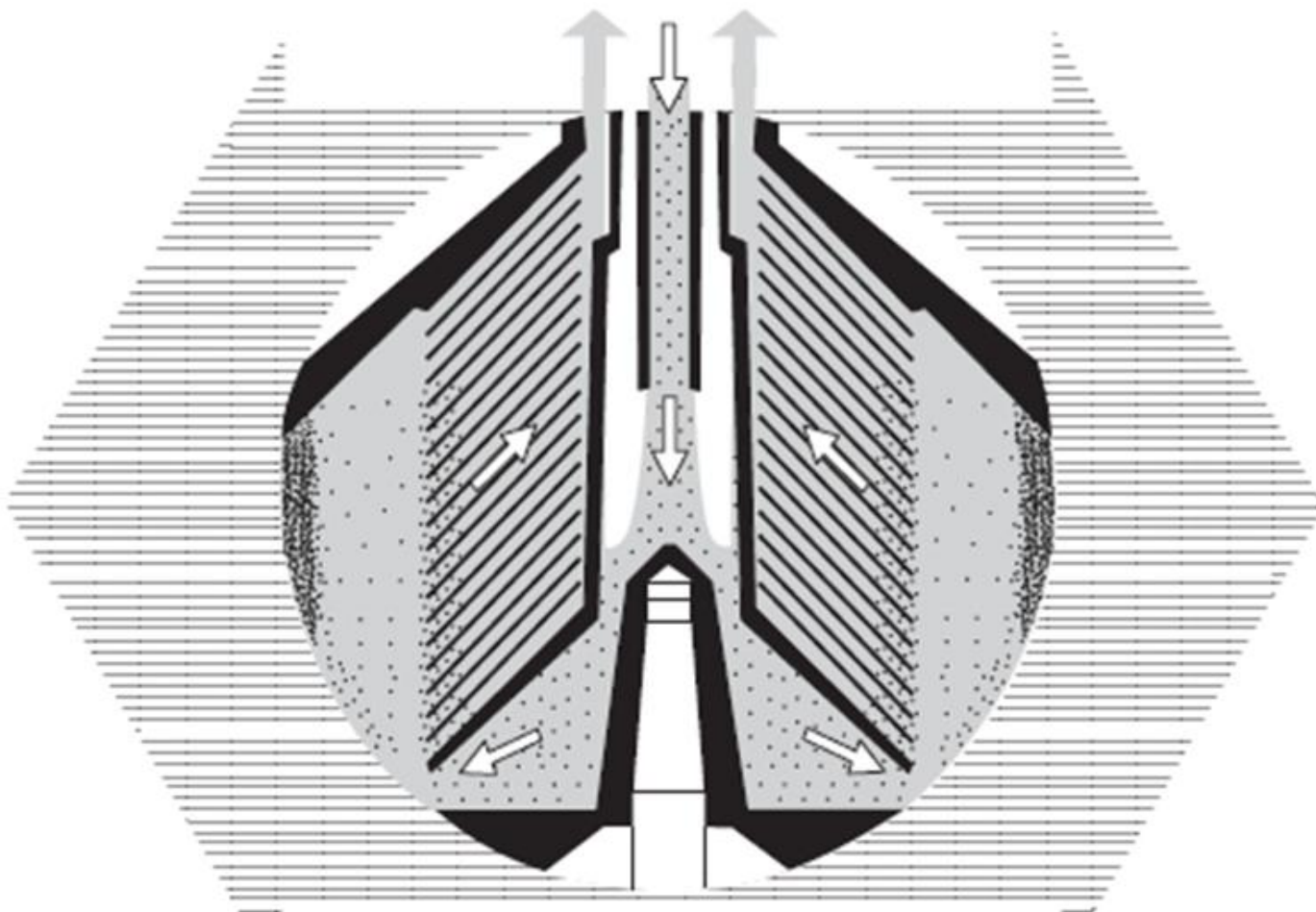
При отсутствии таблиц и графиков в процессе эксплуатации сепараторов производят подбор регулировочных шайб следующим образом: **вначале устанавливают шайбу с меньшим диаметром, а далее устанавливают шайбы с возрастающим диаметром до тех пор, пока из отверстия шайбы не начнёт вытекать топливо вместе с водой.**

Это означает, что данный диаметр является предельно большим, теперь надо установить шайбу с предыдущим диаметром отверстия.

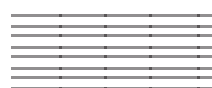
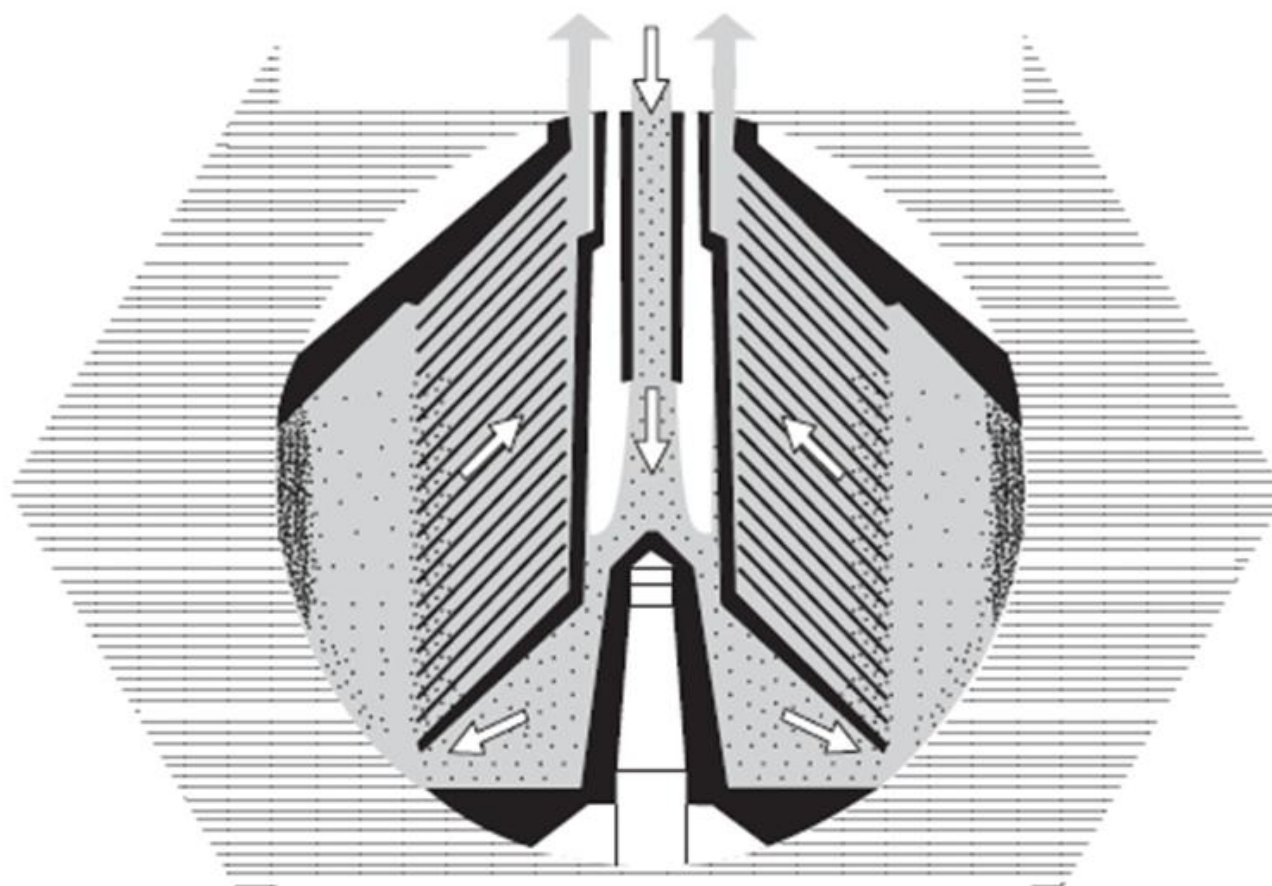
Такой эксплуатационный способ подбора регулировочной шайбы оправдан. Он является и проверочным, т.к. таблицы и графики не дают точных значений. Они не учитывают содержание воды, сопротивления каналов на линии воды, топлива и т.д

Процесс кларификации.

Его применяют для очистки топлива, которое мало содержит или совсем не содержит воду. При этом удаляемые из топлива примеси скапливаются в грязевой камере, расположенной периферии барабана. Барабан кларификатора имеет только одно выпускное отверстие (Рис.).



Гравитационные диски здесь не применяют, так как поверхность раздела жидких фаз не образуется.



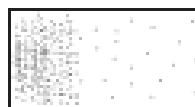
Центробежная силы



Детали барабана



Очищаемая жидкость



Отложения
(твердые частицы)

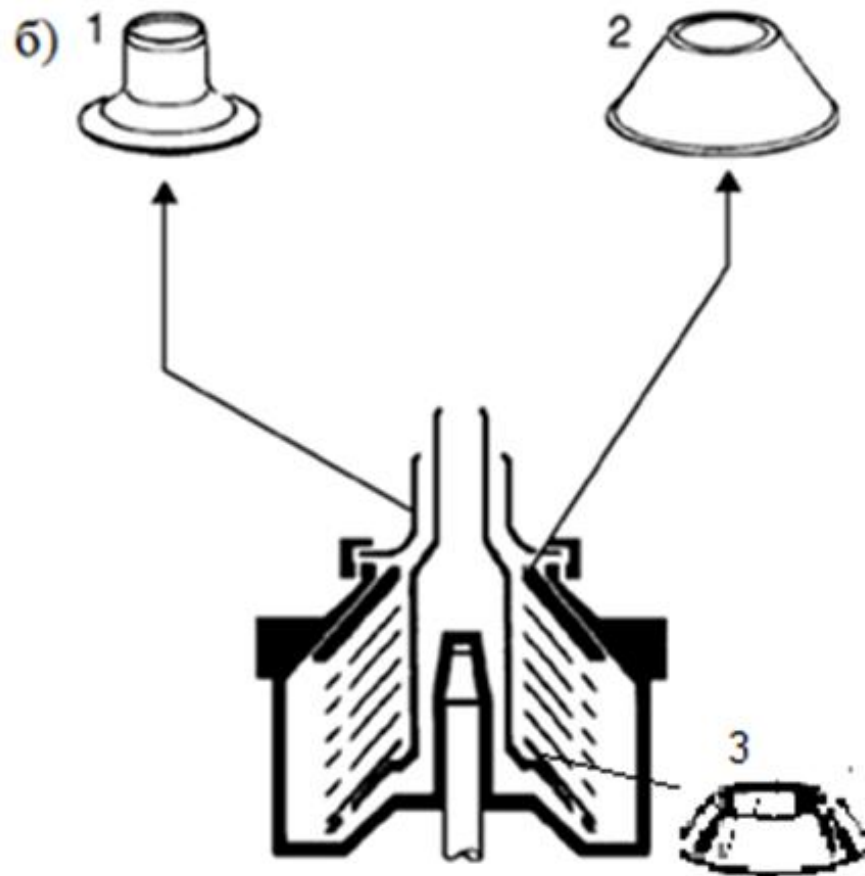
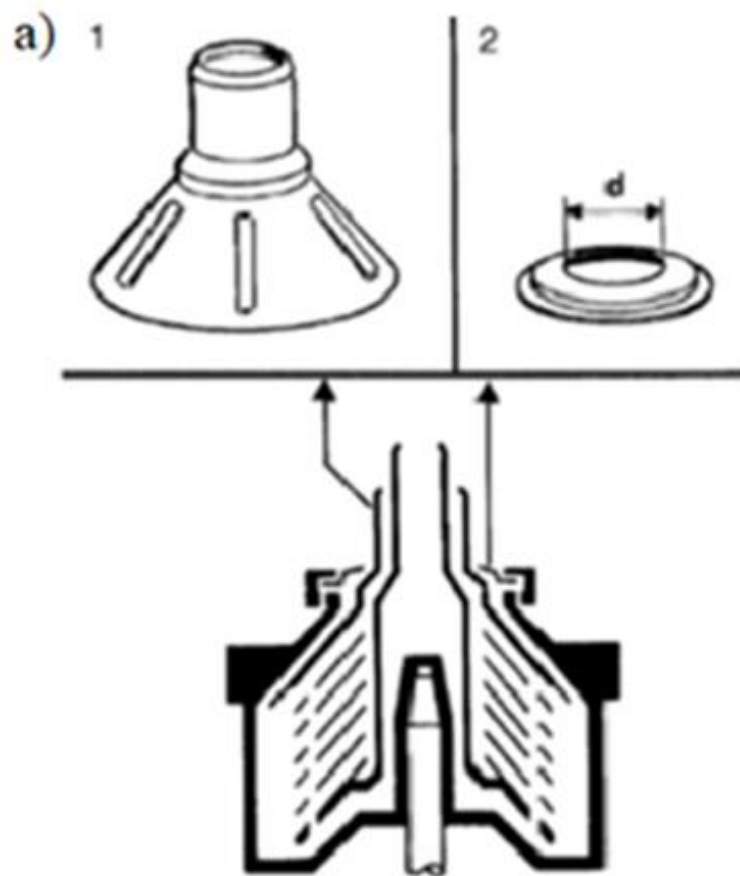


Рис. : а) барабан сепаратора-пурификатора: 1- верхний диск с горловиной , 2 – гравитационный диск (шайба)

б) барабан сепаратора-кларификатора: 1- выпускная кларификационная горловина, 2 – верхний диск без металлических полосок, 3 - нижняя тарелка без отверстий.

ГЛАВА 3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СУДОВЫХ СЕПАРАТОРОВ

3.1. Основные типы тарельчатых сепараторов и основные части их конструкции

Существует три основных типа конструкций современных центробежных тарельчатых сепараторов с вертикальным расположением вала:

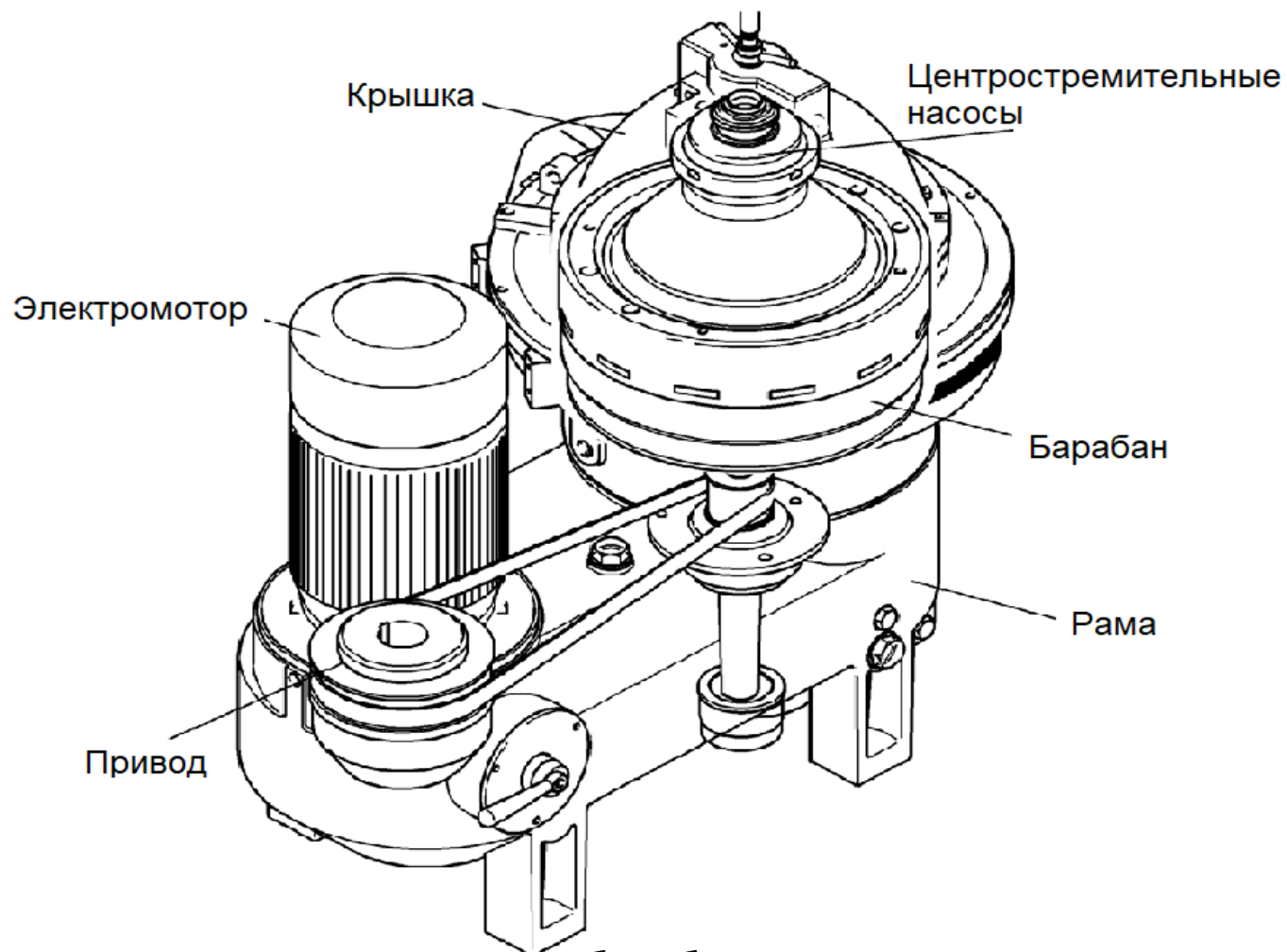
несамоочищающиеся, с барабанами со сплошными стенками и ручным удалением шлама;

самоочищающиеся, с открывающимся барабаном, удаление шлама – периодически на ходу сепаратора;

сопловые, удаление шлама из барабана происходит непрерывно во время работы сепаратора

Причём, третий тип (см. ниже, глава 3.7.) встречается гораздо реже первых двух.

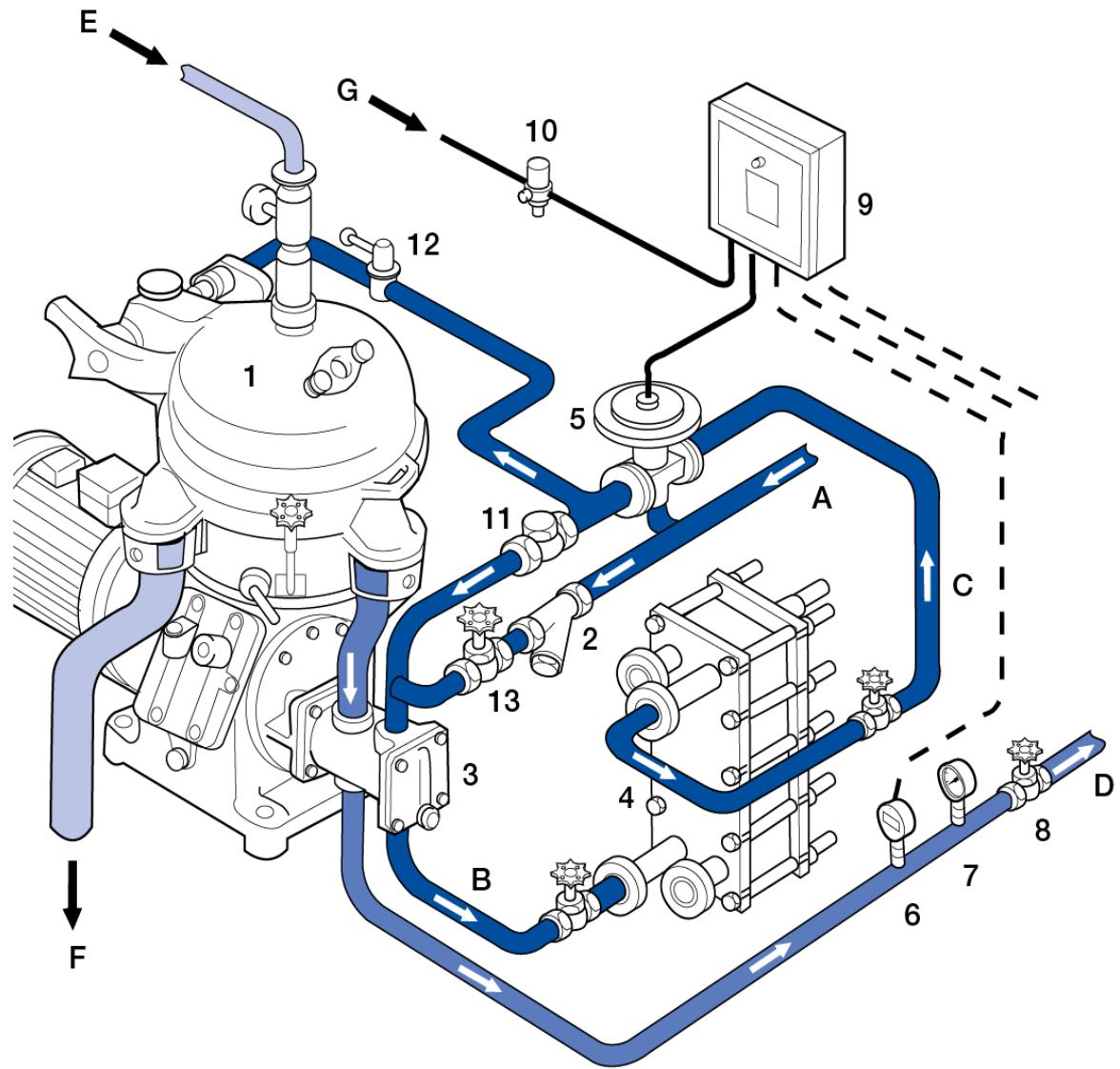
Основные детали любой конструкции сепаратора указаны на рис. .



Рама поддерживает электромотор, барабан и крышку; содержит все детали привода. Крышка (или колпак “hood”) закрывает вращающийся барабан, содержит детали подвода и отвода обрабатываемой жидкости. Центральным узлом, где происходит сам процесс очистки, является барабан (иногда и по-русски называемый «чаша» “bowl”), установленный на вертикальном валу.

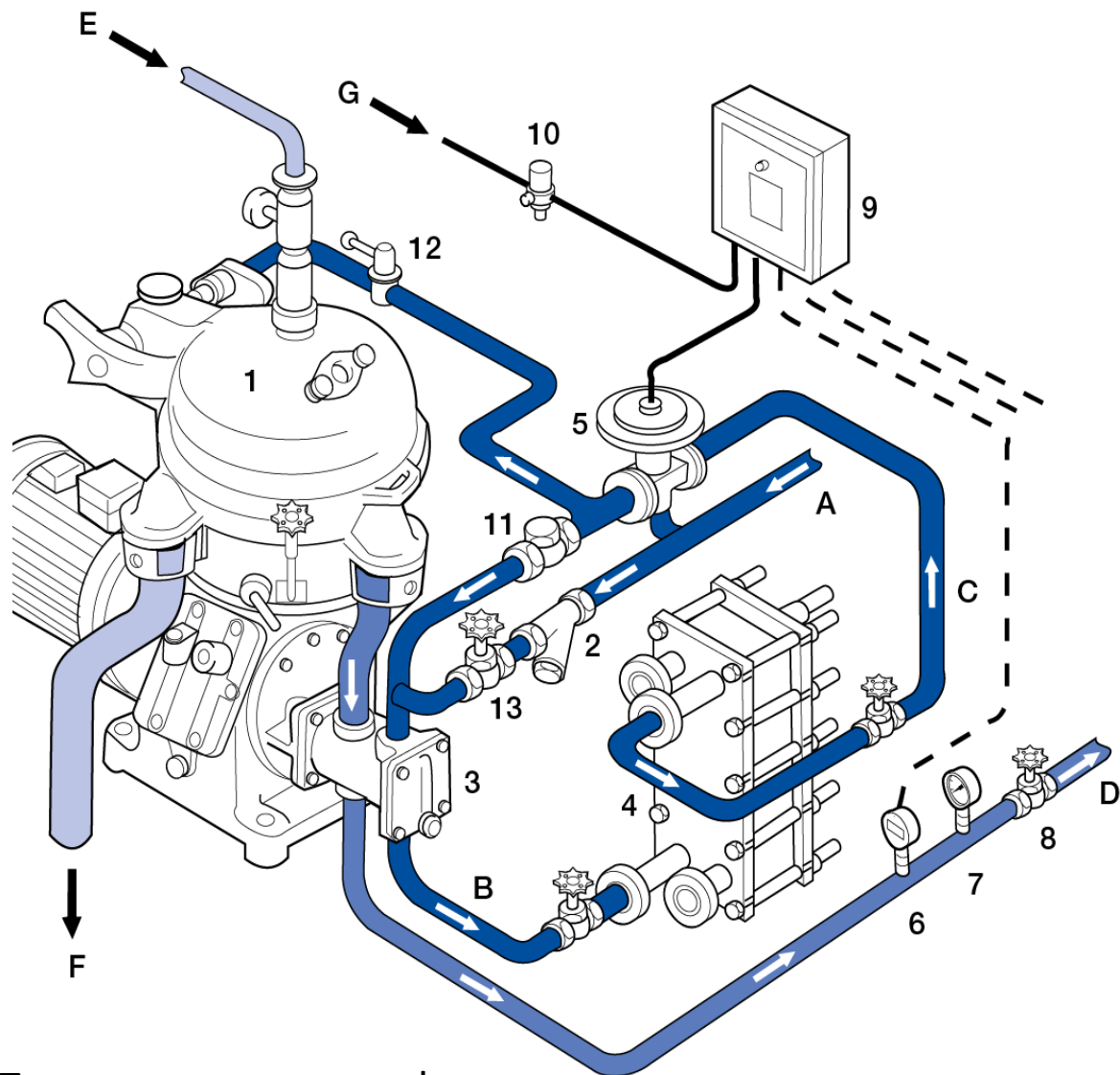
Но недостаточно раскрутить в барабане жидкость для отделения загрязнений, надо ещё её подать в барабан и отвести очищенную, а также обеспечить её оптимальную для очистки температуру и, т.о., плотность. Кроме того потребуются подвод воды для создания гидрозатвора и управления, отвод отсепарированной воды и шлама. И, конечно, приборы для контроля и управления процессом.

Модель «Альфа Лаваль» МАВ.



Традиционная схема установки сепаратора. Обозначения: А. Подача масла в насос; В. Масло в нагреватель; С. Масло в сепаратор; D. Выход очищенного масла из сепаратора; Е. Вода на водяной затвор; F. Выход воды; G. Подача воздуха на трех-ходовой клапан

1. Сепаратор (здесь модель МАВ); 2. Фильтр масляный; 3. Насос подвода / отвода; 4. Теплообменник пластинчатый; 5. Трехходовой клапан; 6. Переключатель по давлению; 7. Манометр; 8. Регулирующий клапан; 9. Щит сигнализации; 10. Воздушный редукционный клапан; 11. Невозвратный клапан; 12. Запорный клапан; 13. Регулирующий клапан



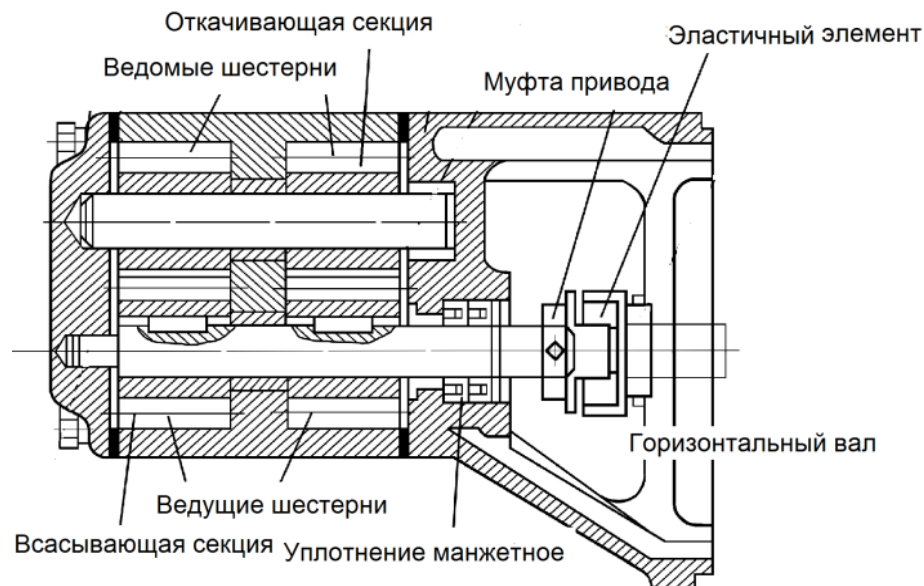
Пока температура нефтепродукта не достигнет требуемой - трехходовой клапан 5 не откроет подачу в сепаратор, а будет продолжаться циркуляция через подогреватель 4.

3.2.1. Насосы

На рис. изображены схожие модели сепараторов: модель Альфа-Лаваль МАВ и модель Пермского машиностроительного завода СЦ



В обоих моделях для подачи очищаемого нефтепродукта и откачки очищенного применен сдвоенный шестеренчатый насос. См. рис.



3.2.2. Подвод воды.

Для нормальной работы сепаратора всегда требуется подводить воду. И не только для создания водяного затвора (“filling water”) и вытеснения нефтепродукта из барабана перед остановкой (т.н. “displacement water” – вода замещения).

А в самоочищающихся сепараторах - для осуществления процесса удаления шлама (вода управления). Кроме того требуется восполнять всегда существующие протечки.

Но во избежание засорения и отложений накипи вода должна быть возможно более чистая и мягкая.

Жесткость	max. $10^9 \text{ dH} = 180 \frac{\text{mg}}{\text{dm}^3} \text{ Ca CO}_3$
pH value	6,5 - 7,5
Cl^-	max. $100 \frac{\text{mg}}{\text{dm}^3}$
Размер частиц	max. $50 \mu\text{m}$

Стандартные требования (согласно «ГЕА-Вестфалия»):
максимальная жесткость 180 мг/л CaCO₂;
pH 6,5-7,5,7,5;
хлор-ионов не больше 100 мг/л;
размер механических частиц не больше 50 микрон

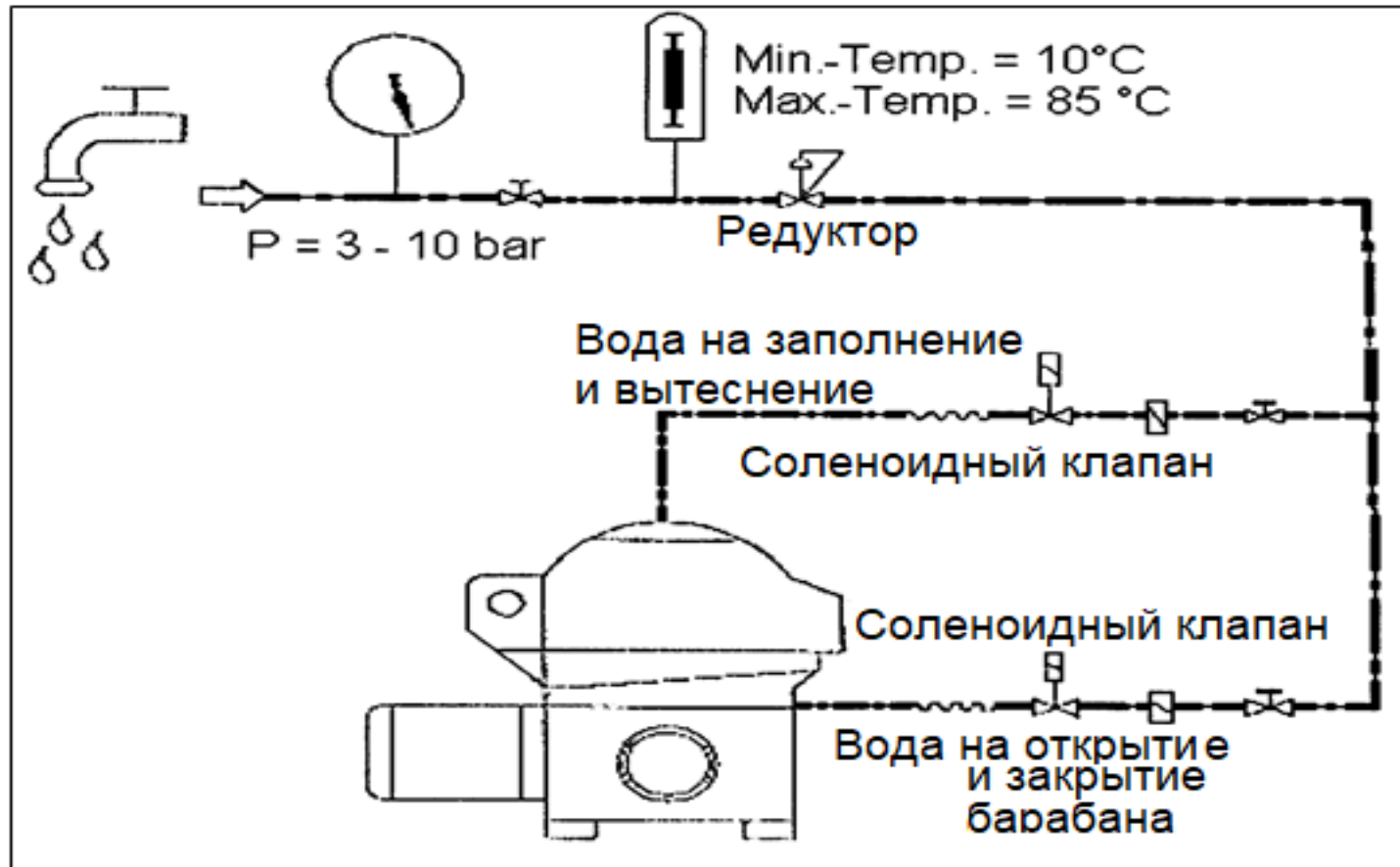
В большинстве случаев, особенно на судах несколько более ранней постройки, для надежного снабжения водой систем сепарации топлива и масла устанавливается т.н. гравитационный (подпорный) водяной бак на 100 – 250 литров, располагающийся примерно выше уровня сепараторов на 1,5 – 3 метра. Во время работы сепаратора в баке должна постоянно находиться вода. Уровень воды контролируется по водоуказательному стеклу и поддерживается по рабочей отметки.

Схема установки сепаратора МАРХ309:

1 – водяной бак; 2 – фильтр; 3 – расходомер; 4 – подогреватель топлива; 5 – кран управления разгрузкой барабана от шлама; 6 – сигнальная (вестовая) трубка о закрытии барабана; 7 – отвод отсепарированной воды; 8 – отвод чистого топлива (масла); 9 – кран; 10 – подающий насос топлива (масла); 11 – патрубок входа сепарируемого нефтепродукта.



Однако на многих современных судах система работает уже напрямую от гидрофора – на рис. пример подачи воды к сепараторам «Вестфалия»



Другой оригинальный способ подвода управляющей воды с использованием полого вертикального вала со встроенным лопастным насосом, реализованный у весьма распространенных моделей ММРХ и Р сепараторов Альфа-Лаваль будет рассмотрен в главе

3.3. Напорные диски («центростремительные» насосы)

В большинстве современных сепараторов навешенные насосы нефтепродукта применяется редко.

В качестве подающего устанавливается отдельный электроприводной насос, чаще трехвинтовой.

А в качестве откачивающего насоса используются особая конструкцию на выходе очищенной среды, использующую вращательное движение масс жидкостей.

Это т.н. «центростремительные насосы» (centripetal pump, paring tube и paring disc) В этом насосе вращающаяся жидкость поступает в него извне и выходит из насоса через центральный отвод. Это похоже на центростремительную силу, которая действует внутрь. И особенность этого насоса в том, что он не вращается. Рис.

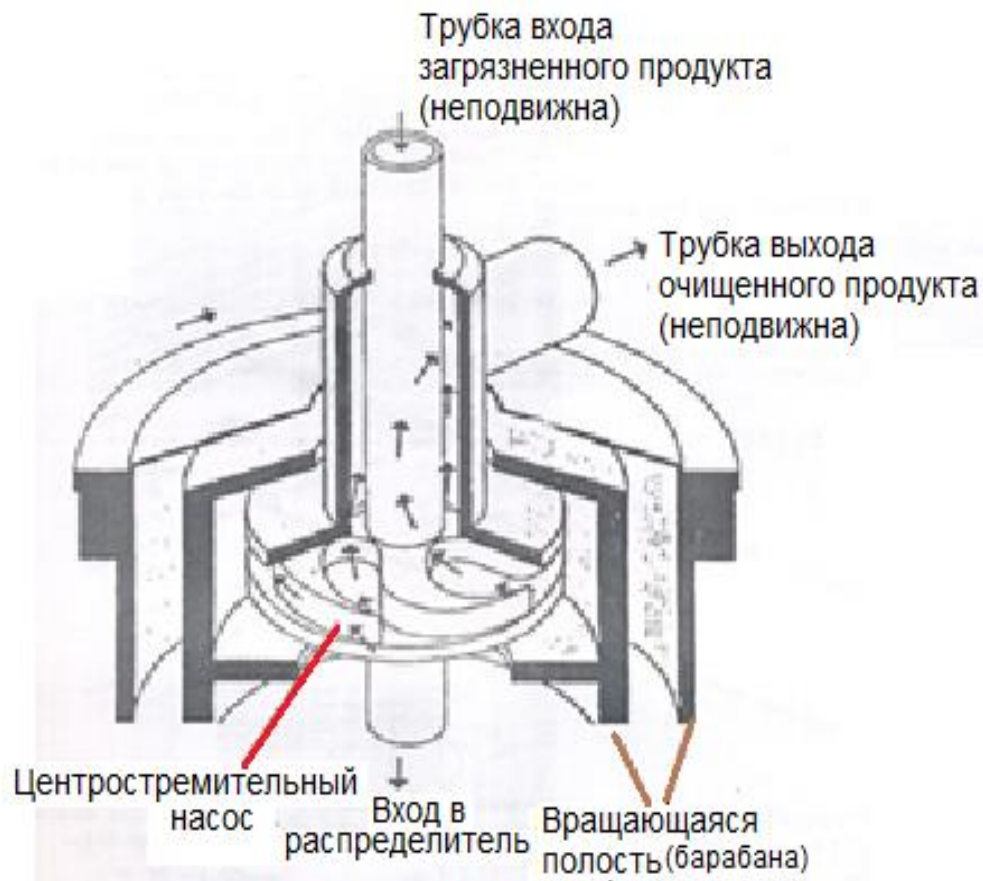
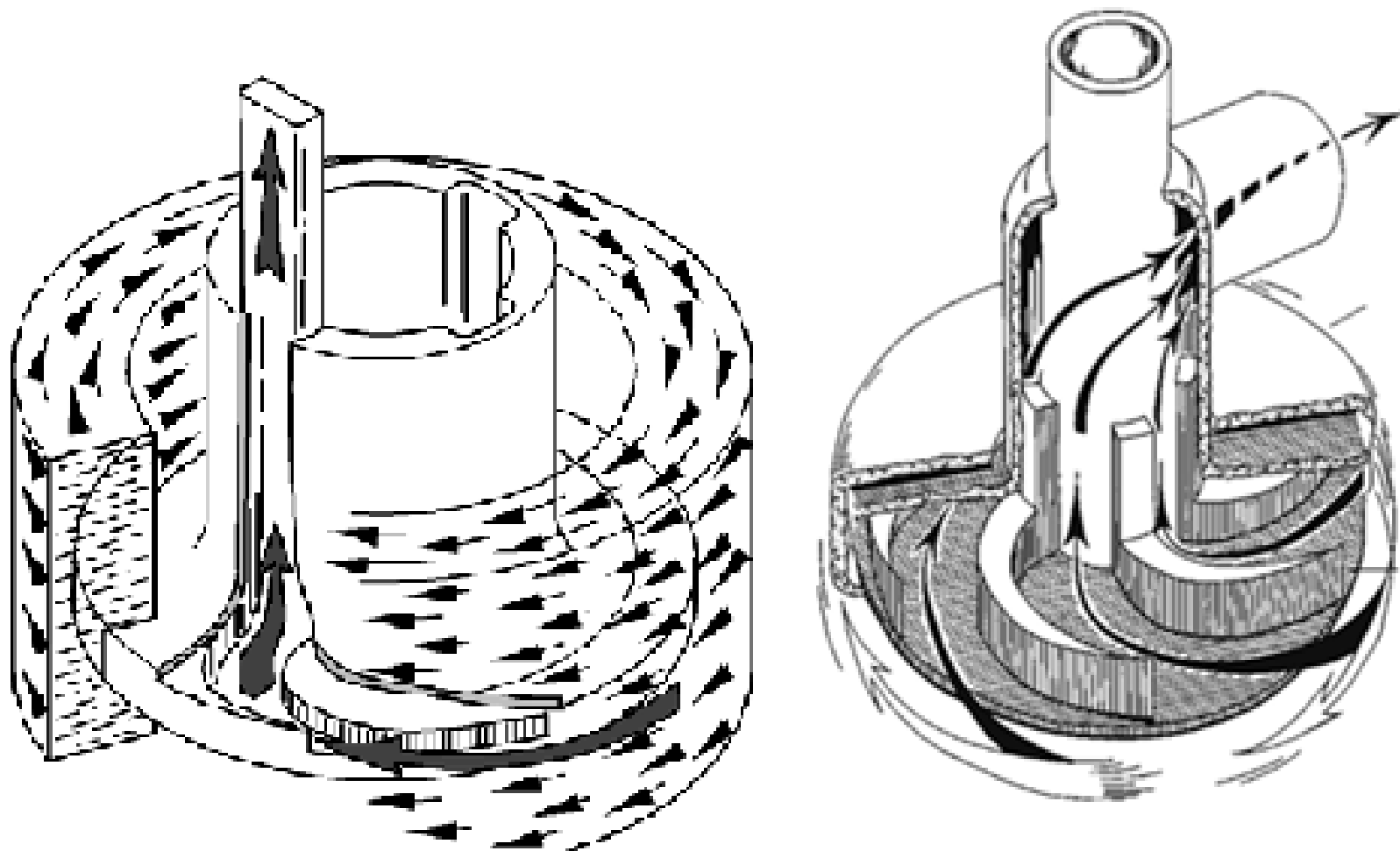


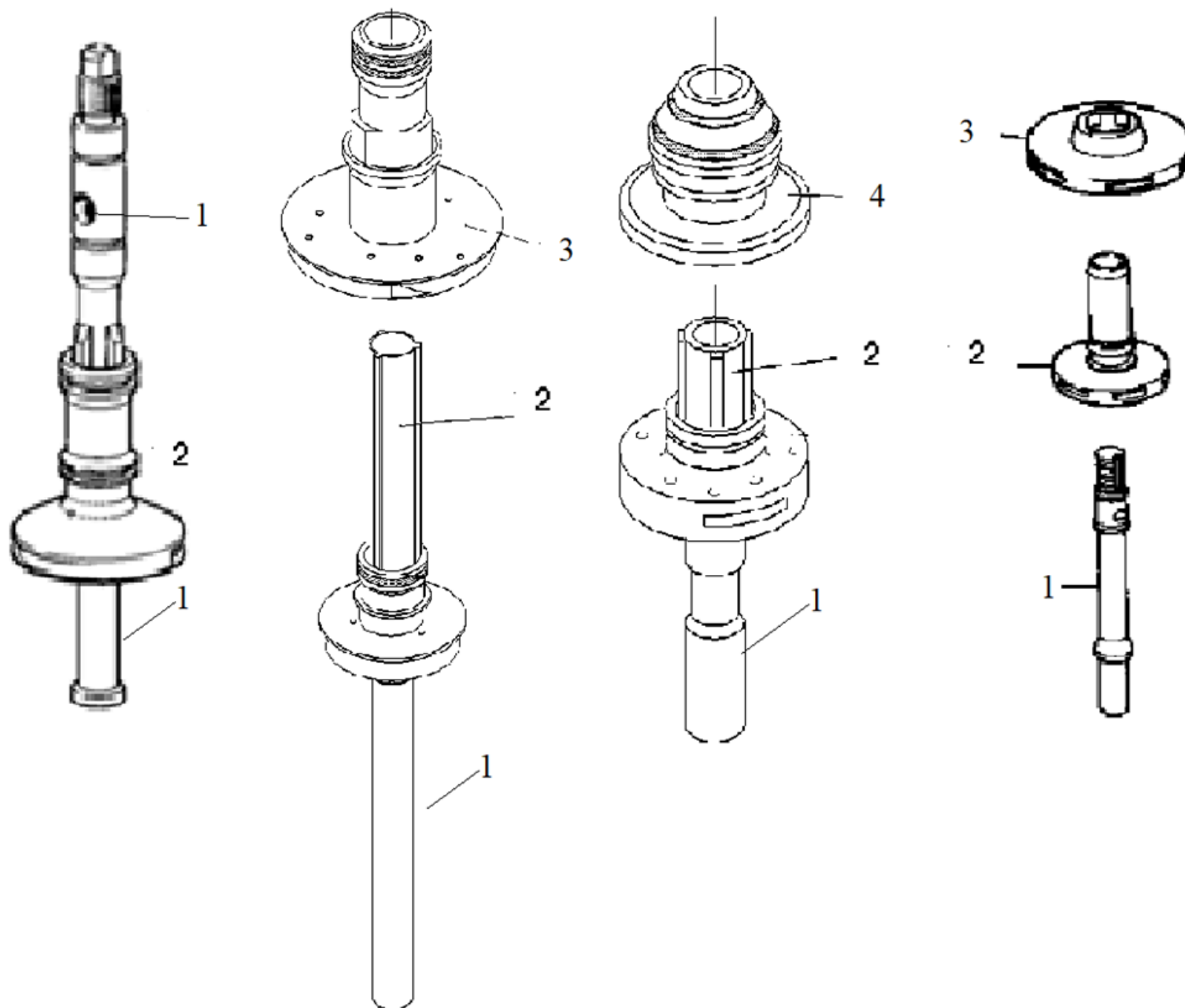
Рис. 15. Объяснение работы центробежного насоса



Принцип действия напорного диска заключается в следующем: направляющий аппарат (условно «рабочее колесо») неподвижен, а жидкость кольцевым слоем вращается вокруг него вместе с барабаном. **Лопасты, погруженные во вращающийся поток, «зачерпывают» его, превращая кинетическую энергию жидкости в давление.** Иначе говоря, энергия движения вращающейся жидкости преобразуется в напорном диске в давление, которое будет соответствовать требуемому противодавлению, например подъёму на высоту в танк. Характерно, что жидкость движется в напорном диске от внешней его поверхности к центру, т.е. диск работает, как центростремительный насос в отличие от центробежного насоса, в котором жидкость движется от центра к наружной поверхности вращающегося колеса. **Напорные диски могут создавать давление до 0,25 МПа в зависимости от размеров и числа оборотов барабана.**

На следующем рисунке в несколько упрощённом виде представлены типичные модели центростремительных насосов различных моделей сепараторов.

На рисунке в несколько упрощённом виде представлены типичные модели центростремительных насосов различных моделей сепараторов



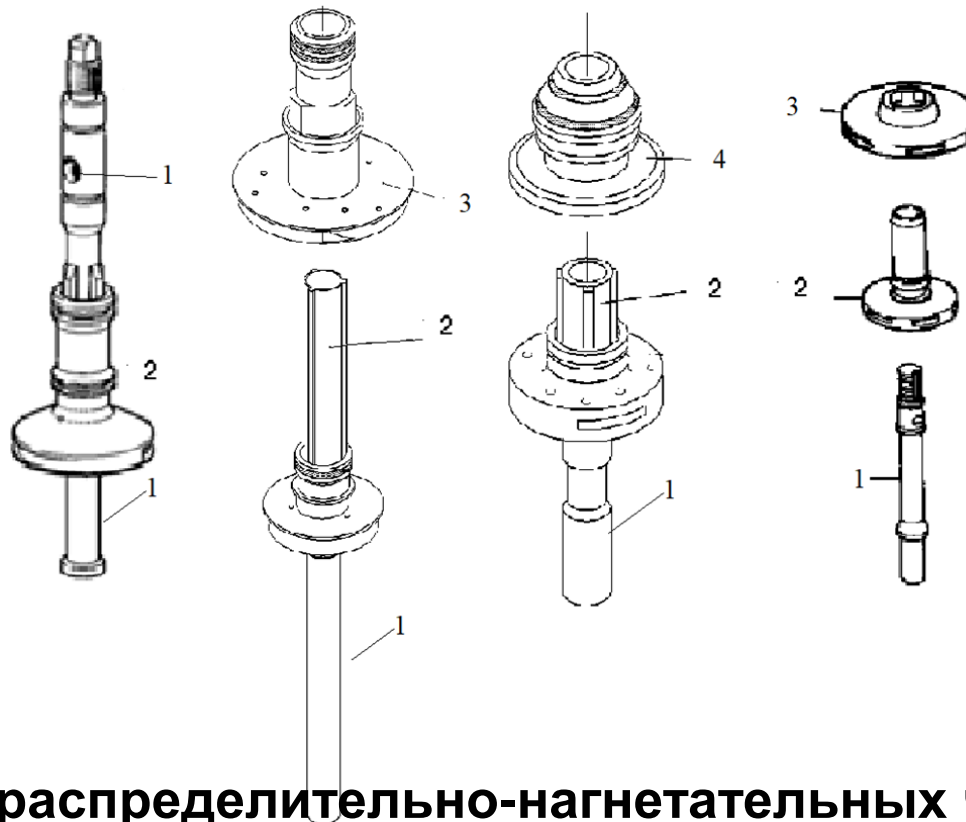
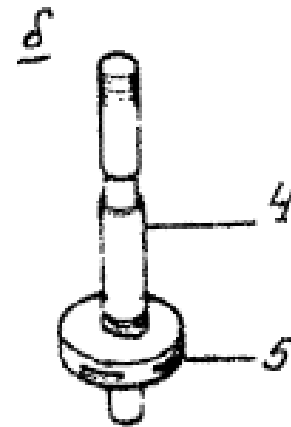
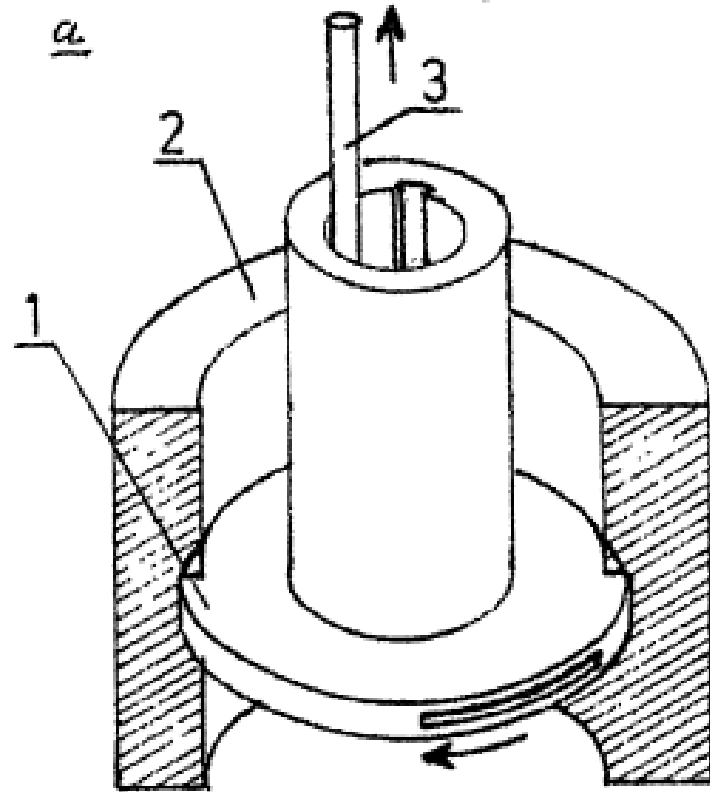


Рис: Примеры **распределительно-нагнетательных частей сепараторов с центростремительными насосами**, слева направо: **Альфа-Лаваль тип MMB, ГЕА-Вестфалия тип OSC и тип OSD, Мицубиси тип SJ**. Обозначения: 1 – трубка подачи несепарированного масла, 2 – центростремительный насос (первой ступени) отвода очищенного масла, 3 – центростремительный насос (второй ступени) отвода воды, 4 – насос контроля содержания воды в отсепарированном масле (такой доп.контроль имеется в системах типа **“ALCAP”, “Unitrol” и “GH”** вышеназванных фирм соответственно).

Особенностью сепараторов фирм Лаваль, Мицубиси, Вестфалия является применение специальных дисков с профилированными каналами, работающих как центробежные насосы.



What is **paring disc**? It is a stationary impeller mounted in a chamber at the neck of the bow. Its function is to convert the rotating energy of the liquid into a pressure head

Рис. 1.7. Схема конструкции напорного диска и расположения его на центральном патрубке.

а – напорный диск; б – центральный патрубок с напорным диском; 1 – напорный диск; 2 – жидкость; 3 – выпускной патрубок; 4 – центральный патрубок; 5 – напорный диск

На рис. 1.7 приведена схема конструкции напорного диска, а на рис. 1.7, б, его расположение на центральном патрубке. Принцип действия такого диска заключается в следующем: диск 1

крепится к центральному патрубку неподвижно, а жидкость 2 кольцевым слоем вращается вокруг него, вместе с барабаном.

Энергия движения вращающейся жидкости в напорном диске преобразуется в давление. Если в выпускном трубопроводе 3 отсутствует противодействие, то центробежный уровень нефтепродукта в напорной камере будет практически находиться на том же расстоянии от центра вращения, т.е. имеет тот же диаметр, как диаметр напорного диска.

Если же поступающее из напорного диска масло должно преодолеть некоторое противодействие, например, высоту подъема или проходить через аппараты, требующие напора, то центробежный уровень топлива (масла) в камере напорного диска будет передвигаться по направлению внутрь до такого положения, при котором противодействие преодолевается. Таким образом, напорный диск выкачивает все то количество сепарируемого (топлива), которое поступает в камеру напорного диска, независимо от противодействия, вплоть до максимальной величины давления, создаваемого напорным диском.

Напорные диски в зависимости от их размеров и частоты вращения могут создать давление до 0,25 Мпа.

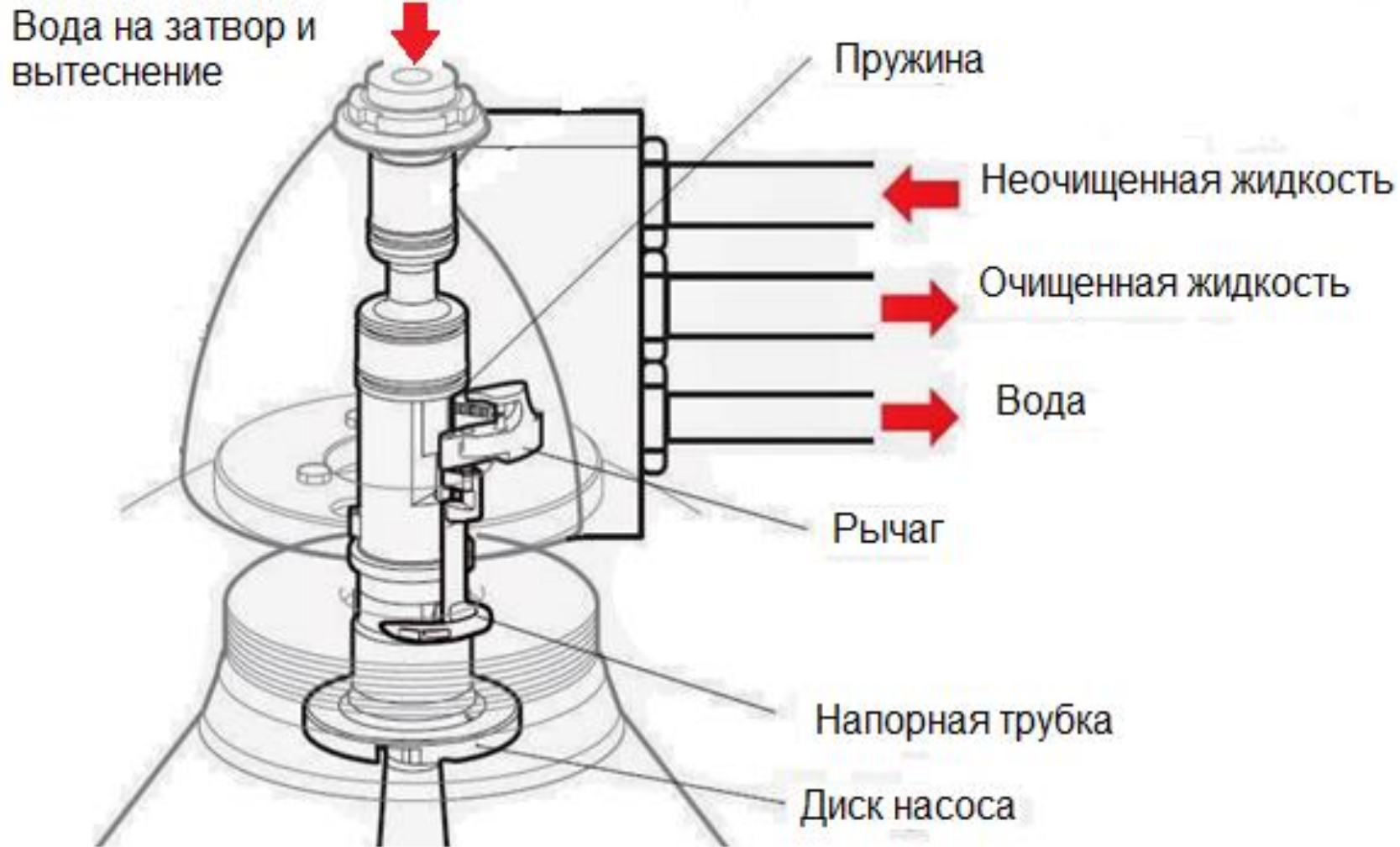


Рис. 16. Устройство входа/выхода сепаратора Westfalia OSA, α -Laval S (?..)
Напорная трубка может перемещаться радиально. Её положение на поверхности вращающейся жидкости уравнивает пружина и рычаг устройства.

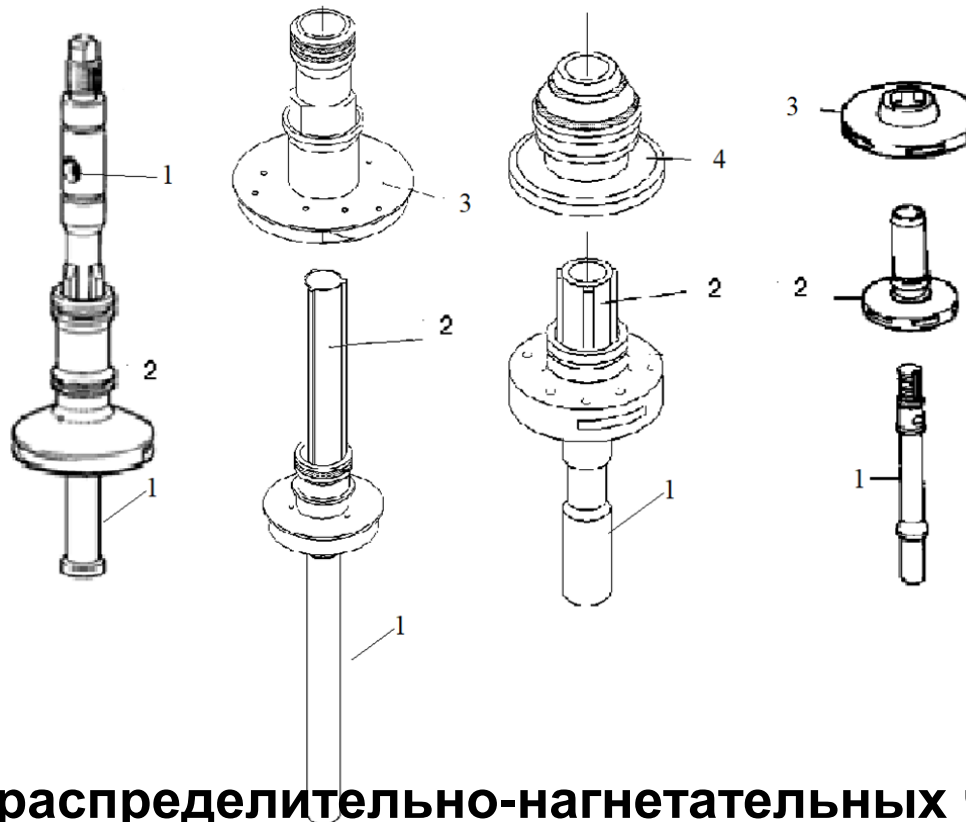


Рис: Примеры **распределительно-нагнетательных частей сепараторов с центростремительными насосами**, слева направо: **Альфа-Лаваль тип MMB, ГЕА-Вестфалия тип OSC и тип OSD, Мицубиси тип SJ**. Обозначения: 1 – трубка подачи несепарированного масла, 2 – **цетростремительный насос (первой ступени) отвода очищенного масла**, 3 – **центростремительный насос (второй ступени) отвода воды**, 4 – **насос контроля содержания воды в отсепарированном масле** (такой доп.контроль имеется в системах типа **“ALCAP”, “Unitrol” и “GH”** вышеназванных фирм соответственно).

3.4. Кинематика привода

Для привода барабанов сепараторов используется три типа кинематики:

- шестеренная,
- ременная и
- непосредственная или частотного регулирования.

Шестеренный привод в буклетах производителей называется «традиционный», он был наиболее распространён, однако в последние годы значительно уступил ременному; привод же частотного регулирования на судах пока чаще применяется на агрегатах небольшой производительности.

Типичные кинематические схемы всех трёх типов изображены на рис.

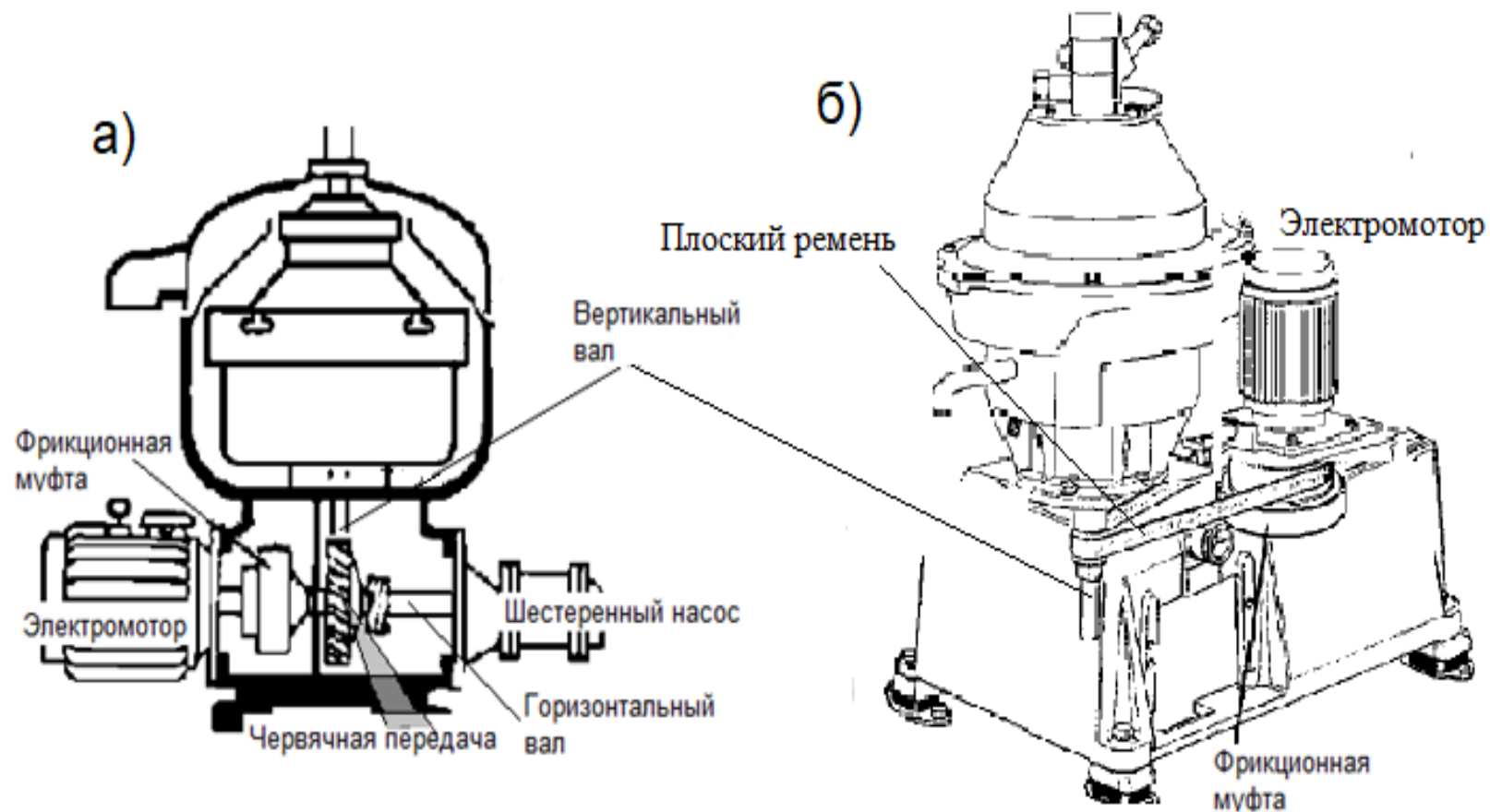
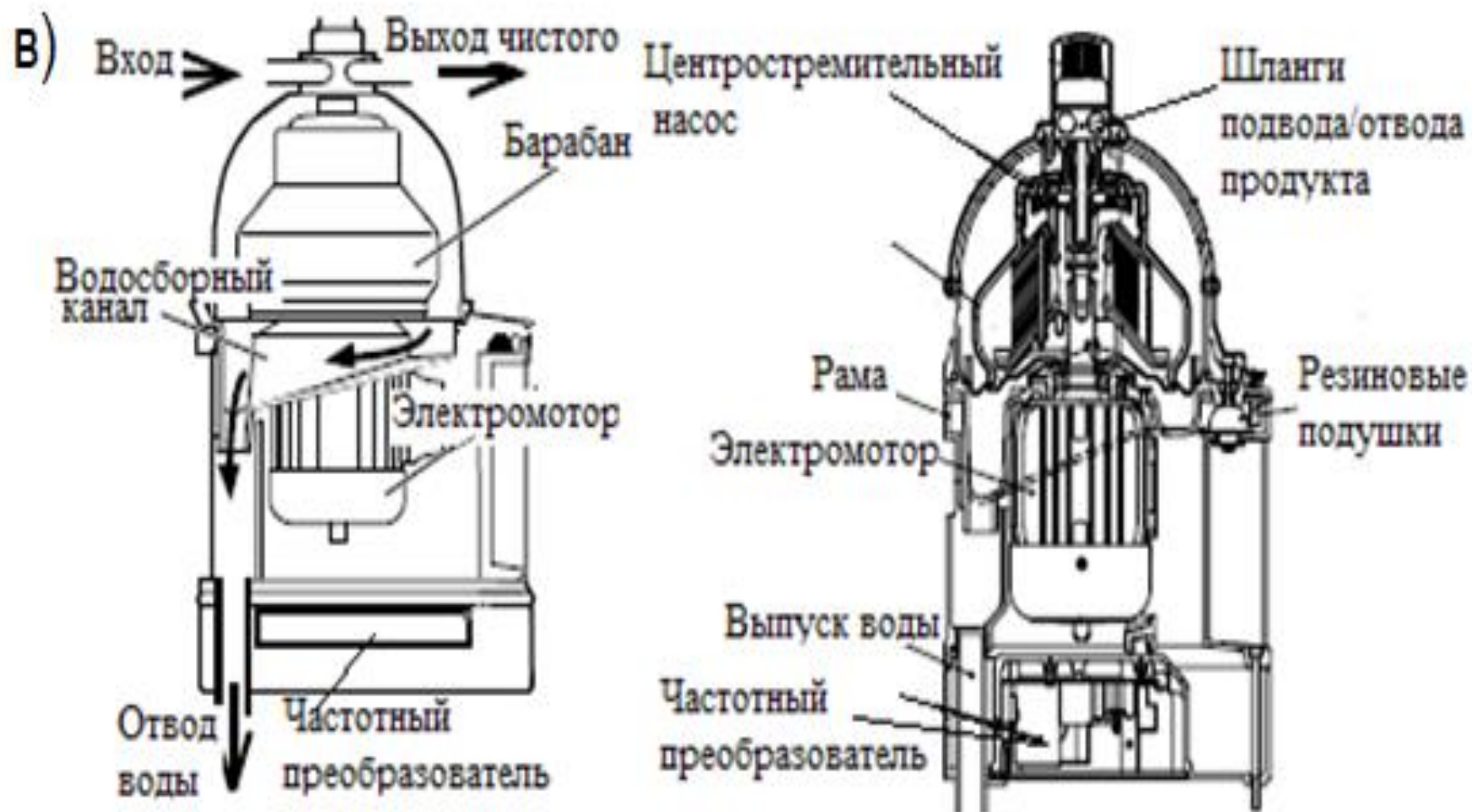


Рис. : Кинематика привода барабанов сепараторов:

а) червячно-шестеренный привод,

б) плоско-ременной привод.

в) непосредственный привод от электромотора (частотно-скоростной).



Непосредственный привод от электромотора с частотным регулированием частоты вращения имеет неплохие перспективы, но до настоящего времени распространен больше в мобильных установках для сепараторов небольшой производительности (до 1,5 м³/час) и на судах пока встречается довольно редко, чаще как средство периодической очистки масла гидравлических систем.

Вариант с шестеренным приводом был наиболее распространен. Хотя значительно уступил свои позиции ременному приводу, особенно у крупнейшего производителя судовых сепараторов «Альфа-Лаваль». Но попрежнему остается в линейке предлагаемых моделей как от «Лавалья»: модели МАВ, МВВ, МАРХ, FОРХ, так и многих других производителей, например, у компании «Вестфалия» это модели OSC и OSD, у «Мицубиси» - все типоразмеры линейки SJ и т.д.

3. 4.1. Шестерённый привод

Все модели с шестеренным приводом барабана сохраняют одинаковые принципы компоновки и схожие конструкции. Базовой из которых является червячная передача с горизонтального на вертикальный вал.

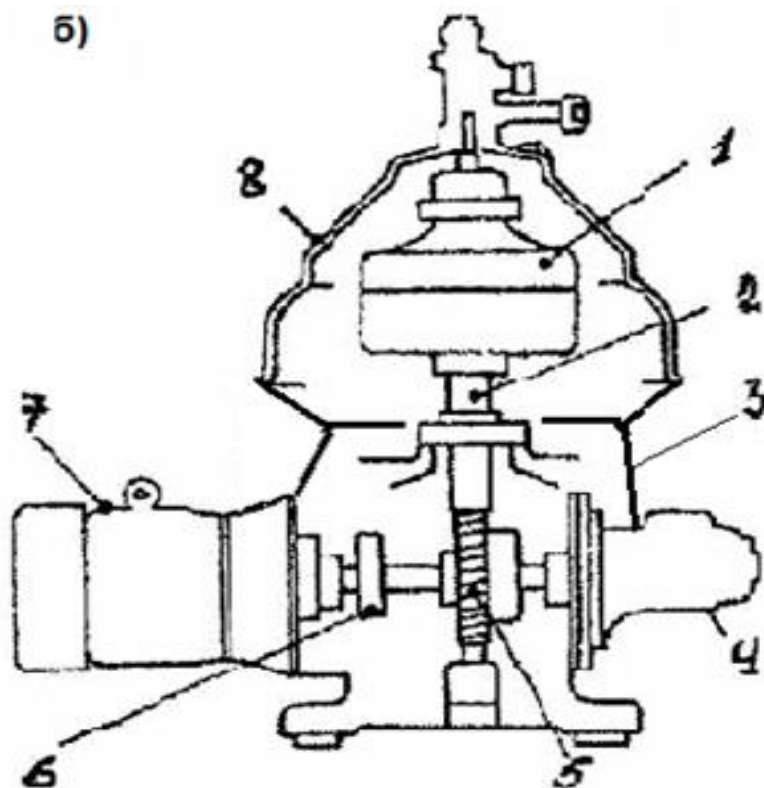
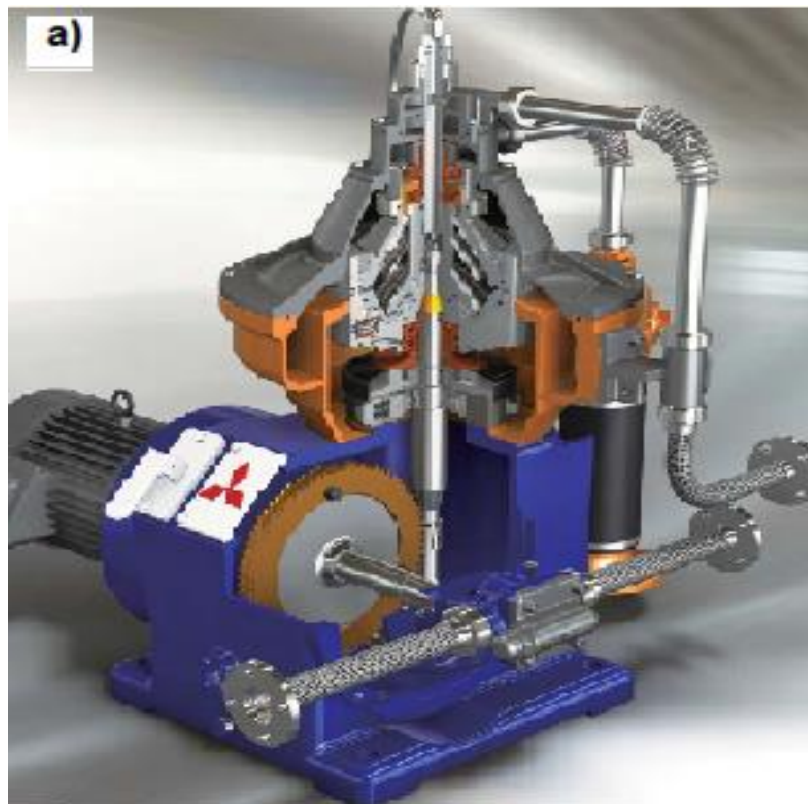


Рис. 1 а) Современный (2024 год) сепаратор Mitsubishi Selfjector серии SJ-N

б) Принципиальная кинематическая схема сепаратора.

1 – барабан; 2 – вертикальный вал; 3 – корпус сепаратора; 4 – шестеренный насос;
5 – червячная передача; 6 – фрикционная муфта горизонтального вала;
7 – электродвигатель; 8 – крышка сепаратора

Мощность от электромотора передается через фрикционную муфту к горизонтальному валу и далее через червячный привод увеличенная скорость вращения передается к вертикальному валу и закрепленному на нем барабану.

Вертикальный вал поддерживается верхним и нижним подшипниками. Для доставки топлива в барабан сепаратора к горизонтальному валу присоединен (через эластичную муфту) насос шестеренного типа.

Таким образом, основными узлами привода барабана сепаратора являются:
электродвигатель с пусковой, регулирующей и измерительной аппаратурой;
фрикционная муфта;

червячно-шестеренная передача вращения барабану через вертикальный вал;
шестеренный насос подачи нефтепродукта в барабан;

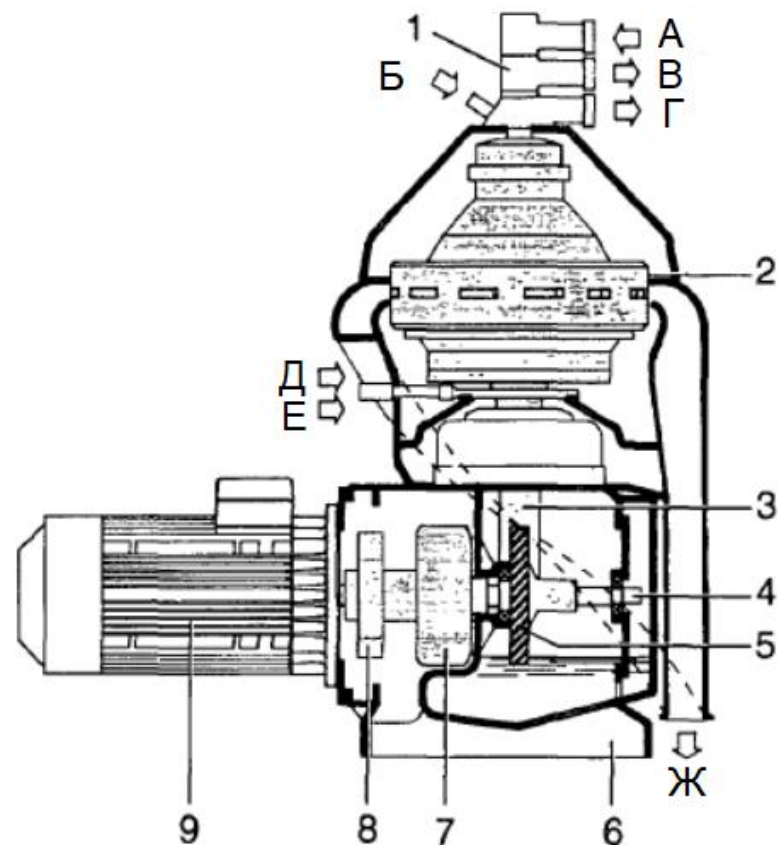


Рис. Типичная схема современного сепаратора с шестерённым приводом центробежного барабана. Обозначения:

1 – Устройство ввода и вывода очищаемой жидкости;

2 – Барабан; 3 – Вертикальный привод;

4 – Горизонтальный привод; 5 – Червячная шестерня; 6 – Опоры рамы;

7 – Фрикционная муфта; 8 – Эластичная муфта; 9 – Электромотор;

А – Вход неочищенной жидкости;

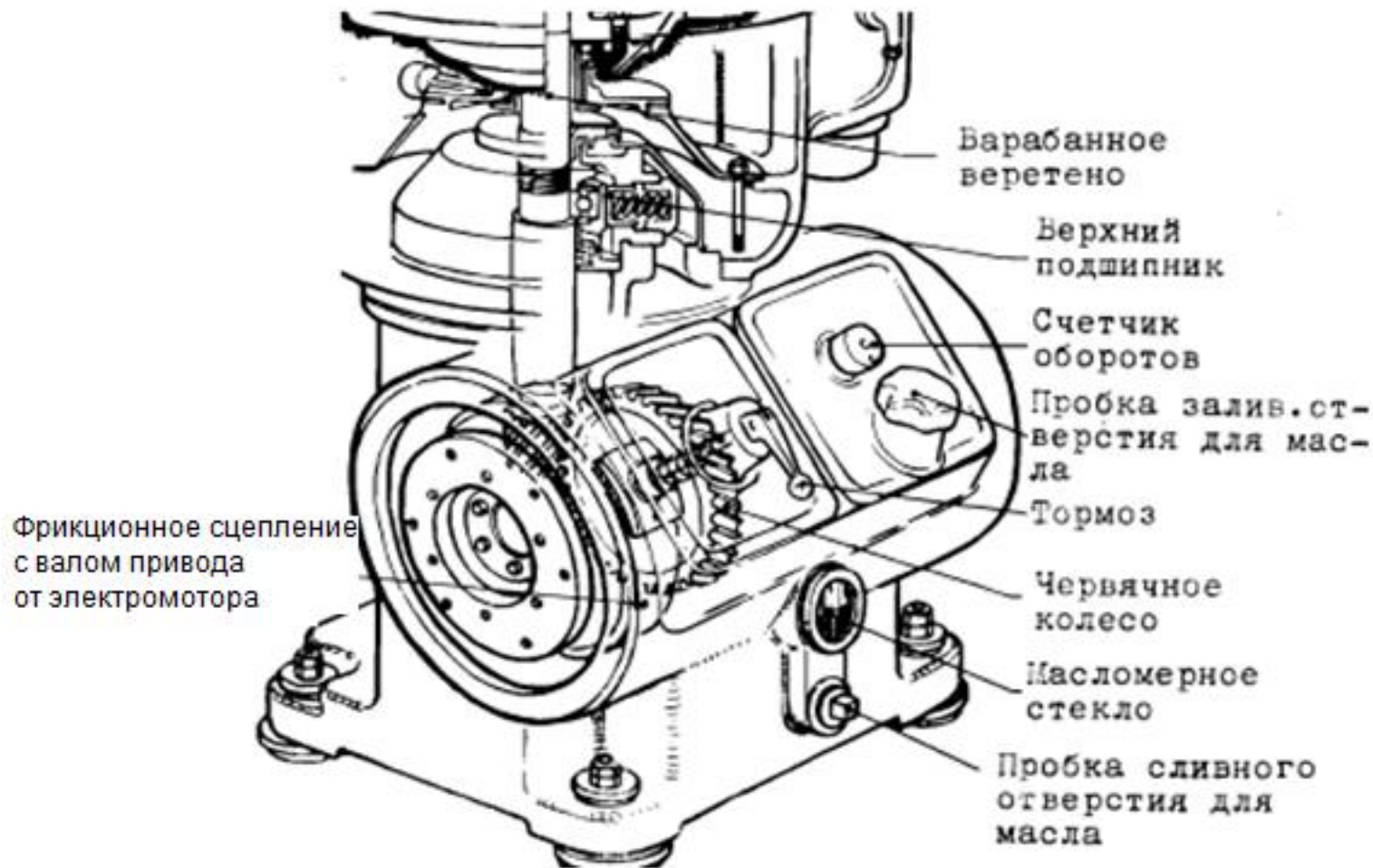
Б – Вход воды вытесняющей и для создания водяного затвора;

В – Выход очищенного продукта; Г – Выход воды; Д – Подвод воды на открытие барабана;

Е – Вода на закрытие барабана; Ж – Удаление шлама

На рис. убран приводной электромотор и можно увидеть часть шестерённого привода в 3D-проекции.

Примечание: вертикальный вал иногда называют веретеном, иногда шпинделем.



Фрикционная сцепление - муфта (рис.) гарантирует плавный разгон и предотвращает перегрузку червячной шестерни и электромотора.

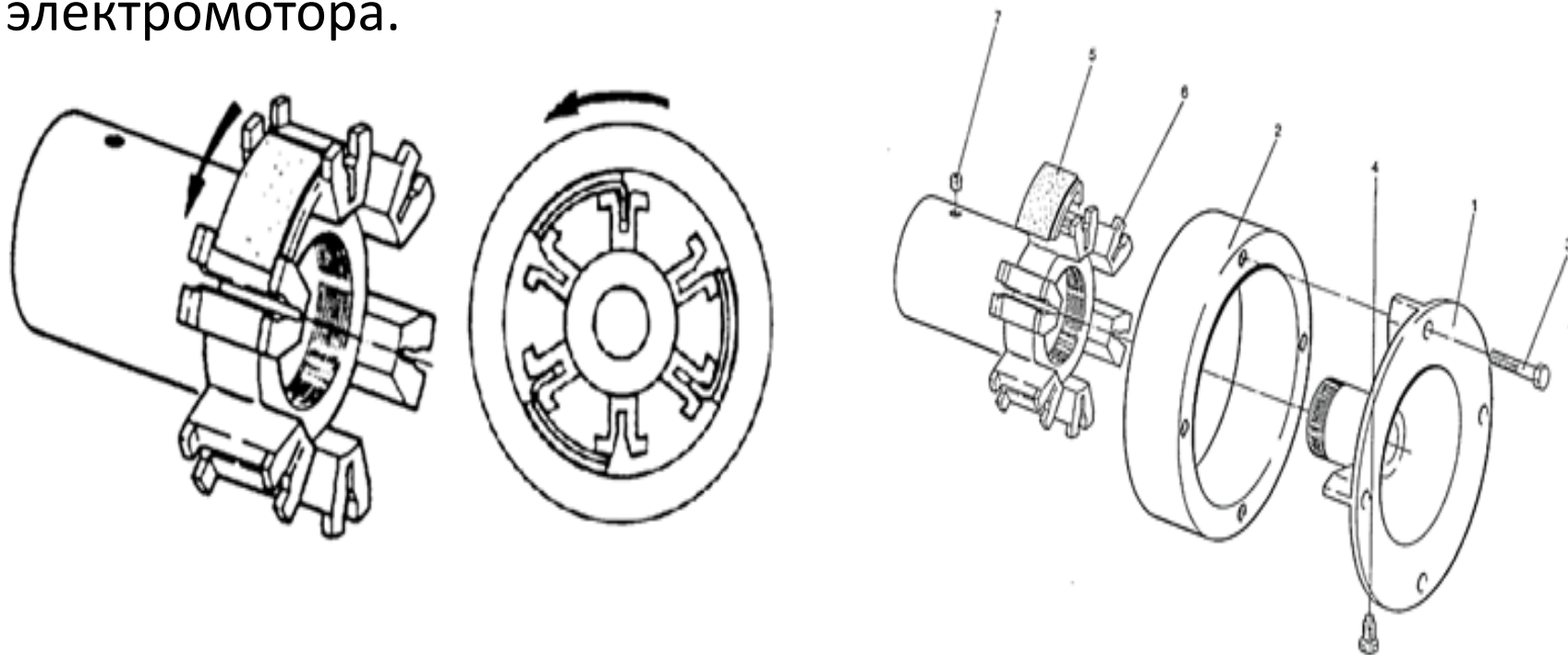


Рис. Пример устройства центробежной муфты сепаратора Westfalia OSC в составе: 1 – ведомое кольцо-вал муфты; 2 - фрикционный барабан; 3 – винты соединения барабана и ведомого вала; 4 – винт стопорения вала муфты на ведомом валу сепаратора; 5 – фрикционные башмаки; 6 – ведущий вал муфты от электромотора; 7 – стопорный винт.

Фрикционные башмаки (2, 3 или 4) устанавливаются свободно в радиальных направляющих так, чтобы они выталкивались центробежной силой.

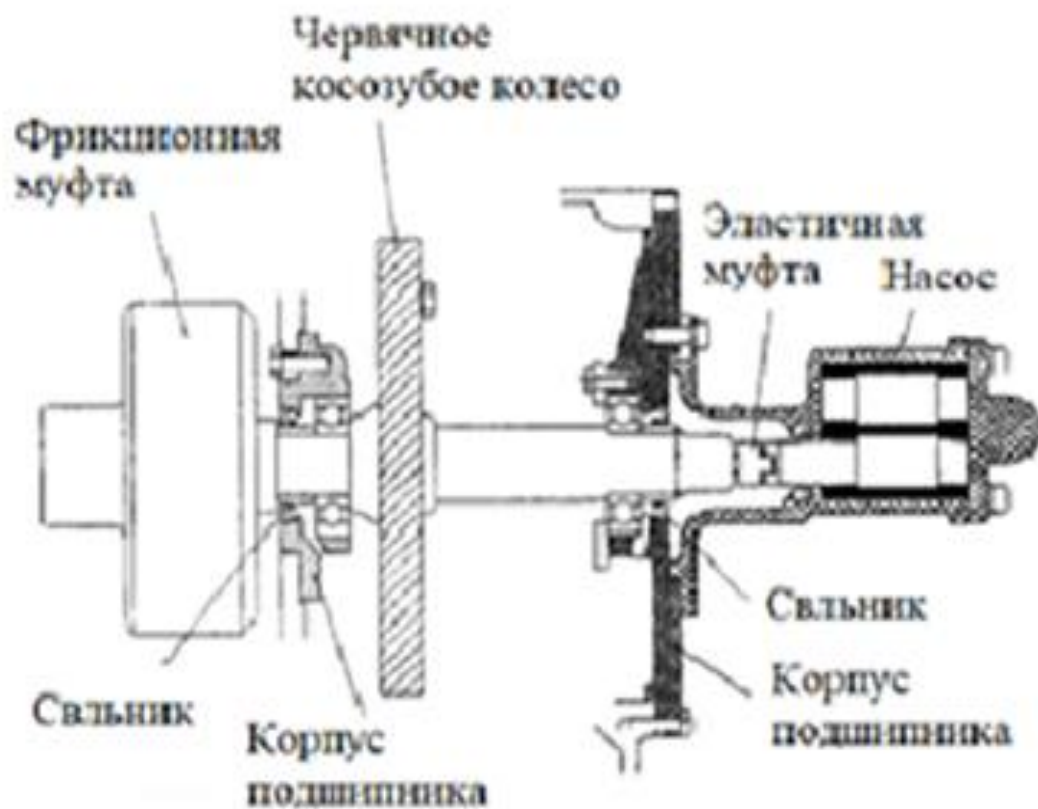
Другие конструкции таких «разгонных» фрикционных муфт принципиально не отличаются от рассмотренной.

Схожие фрикционные накладки имеет, подпружиненный тормоз сепаратора. При нормальной эксплуатации он редко используется, за исключением случаев, если инструкция изготовителя рекомендует применить его для быстрого снижения скорости вращения, чтобы быстро пройти критическую частоту. Фрикционные накладки тормоза воздействуют на внешнюю сторону шкива муфты

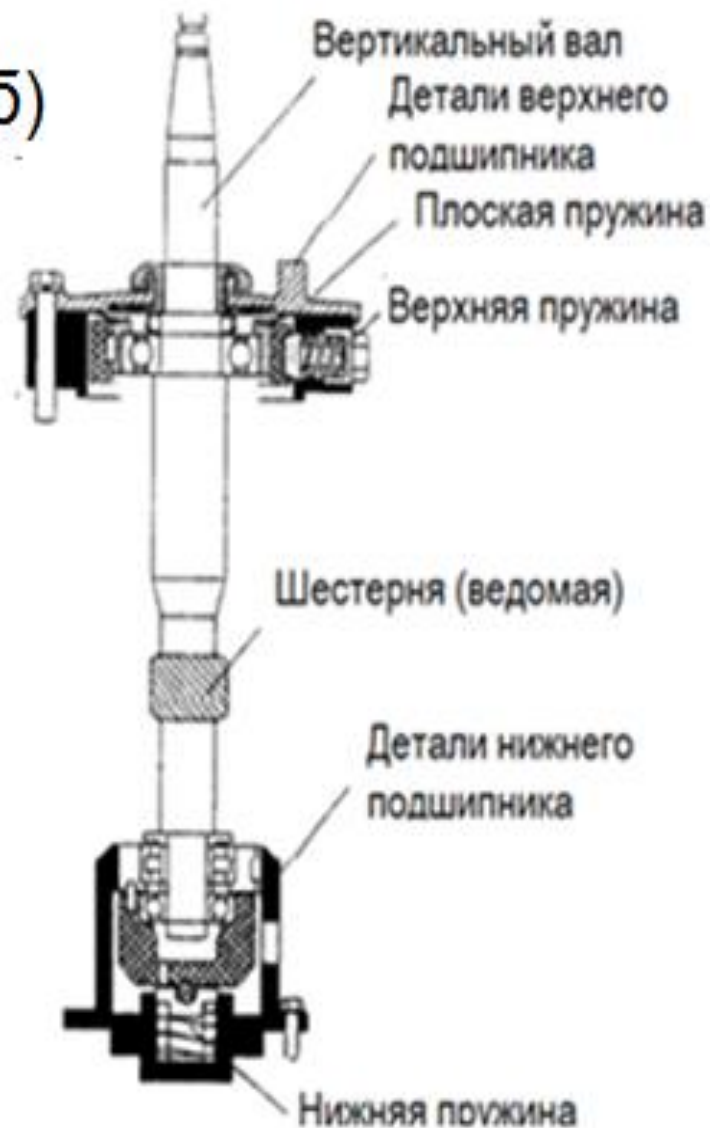
Червячная передача увеличивает частоту вращения вертикального вала в несколько раз, к примеру у МАВ 104 передаточной число 10:50 (прим.: числа указывают на число зубьев), что при частоте вращения электромотора в 1500 мин^{-1} (частота эл.сети 50 Гц) дает частоту вращения барабана в 7500 мин^{-1} .

Рис. Типичная схема горизонтального а) и вертикального б) валов

а)



б)



Зубчатый венец, а на сепараторах малого размера, а вся косозубая шестерня изготавливается из бронзы, по причине антифрикционных свойств этого материала. Вертикальный вал поддерживается верхним и нижним подшипниками. Подшипники валов смазываются разбрызгиванием от вращения червячного колеса в масляной ванне. Чтобы уменьшить износ подшипников и передачу вибраций барабана на корпус и фундамент, верхний и нижний подшипники вала монтируются в корпусе через подпружиненные опоры. Опора верхнего подшипника включает специальный корпус с 6 точками поддержки посредством радиальных пружинных демпфирующих устройств. Пример таких демпфирующих опор - см. рис. ниже.

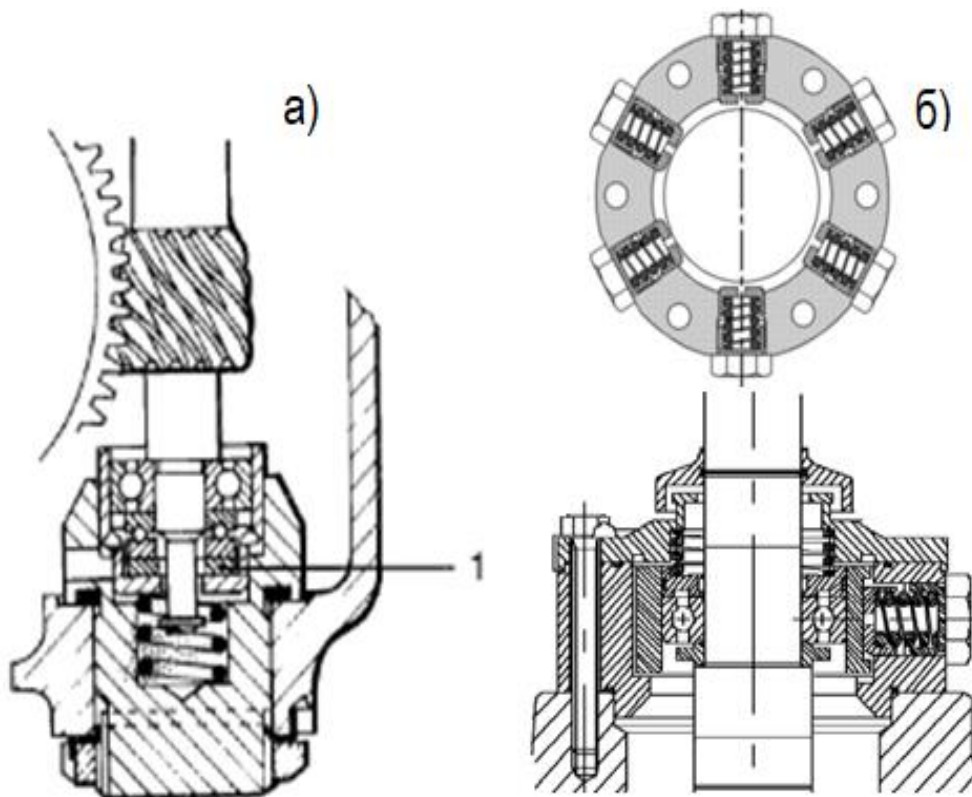


Рис. а) нижняя
и
б) верхняя
опоры
вертикального
вала

Правильное положение высоты вертикального вала устанавливается с помощью регулировочных колец (1) под упорным подшипником. Корректное положение должно давать заданный инструкциями изготовителей размер либо между верхней поверхностью корпуса рамы и макушкой шпинделя (см. рис а) как у Лавала для модели МОРХ, либо верхней поверхностью большого зажимного кольца барабана и верхним краем рамы как у Вестфалии OSB (рис. б).

В инструкциях производителей указываются и другие, но схожие, методы такого контроля.

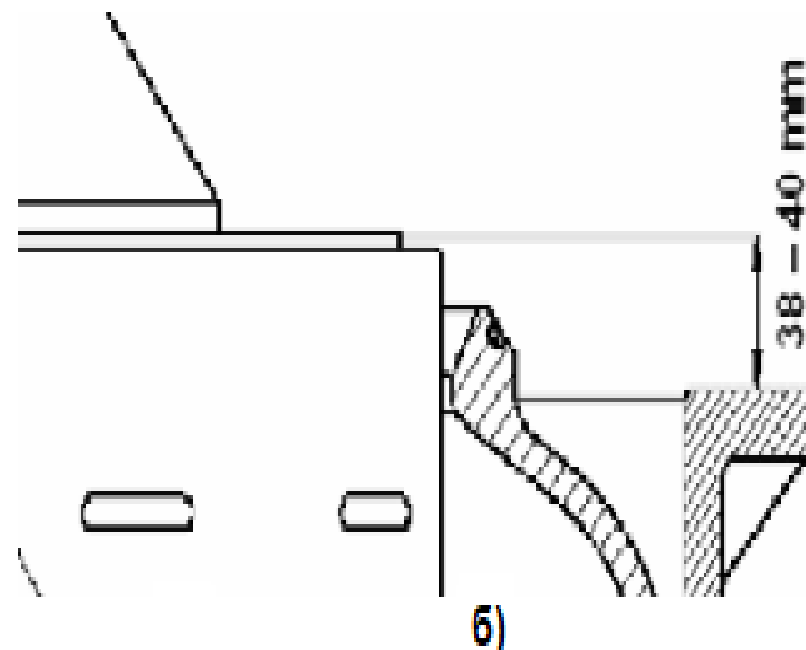
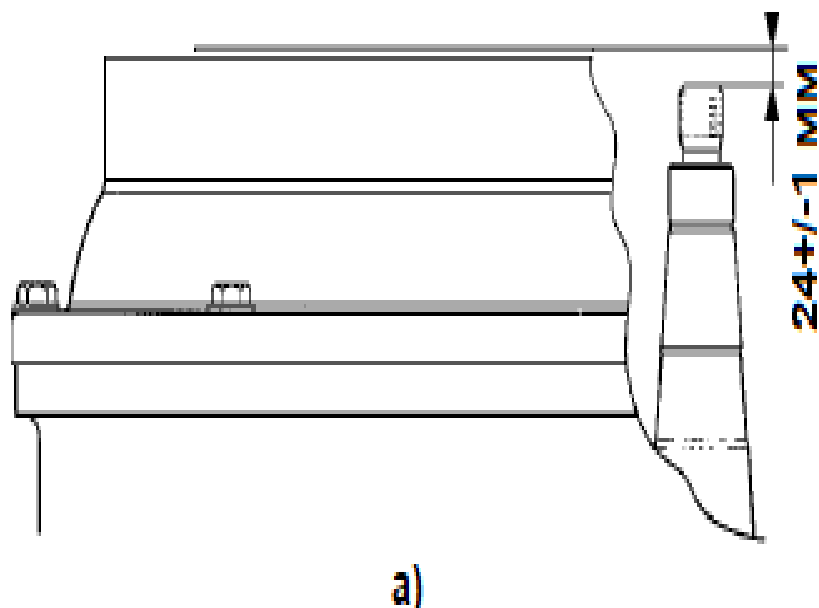


Рис. .. Контроль правильного положения вертикального вала а) для сепараторов Альфа-Лаваль моделей МОРХ и б) для сепараторов ГЕА-Вестфалия моделей OSB.

Счётчик оборотов, рис..., приводится от косозубой шестерни горизонтального вала. Корректная скорость - это лучшие результаты очистки и вопрос безопасности. Требуемое число оборотов дается в технических данных устройства. По изображенному на рисунке – механическому счетчику это около 2 об. в сек.

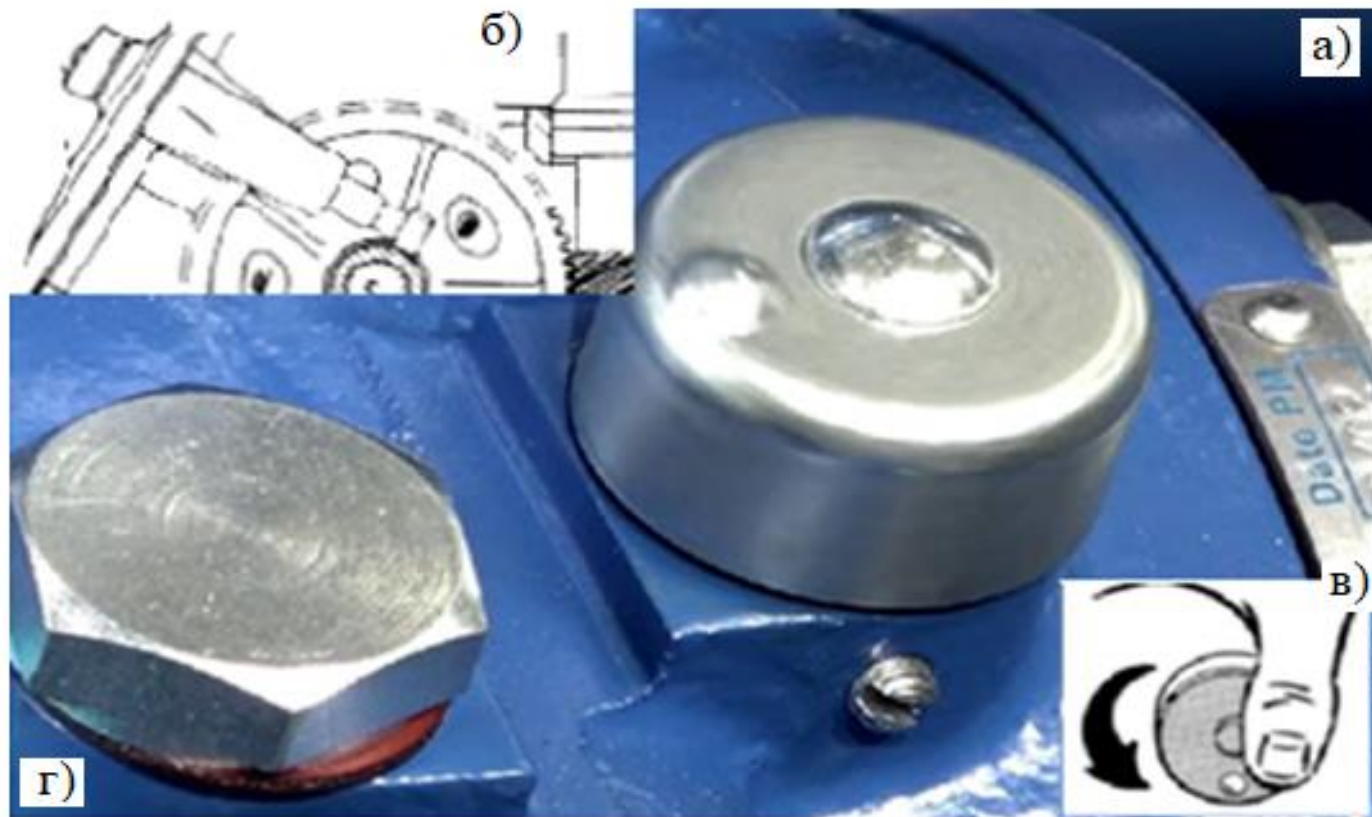


Рис. Счётчик оборотов – а), его привод – б), метод подсчёта – в) и пробка для залива масла – г).

3.4.2. Плоскоременной привод

Фирма Альфа-Лаваль предлагает целый ряд судовых сепараторов без горизонтального вала. Одними из первых были модели ММРХ.

Характерными особенностями сепараторов этой серии являются:

- **плоскоременная передача** вращения от электродвигателя к вертикальному валу,
- резиновые амортизаторы верхнего подшипника вертикального вала вместо пружинных амортизаторов;
- **встроенный бак рабочей воды для управления подвижным дном барабана;**
- общий выход отсепарированного шлама и грязной воды в шламовую емкость
- компактная установка (занимаемая площадь - около $1,0 \text{ м}^2$).

Они предназначены для сепарирования дизельного и тяжелого топлива вязкостью до $600 \text{ сСт}/50^\circ\text{C}$, а также для смазочных масел с антиокислительными и моющими присадками и без присадок.

Параметры привода (для ММРХ304): частота вращения электродвигателя 3000 мин^{-1} (для частоты эл.сети в 50Гц) - соответствующая частота вращения вертикального вала 9510 мин^{-1}

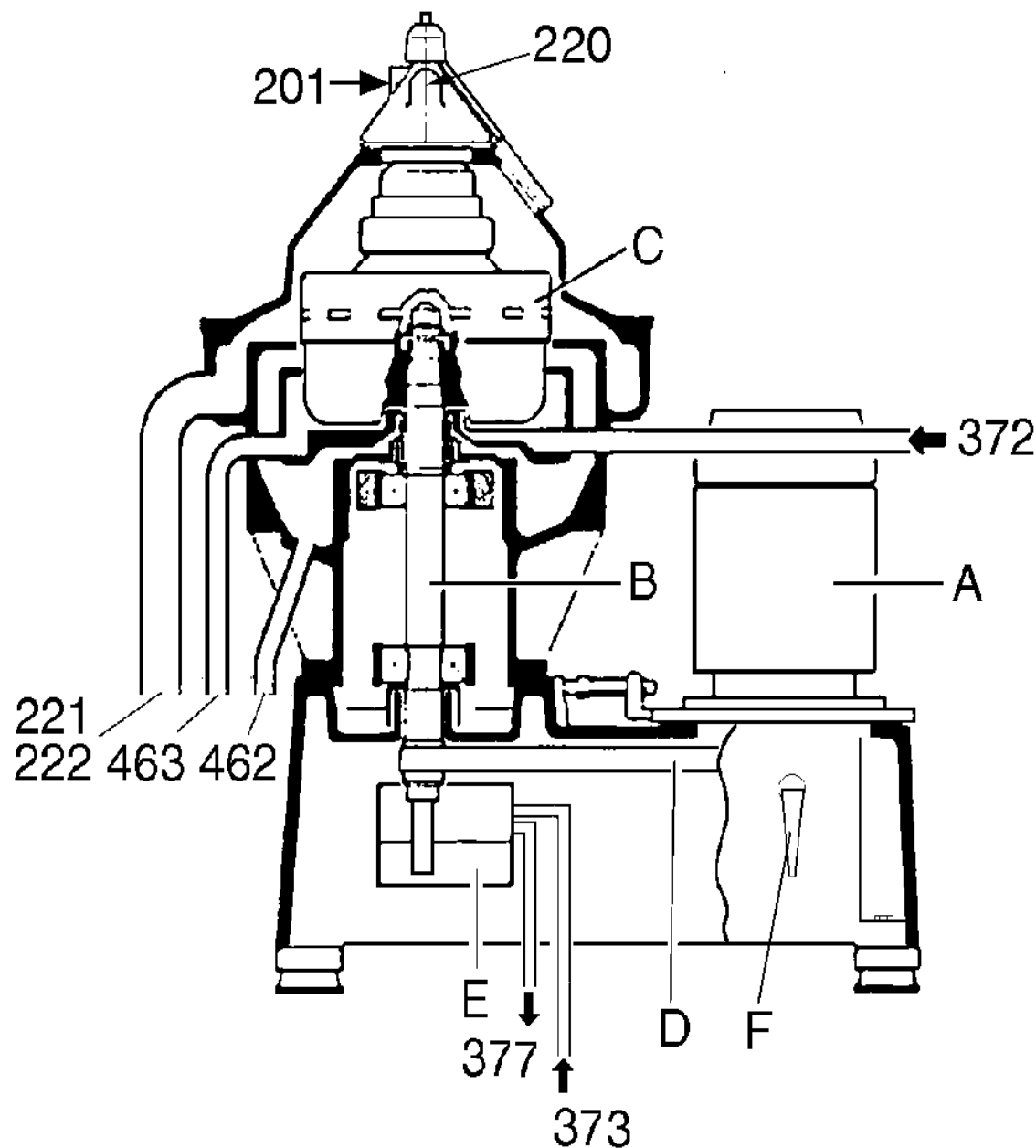
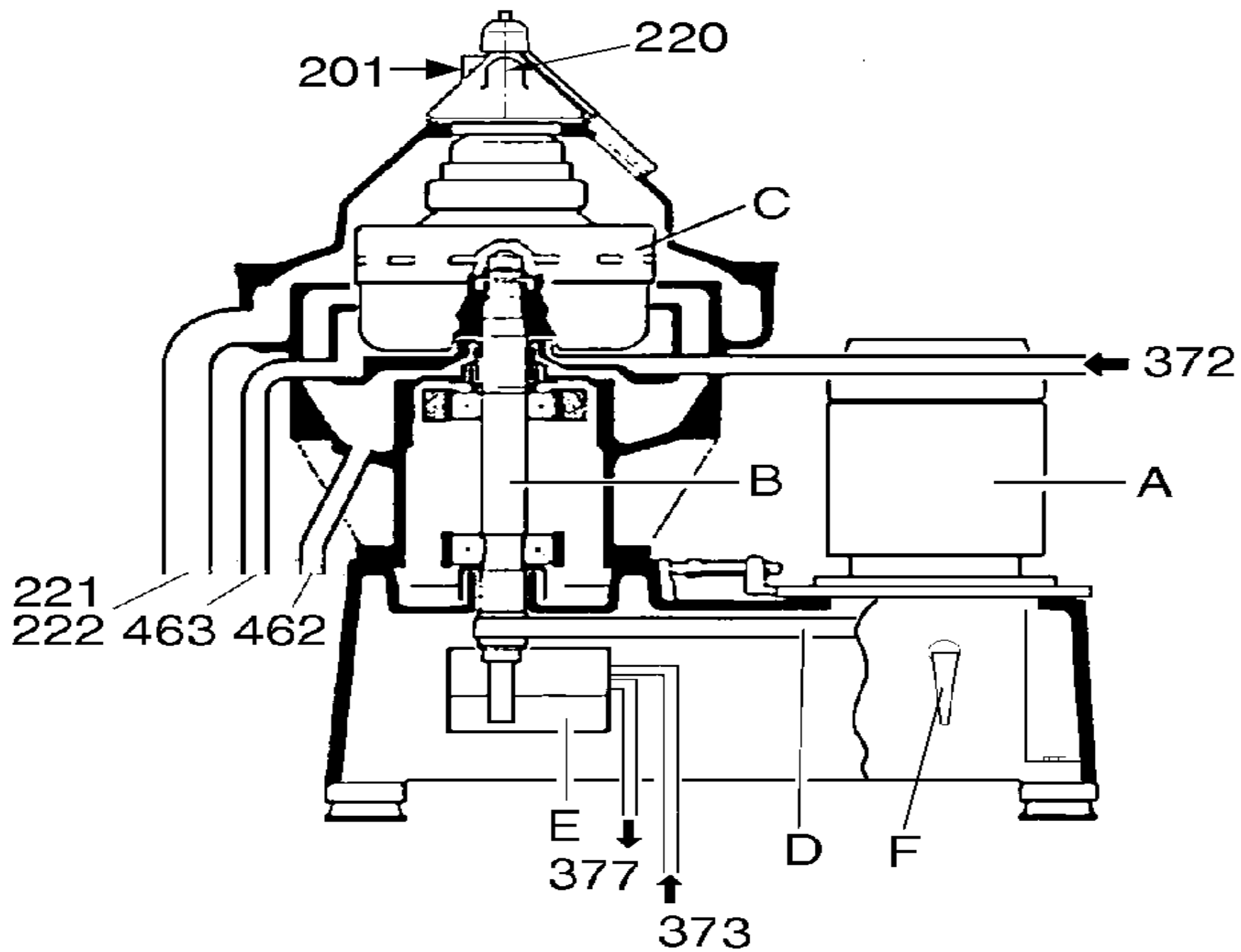


Рис. Сепаратор ММРХ, главные соединения и детали (обозначения оставлены как в фирменной инструкции): А – электродвигатель; В – вал (шпиндель барабана); С – барабан; D – плоский ремень; Е – водяной резервуар; 201 – вход масла; 220 – выход масла; 221/222 – выпуск воды и шлама; 372 – подвод воды на открытие барабана; 373 – вола на закрытие барабана; 377 – перелив; 462/463 – дренаж. Барабан сепаратора (С) приводится в движение электродвигателем (А) через плоскоремennую передачу (D) и вертикальный вал-шпиндель (В). Привод от электродвигателя оснащен фрикционной муфтой (рис.).



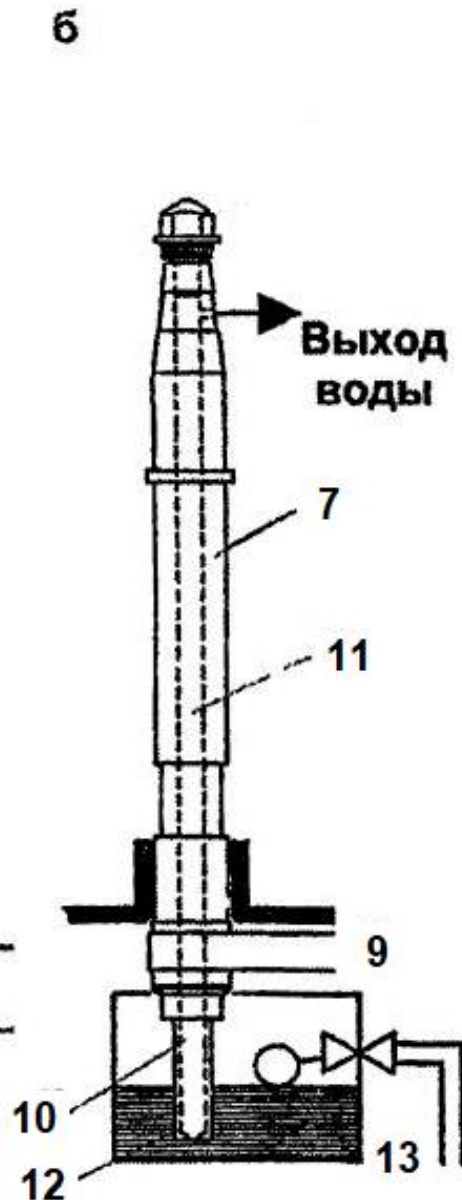
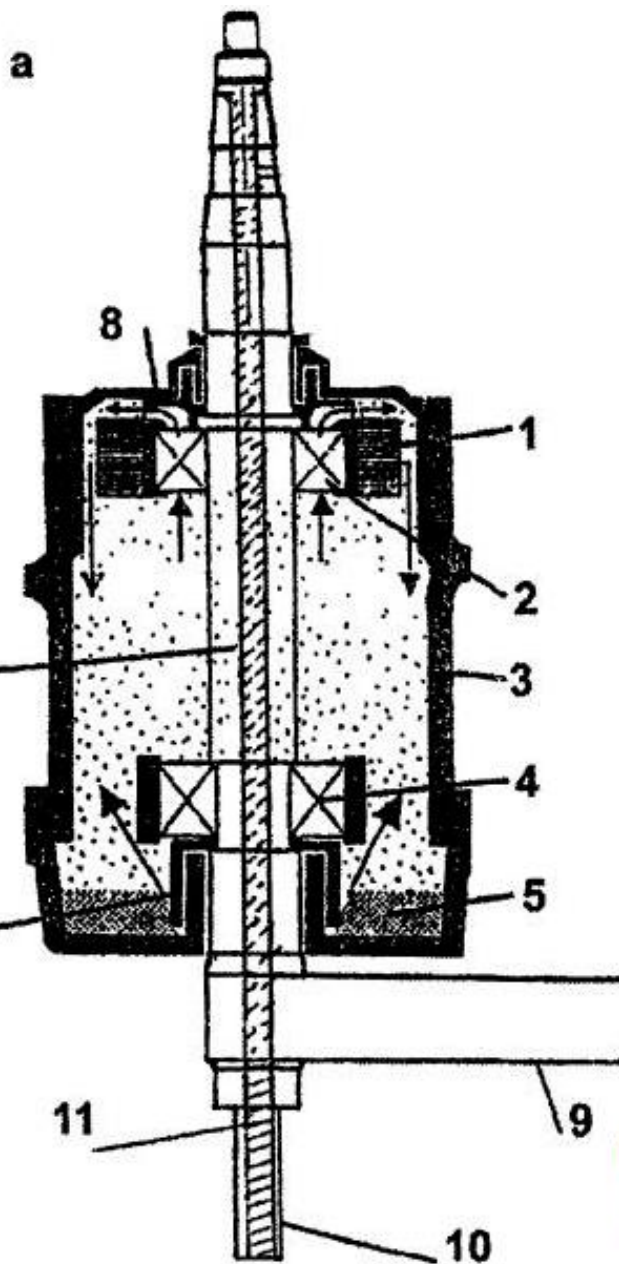


Рис. Вертикальный вал с подшипниками сепаратора серии ММРХ.

1 – резиновый амортизатор;
 2 – верхний подшипник;
 3 – корпус подшипников;
 4 – нижний подшипник;
 5 – картер масла;
6 – масляный насос;
 7 – вертикальный вал;
 8 – вентилятор;
 9 – плоский ремень;
10 – втулка водяного насоса;
 11 – канал подачи воды;
 12 вода в резервуаре;
 13 – система пополнение воды.

Т.е. вертикальный вал сепаратора ММРХ **помимо своей основной роли в системе передачи мощности к барабану** также служит в качестве:

- привода насоса для закрывающей воды, а также выполняя роль трубопровода этой воды;
- привода насоса и вентилятора в системе смазки для шарикоподшипников.

В сепараторах «Альфа-Лаваль» моделей ММРХ (и моделей «Р»!) воду на закрытие барабана (только на закрытие! – см. описание ниже) подает встроенный в вертикальный вал насос

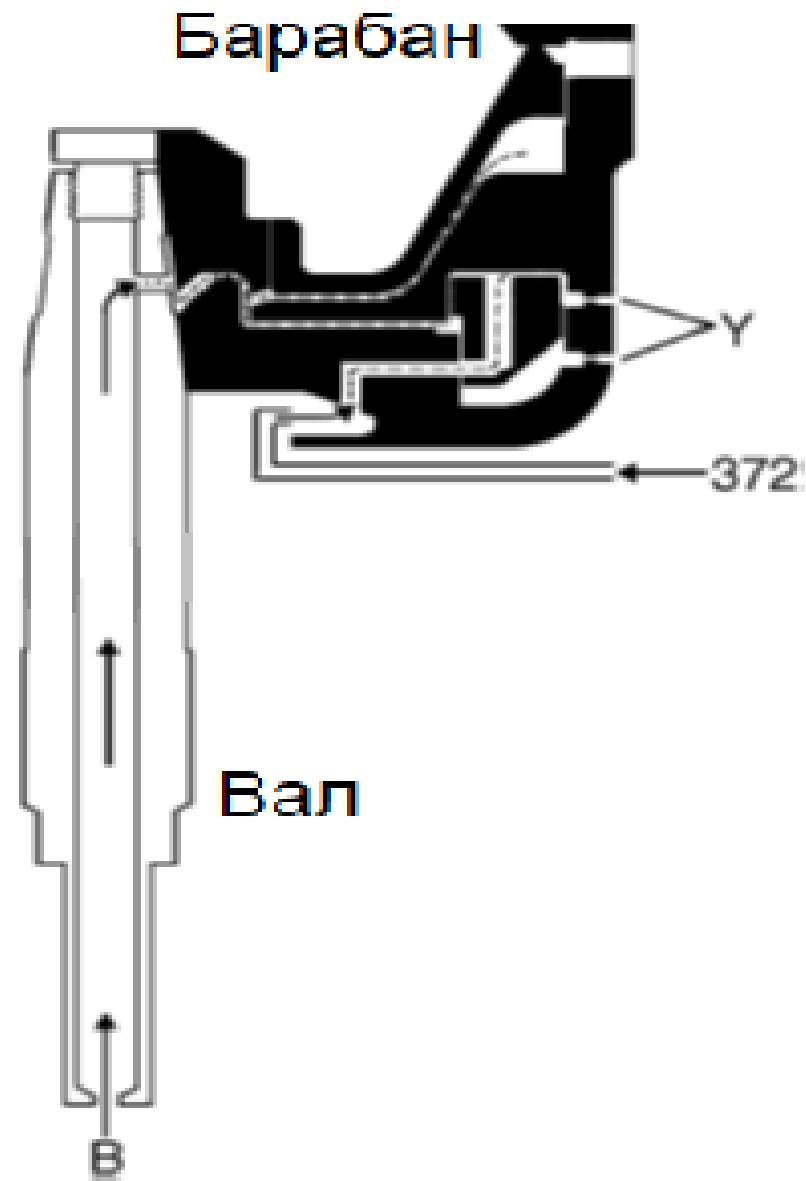


Рис. Подача воды к устройству разгрузки барабана сепаратора ММРХ

Открытие барабана.

Началом выгрузки шлама является движение дна барабана вниз. Это достигается путем подачи воды (372) в механизм разгрузки. Вода сливается через калиброванные отверстия -сопла (Y) в корпусе. Скользящее дно быстро опускается под действием жидкости, находящейся в барабане. открывая отверстия для удаления шлама.

Заккрытие барабана.

После выгрузки шлам, подача воды по линии (372) прекращается и подвижное дно сразу же отжимается вверх давлением воды, подводимой через полый вертикальный вал, и отверстия в стенке барабана закрываются.

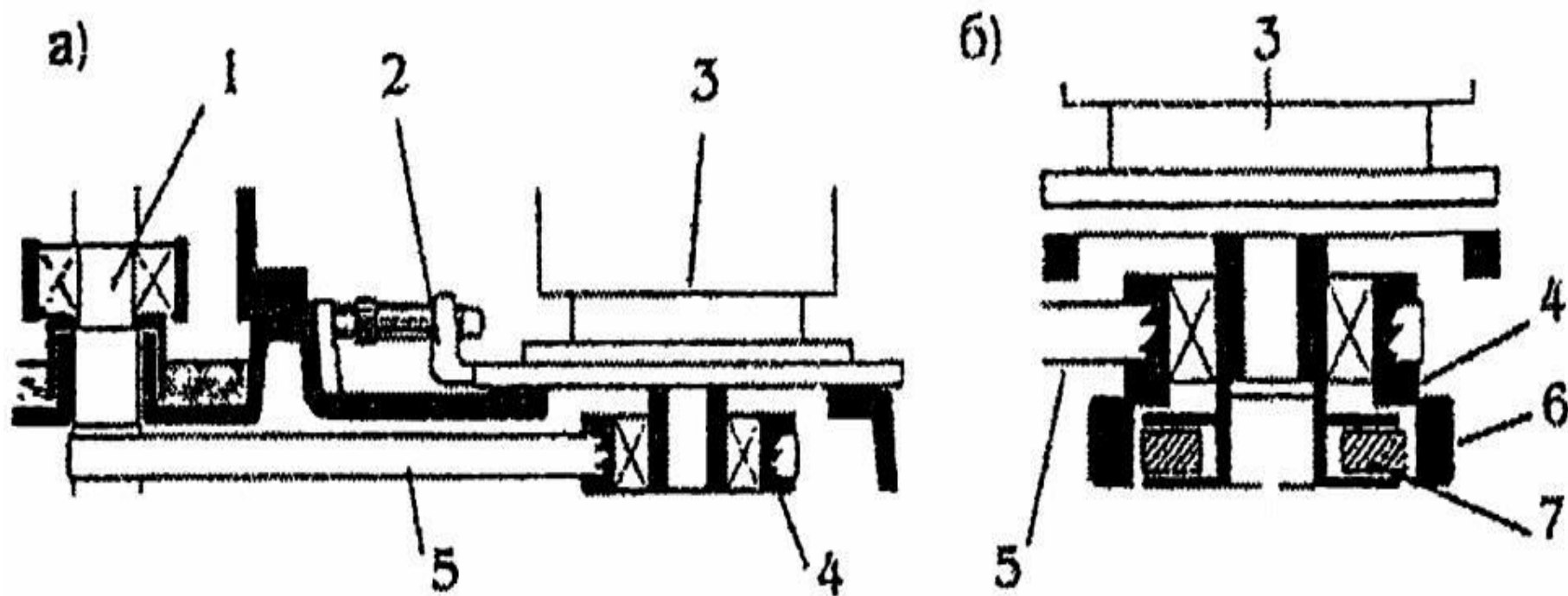
Вертикальный вал 7 удерживается в двух опорах: в верхнем подшипнике 2; и нижнем подшипнике 4. Подшипники размещены в корпусе 3, на валу насажен **масляный насос 6**, который загружен в масляную ванну 5. При вращении вертикального вала насос создает масляный туман. В верхней части вала имеется вентилятор 8, который всасывает масляный туман через верхний подшипник 2, и далее возвращает масло мимо резинового амортизатора 1 в масляную ванну 5. Таким способом происходит смазка подшипников.

Верхний подшипник 2 заключен в резиновый амортизатор 1, который гасит вибрацию вертикального вала.

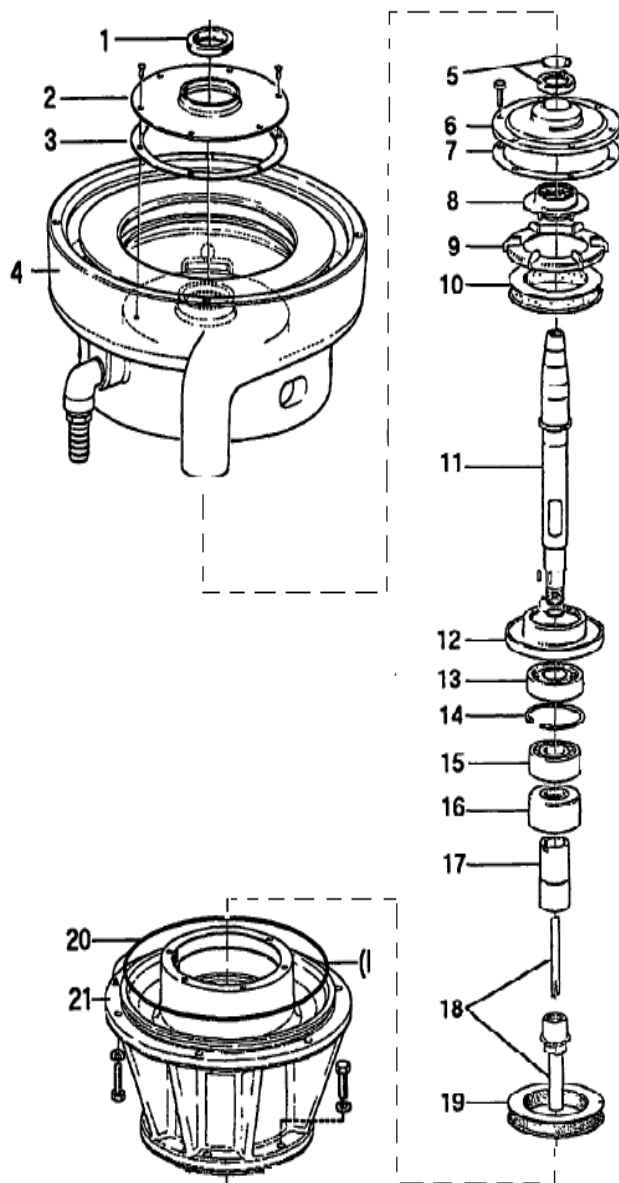
Прямая подачи воды для гидравлического затвора и рабочей для управления подвижным поршнем осуществляется водой, которая подается через полый вал под давлением от **винтовой крылатки 10**, находящейся внутри прикрепленной к валу втулки 11.

Передача крутящего момента от электродвигателя 3 к вертикальному валу 1 барабана сепаратора осуществляется через фрикционную муфту 6. При вращении вала электродвигателя фрикционные подушки 7, находясь в своих посадочных местах, прижимаются под действием центробежных сил к внутренней поверхности муфты 6 и раскручивают её совместно со шкивом 4 и ремнём 5.

Плоскоременная передача и фрикционная муфта изображены на рис. .



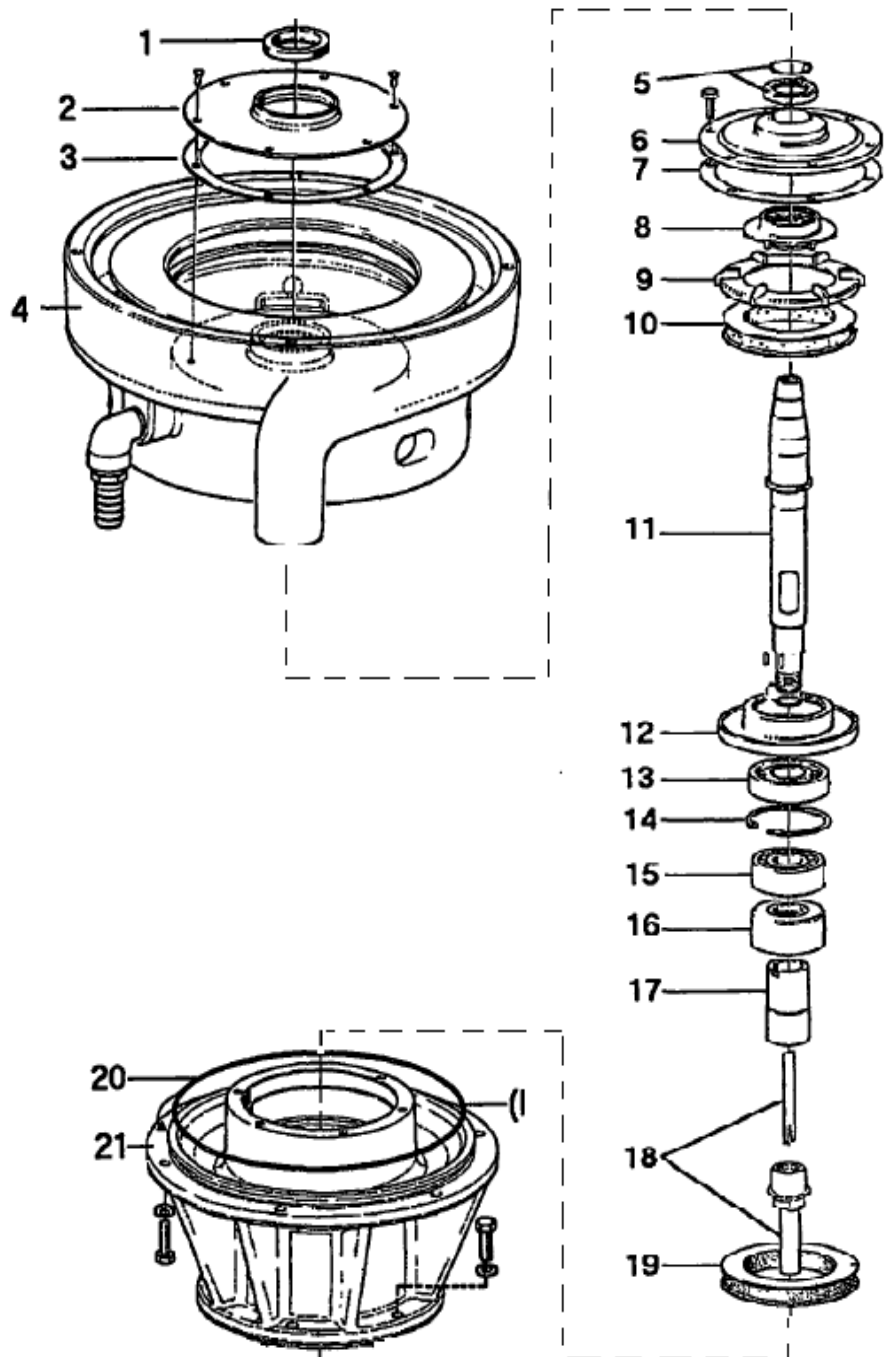
1 – вертикальный вал сепаратора; 2 – приспособление для натяжения ремня; 3 – электродвигатель; 4 – шкив; 5 – плоский ремень; 6 – фрикционная муфта; 7 – подушки фрикционной муфты



Со временем плоскоременная передача требует натяжения. Для этой цели на станине имеется приспособление 2 (пред. слайд).

То есть, исключив горизонтальный вал, потребовалось установить промежуточный корпус (поз. 21 рис.) станины, который кроме функции опоры, фактически является основной емкостью для масляного тумана смазки подшипников. Необходимые элементы привода закреплены на вертикальном валу: см. рис.

Рис. Компоненты вала и станины рамы **(См. след слайд!)**;
 1 – манжетное уплотнение; 2 – экран; 3, 7 – прокладки; 4 – станина, верхняя часть;
 5 – дефлектор (кольцо отражателя); 6 – крышка верхнего подшипника; 8 – вентилятор;
 9 – держатель буфера; 10 - резиновый буфер; 11 – вал; 12 – держатель шарикоподшипника;
 13 – подшипник; 14 стопорное кольцо (кольцо зегера/seger ring); 15 – подшипник;
 16 – маслонасос; 17 – шкив ремня; 18 – водяной насос; 19 – резиновый буфер; 20, 22 – уплотнительные кольца круглого сечения; 21 – станина, промежуточная часть;



- Рис. Компоненты вала и станины рамы;
- 1 – манжетное уплотнение;
 - 2 – экран;
 - 3, 7 – прокладки;
 - 4 – станина, верхняя часть;
 - 5 – дефлектор (кольцо отражателя);
 - 6 – крышка верхнего подшипника;
 - 8 – вентилятор;
 - 9 – держатель буфера;
 - 10 – резиновый буфер;
 - 11 – вал;
 - 12 – держатель шарикоподшипника;
 - 13 – подшипник;
 - 14 – стопорное кольцо (кольцо зегера/seger ring);
 - 15 – подшипник;
 - 16 – маслонасос;
 - 17 – шкив ремня;
 - 18 – водяной насос;
 - 19 – резиновый буфер;
 - 20, 22 – уплотнительные кольца круглого сечения;
 - 21 – станина, промежуточная часть;

3.4.3. Сепаратор с частотным-скоростным приводом

В последние годы частотное регулирование скорости вращения электродвигателей внедряется повсеместно. В промышленности предлагаются сепараторы с вертикальным валом «интегрированным» с электромотором (например: «Integrated GEA directdrive» от «ГЕА-Вестфалия»). Обосновывая их преимущества в экономичности, экономии пространства, уменьшении изнашиваемых деталей и снижении трудозатрат на обслуживание следует ожидать значительного распространения таких, предлагаемых производителями агрегатов и на флоте.

Рассмотрим подобную конструкцию на примере применяемых на судах сепараторов «Альфа Лаваль» модели MIB.

Сепаратор типа **MIB** (рис. 2.19.) разработан специально наиболее компактным и легким за счет барабана, установленного непосредственно на валу электромотора и изготовленного из алюминия.

Характеристики сепараторы типа **MIB 503**:

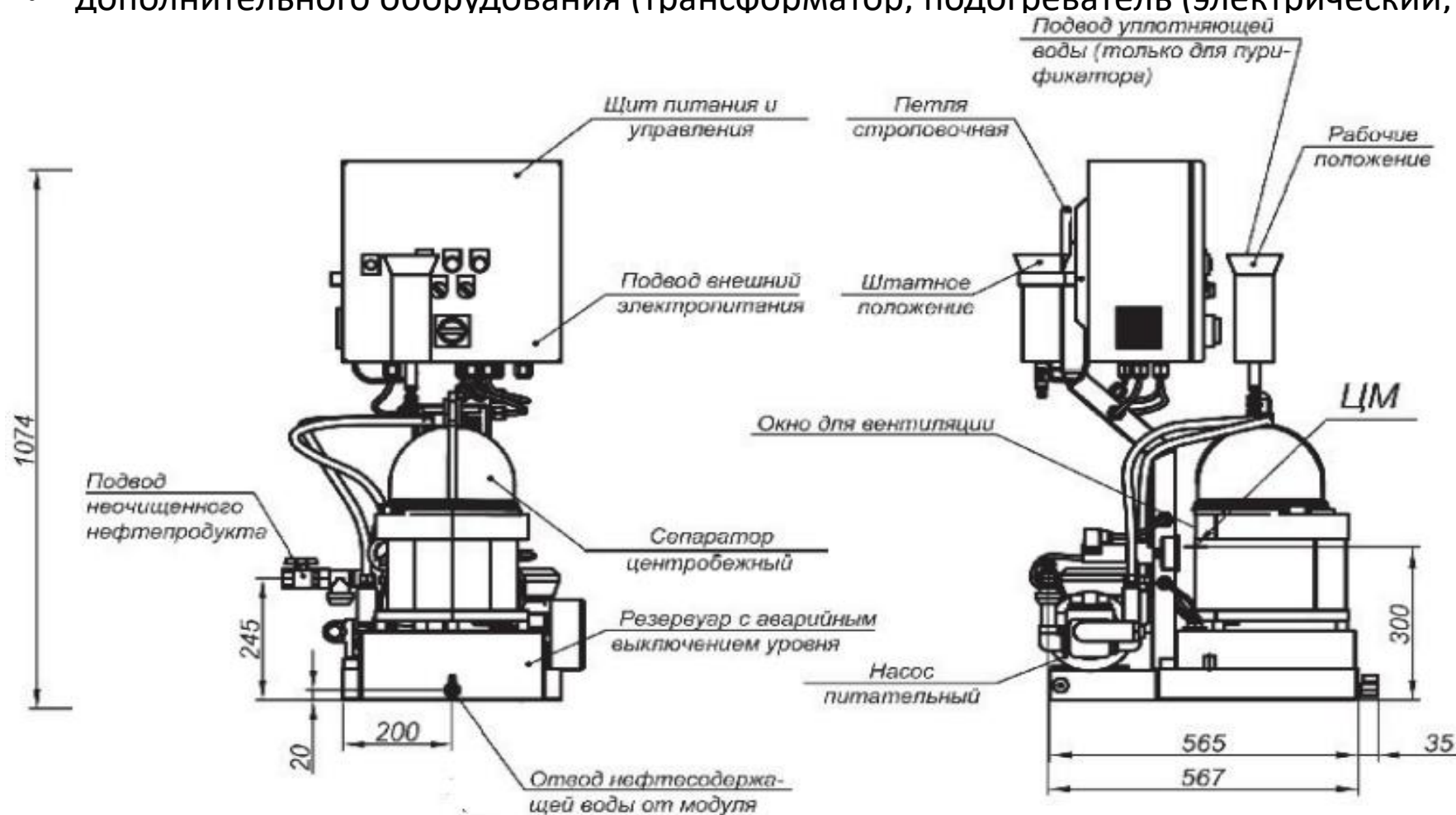
предназначены для очистки топлив с максимальной плотностью 920 кг/м^3 при 15°C , вязкость до 13 сСт при 40°C , смазочных минеральных масел для тронковых двигателей, работающих на легком топливе и гидравлических масел.

Пропускная способность до 1250 л/ч газойля, 1000 л/ч дизельного топлива (MDO) и 300 л/ч смазочного масла. Потребляемая мощность 700 Вт. Вес модуля – 90 кг.



Модуль стандартно состоит из:

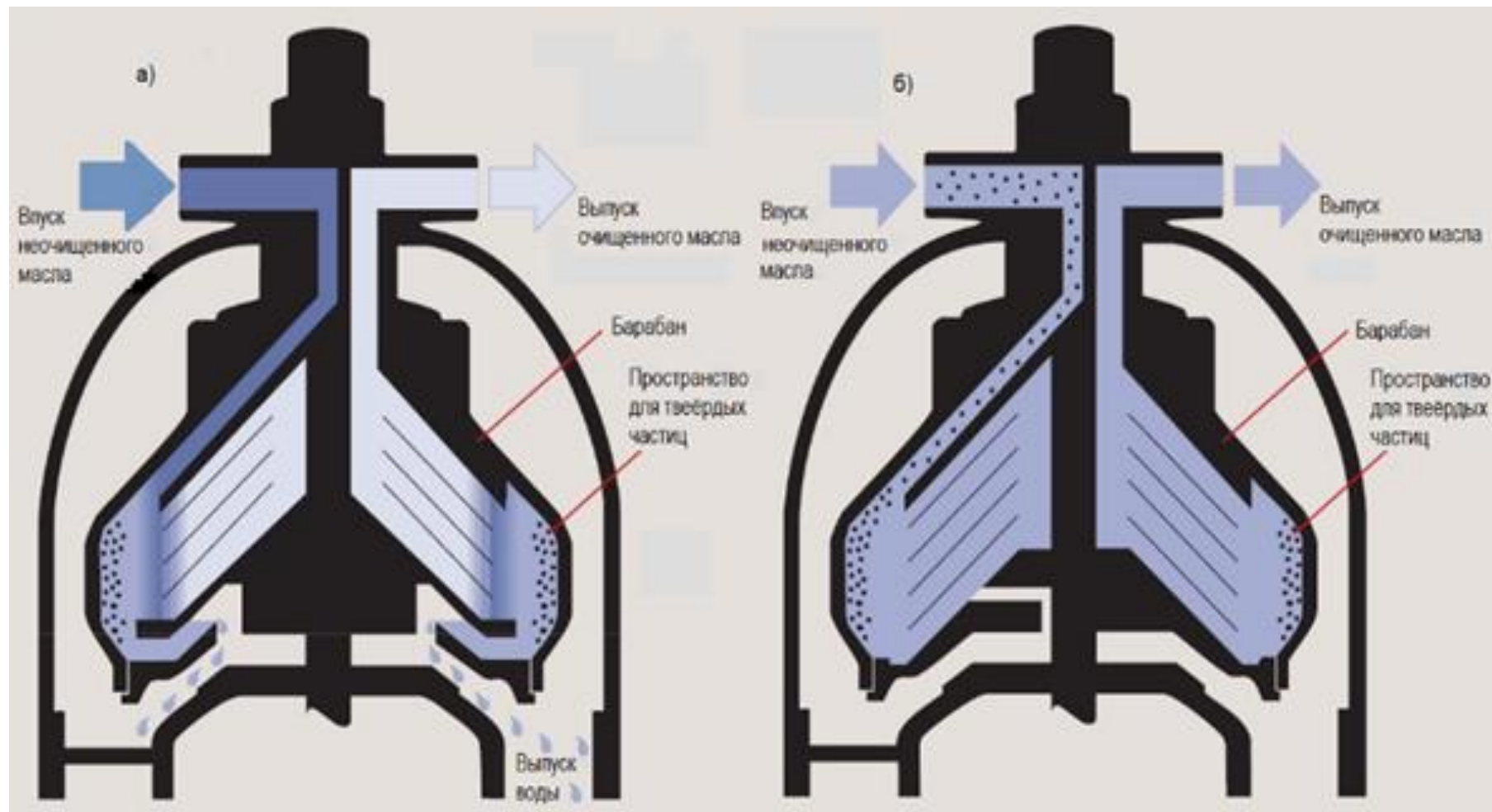
- сепаратора центробежного типа (несаморазгружающегося) с электроприводом;
- щита управления с комбинированным пускателем и блоком контроля;
- питательного насоса с электроприводом;
- резервуара с аварийным выключателем уровня;
- дополнительного оборудования (трансформатор, подогреватель (электрический,



Сепаратор Альфа-Лаваль MIB 503

Модуль сепарационный производится и испытывается под техническим наблюдением Российского Морского Регистра Судоходства.

Для сепарации топлива сепаратор **MIB** должен работать в режиме пурификации, а для сепарации масла в режиме кларификации.



Принцип работы сепаратора MIB в качестве а) пурификатора и б) кларификатора

Принцип работы

Работа сепаратора в качестве пурификатора (очистителя).

Разделение имеет место во вращающемся барабане со сплошной стенкой.

Неочищенное масло/топливо подается во вращающийся барабан, где центробежные силы заставляют воду и твердые частицы перемещаться к его периферии, в то время как очищенное масло движется к середине барабана.

Для создания гидравлического уплотнения во время пуска сепаратора в его барабан перед поступлением неочищенного масла/топлива заливается вода (через съёмную воронку, см. на фото - рис. 2.19.) Эта вода собирается в гидравлическое уплотнение, а излишек сливается в лоток, который находится ниже барабана.

Твердые частицы скапливаются на стенке барабана, с которой периодически удаляются вручную. Очищенное масло движется к середине барабана и поднимается к напорному диску. Так как масло вращается вместе с барабаном, неподвижный напорный диск работает в качестве встроенного в барабан насоса, который выталкивает очищенное масло наружу под давлением через выпускной патрубок барабана.

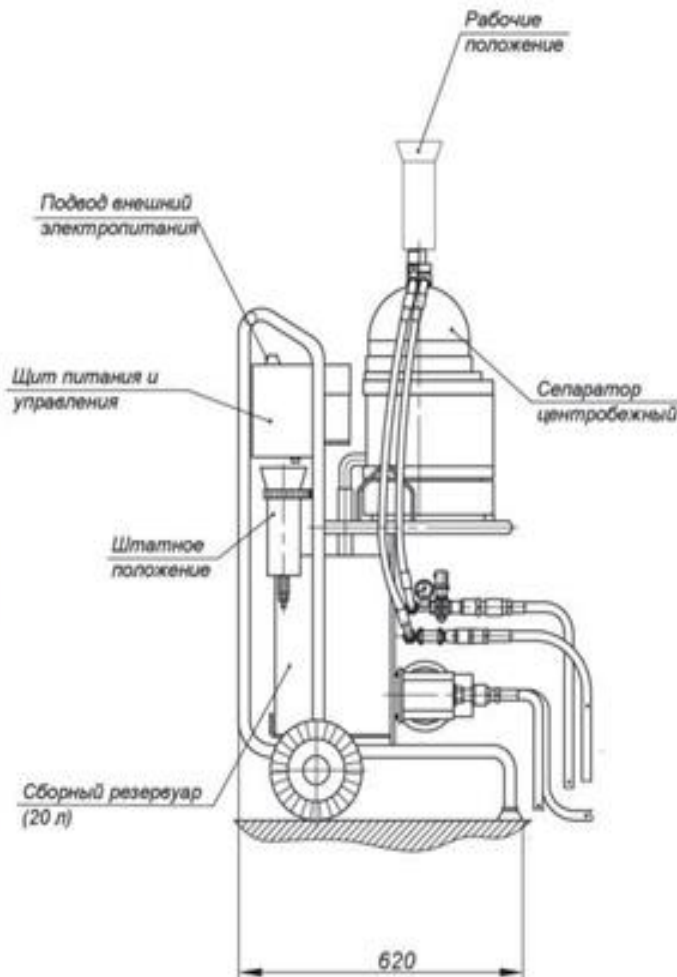
Работа сепаратора в качестве кларификатора (осветлителя).

В режиме работы сепаратора в качестве кларификатора обрабатываемое масло обычно не содержит свободной воды. В этом случае принцип разделения такой же, как и при работе сепаратора в виде пурификатора, хотя здесь и не присутствует гидравлическое уплотнение, и в барабане нет отверстия для выпуска воды, т.е. не предусматривается пропускная способность в ее отношении.

Особенности сепаратора MIB:

1. Прямой привод с электромотором, скорость которого регулируется преобразователем частоты.
2. Нет стопорного кольца. Требуется только небольшого механического усилия для разборки/сборки барабана.
3. Дизайн позволяет демонтировать стенку барабана для очистки без демонтажа комплекта дисков.
4. Небольшой вес барабана и дисков.
5. Не требует смазки.
6. Очищенное масло откачивается под давлением благодаря встроенному напорному диску

Принципиально подобная модель ЕММІЕ - это мобильный колесный вариант МІВ для, например, очистки масла гидравлических систем.



Мобильный
сепараторный модуль
ЕММІЕ.2

Технические
характеристики модуля
ЕММІЕ.2:

- 1) размеры: длина - 620 мм, ширина - 520 мм, высота - 1140мм;
- 2) производительность - 200 л/ч (зависит от вязкости масла); объем шламовой камеры - 0.6 л; вязкость при температуре сепарации - макс. 40 сСт; максимальная температура сепарации - 70 °С;
- 5) масса: без нагревателя - 60 кг, со встроенным нагревателем - 100 кг

2.5. Особенности конструкции несамоочищающегося сепаратора.

Барабан такого сепаратора, в сущности, представляет из себя насаженную на вертикальный вал толстостенную чашу, плотно закрываемую сверху конической крышкой, в центральной части которой имеется горловина для размещения устройств подвода и отвода очищаемой в сепараторе жидкости. В барабане у образующих цилиндрическую поверхность стенок скапливаются отсепарированные примеси, которые необходимо периодически удалять вручную. Такой сепаратор – несамоочищающийся (может называться “with solid bowl”). На следующем рис. 2.21. представлена типичная конструкция барабана такого сепаратора, его детали и их реальный вид.

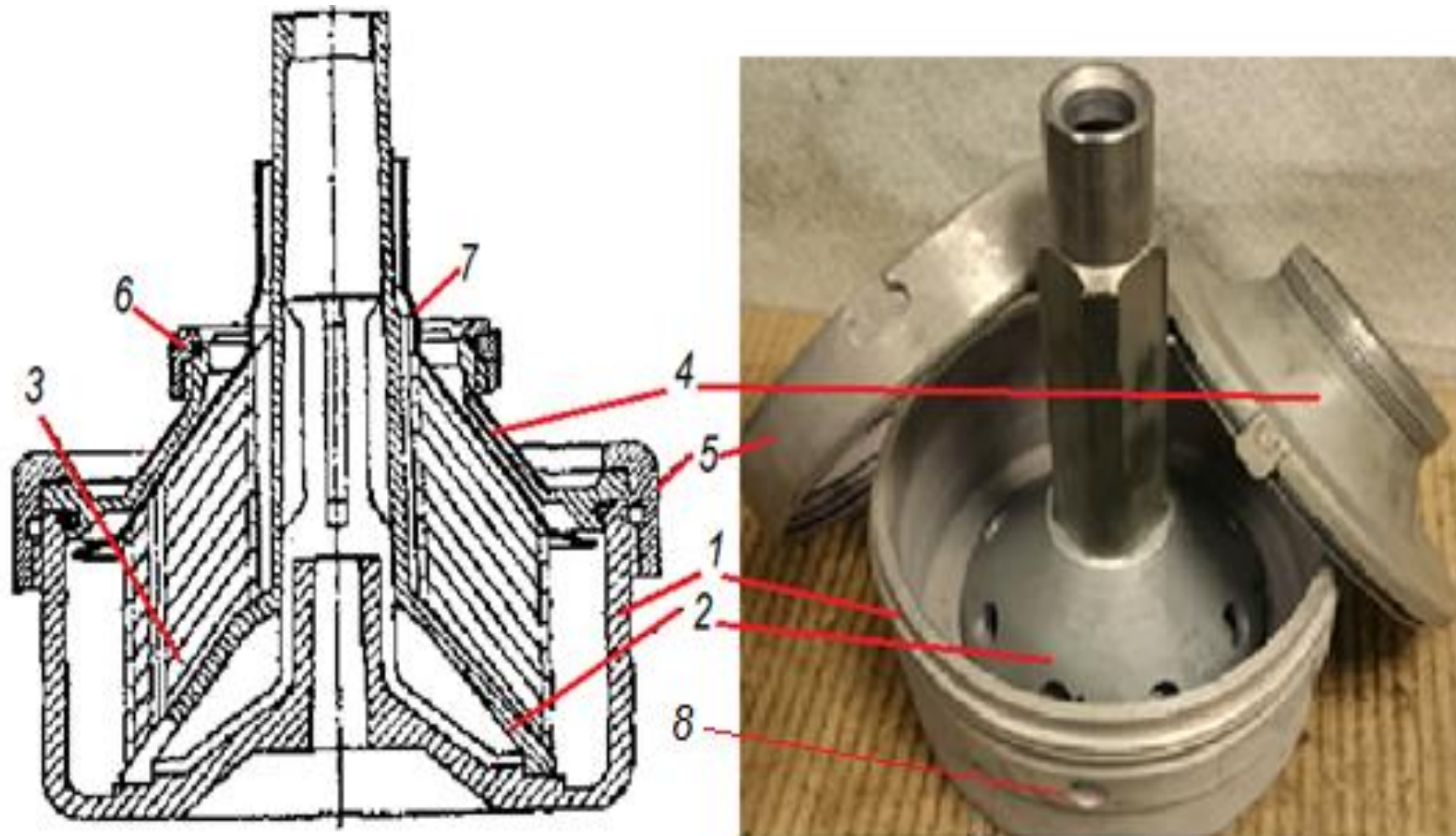


Рис. 2.21. Схема барабана самоочищающегося центробежного сепаратора и фото барабана сепаратора модели СЦ-1,5.
 Обозначения: 1 - корпус-чаша; 2 - тарелкодержатель-распределитель; 3 - пакет конических тарелок; 4 - крышка; 5 – большое стопорное кольцо; 6 – верхнее (малое) стопорное кольцо; 7 – верхняя тарелка с горловиной; 8 - паз под стопорный винт (рис. 2.22. б).

Вариантов конструкций несамочищающихся сепараторов могут быть разные. Для примера на рисунке ниже показаны схемы барабанов таких сепараторов компании Вестфалия моделей ОТА, ОТВ и ОТС (слева направо; в инструкции от компании они названы “non-self-cleaning type: solid wall bowl”).

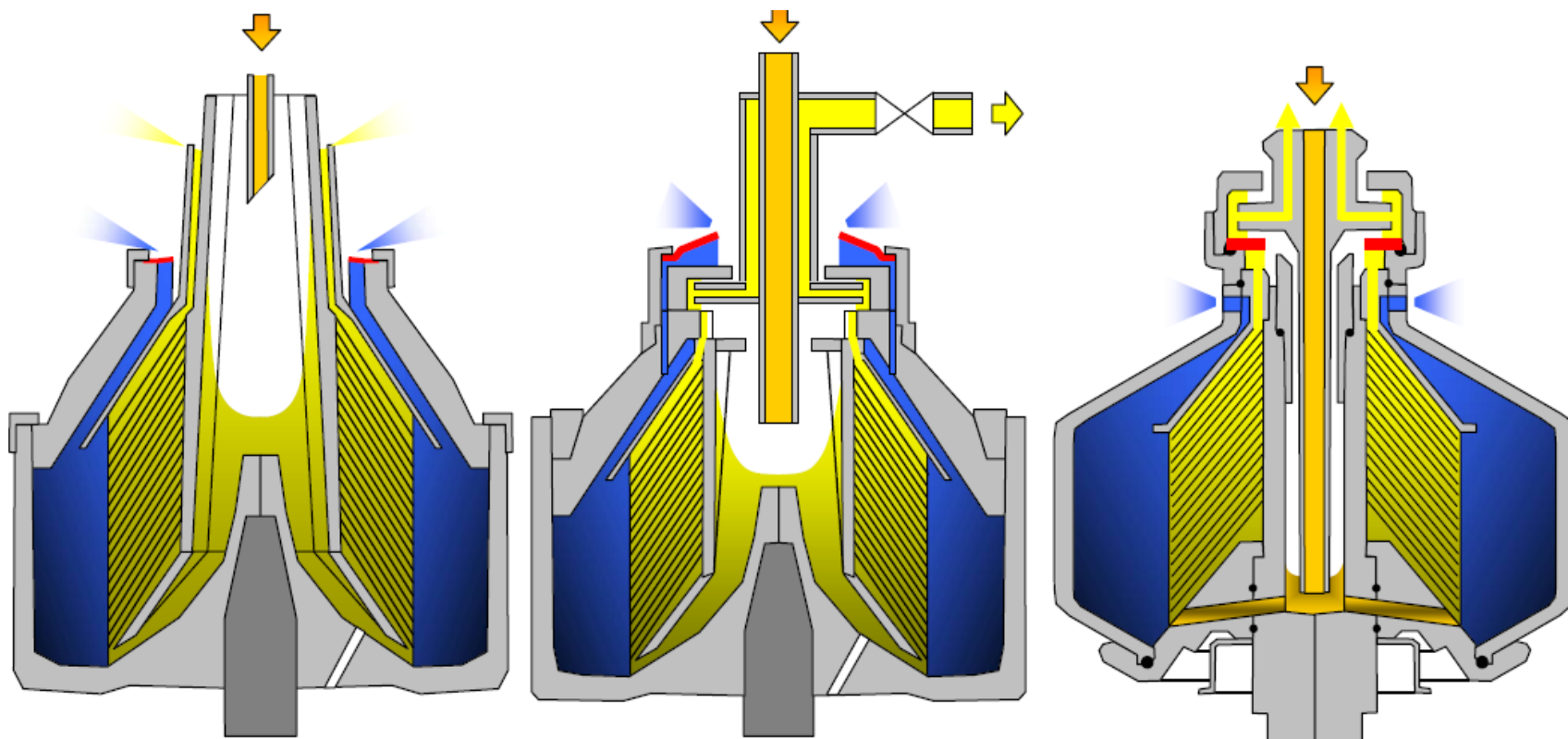


Рис. Варианты барабанов несамочищающихся сепараторов.
Модели GEA-Westfalia OTA. OTV и OTC

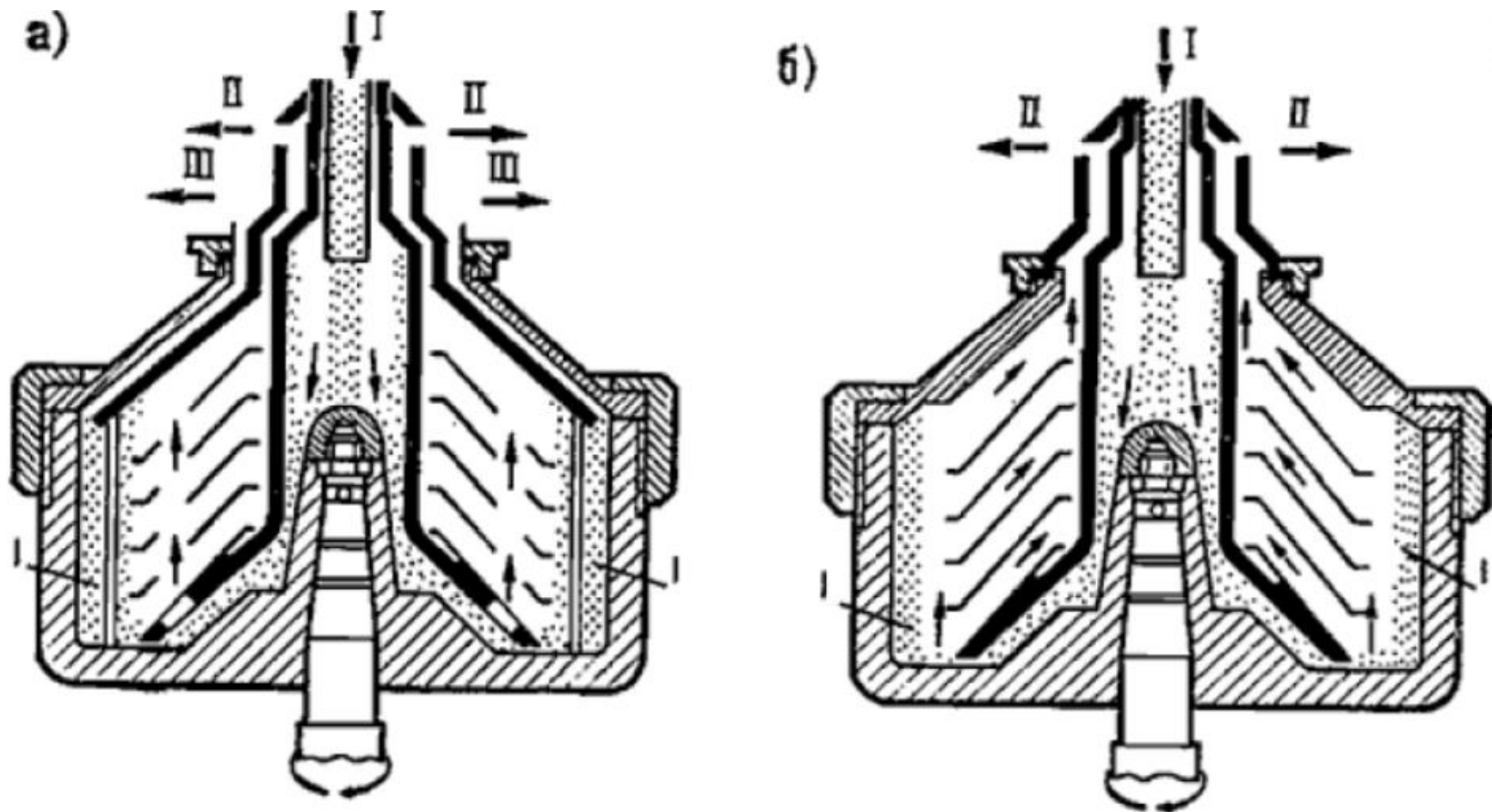
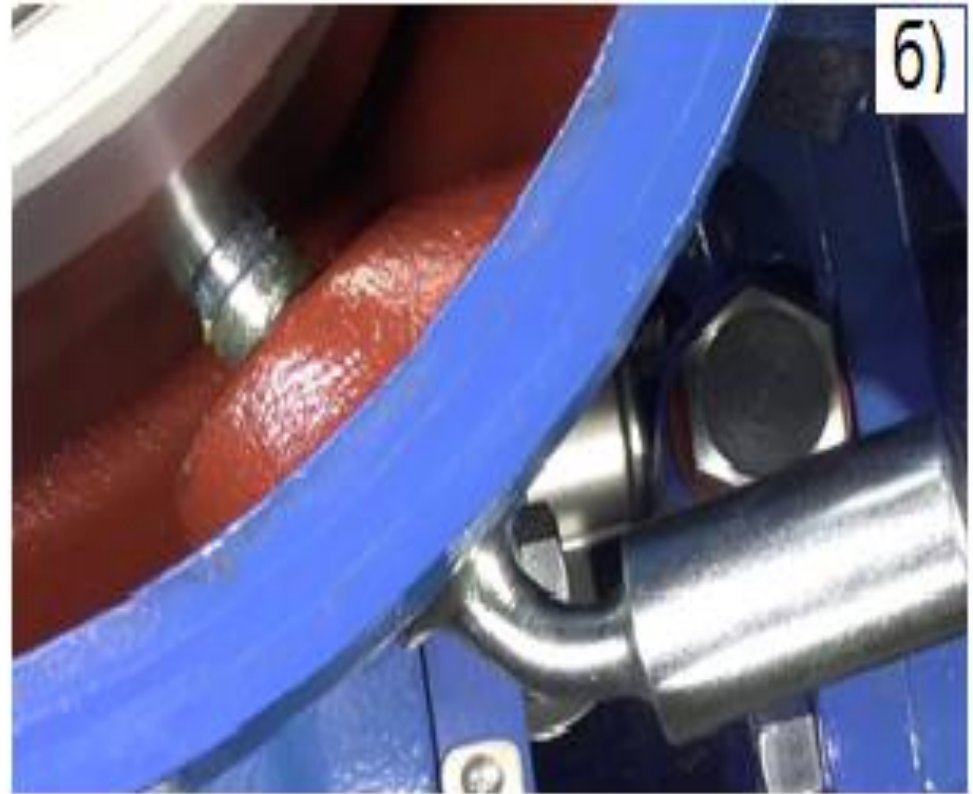


Рис. Устройство и принцип работы барабана несасоочищающегося центробежного сепаратора, собранного по принципу: а - пурификации (очистителя); б - кларификации (осветителя); 1 - слой шлама; I - подача в барабан неочищенного топлива; II - отвод из барабана очищенного топлива; III - отвод из барабана отсепарированной из топлива воды

Барабан находится внутри неподвижного корпуса, который закрыт крышкой-сборником, крепящимся специальными откидными винтами - рис. а)



При разборке исключается возможность вращения барабана с помощью специальных стопорных винтов - рис. б) и пазов на боковой стенке барабана (поз.8 рис.).

Верхняя часть с гравитационной шайбой зажата на крышке барабана малым стопорным кольцом с левой резьбой. Сверху барабан плотно закрыт крышкой, которая затягивается большим стопорным кольцом



Ключ для верхнего
стопорного кольца

Большое
стопорное кольцо



Сверху барабан плотно закрыт крышкой, которая затягивается большим стопорным кольцом под которым расположена верхний диск и тарелкодержатель-распределитель с набором α -дисков



Рис. а) - ключ для демонтажа большого стопорного кольца крышки барабана, б) – демонтаж верхнего диска и в) -демонтаж тарелкодержателя с комплектом тарелок

На дне барабана имеется специальный паз, фиксирующий штифт тарелкодержателя-распределителя, имеющий к тому же специальные пазы своей внутренней стороны, в жестком соединении с корпусом барабана.

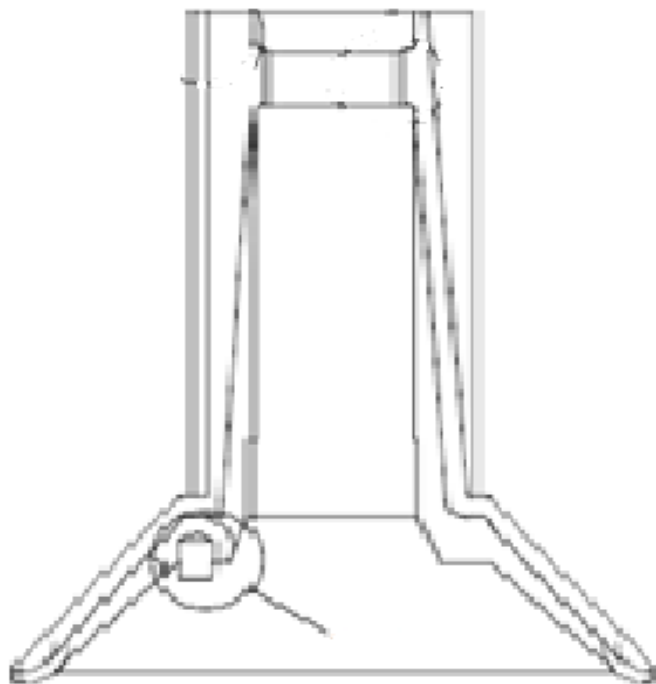
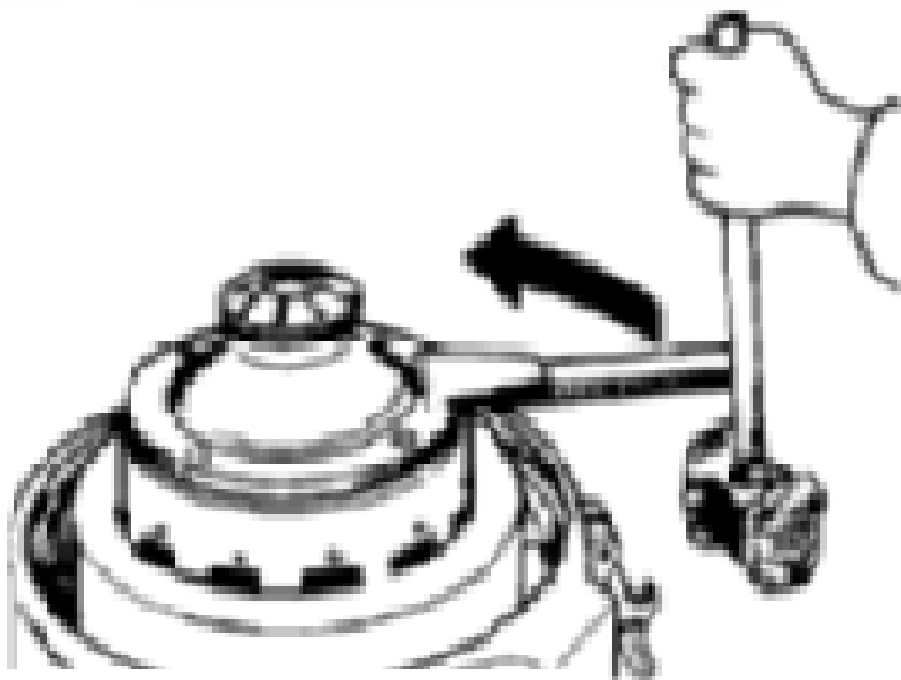


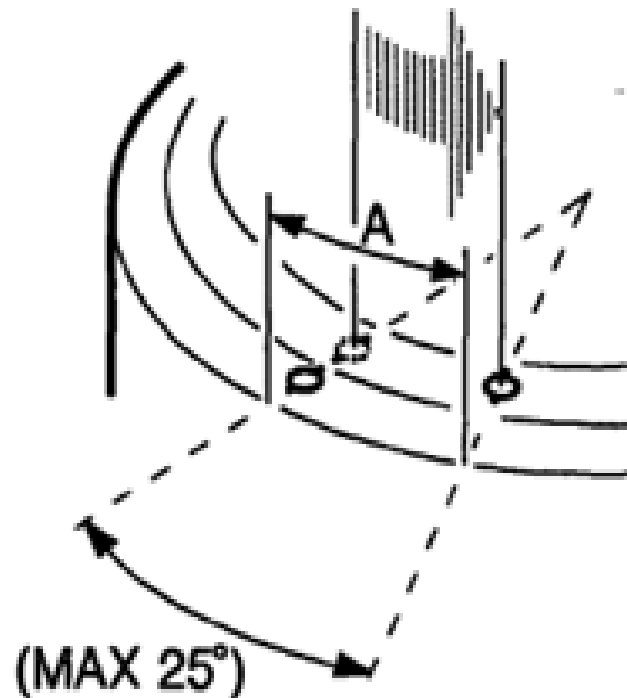
Рис. Штифт тарелкодержателя-распределителя

А верхняя крышка чаши барабана надежно прижимает весь сепарирующий тарелок к распределителю при силовой затяжке верхнего стопорного кольца – большой специальной гайки. Процесс затяга которой до последнего времени всегда выполнялся с помощью специального ударного ключа и кувалды. Затяжка этой гайки идёт до совпадения меток на ней и корпусе. Если наблюдается такой износ резьбы, что несовпадение достигнет более чем (см. рис. ...) на расстояние «А» мм, соответствующее повороту в 25 градусов, то инструкции требуют обязательно обратиться к представителям изготовителя сепаратора. (Для FOPX 613 это будет $A=120\text{mm}$)

а)



б)



Важно отметить, что кратко описанные в этой главе процедуры по разборке-сборке барабанов несамоочищающихся сепараторов имеют место и для самоочищающихся моделей.

Но первые, имея более простую конструкцию барабана и корпуса (станины), т.е. - без дополнительных отводов для сброса шлама, плюс с отсутствием достаточно многочисленных деталей и элементов системы автоматики управления очисткой, - значительно удешевляют всю установку сепарации.

Поэтому они остаются актуальны на небольших судах.

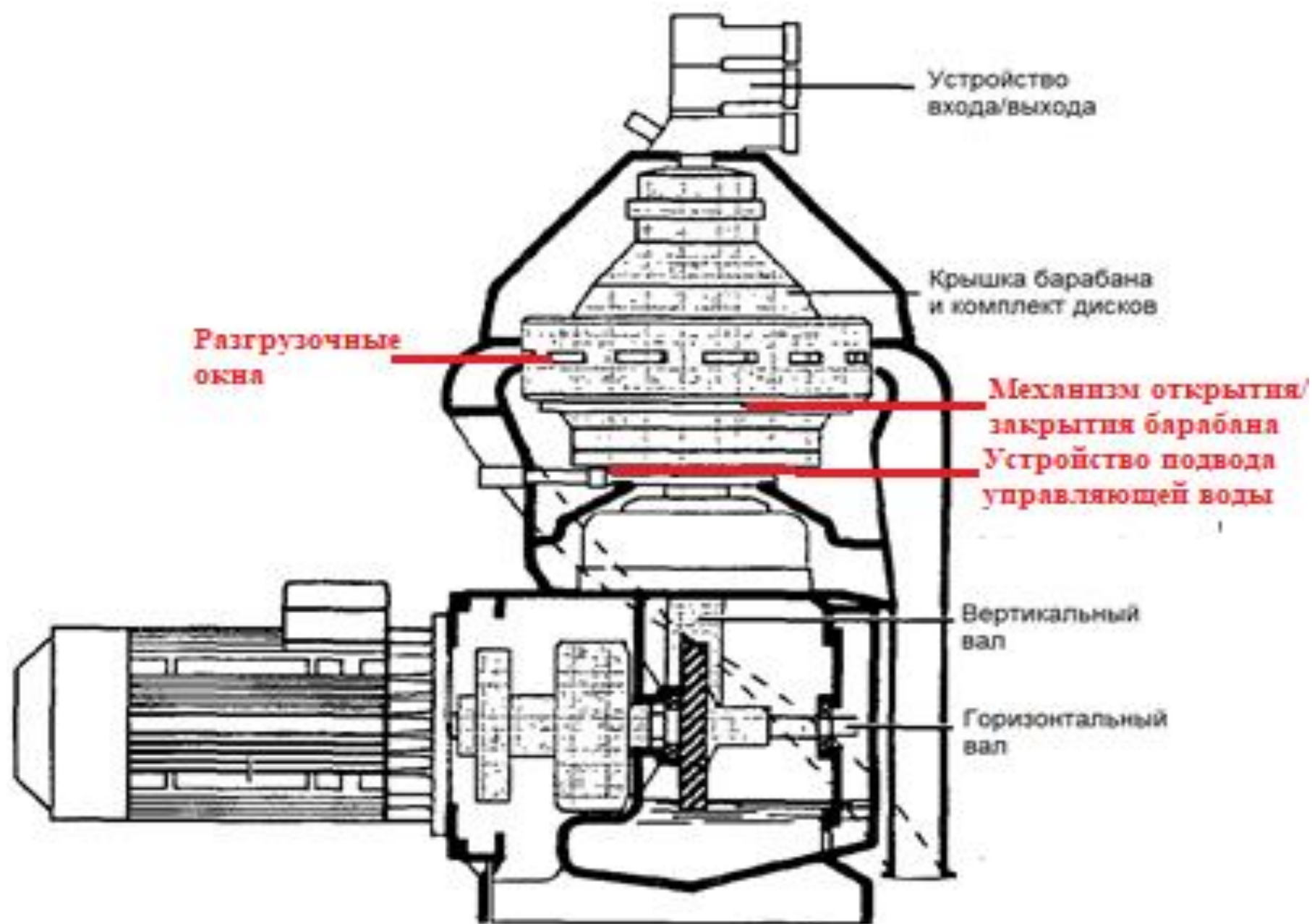
А также на больших паромах в случае, например, небольшого наработка, а значит и топливопотребления, для их стояночных дизель-генераторов.

3.4.2. Особенности конструкции самоочищающихся сепараторов

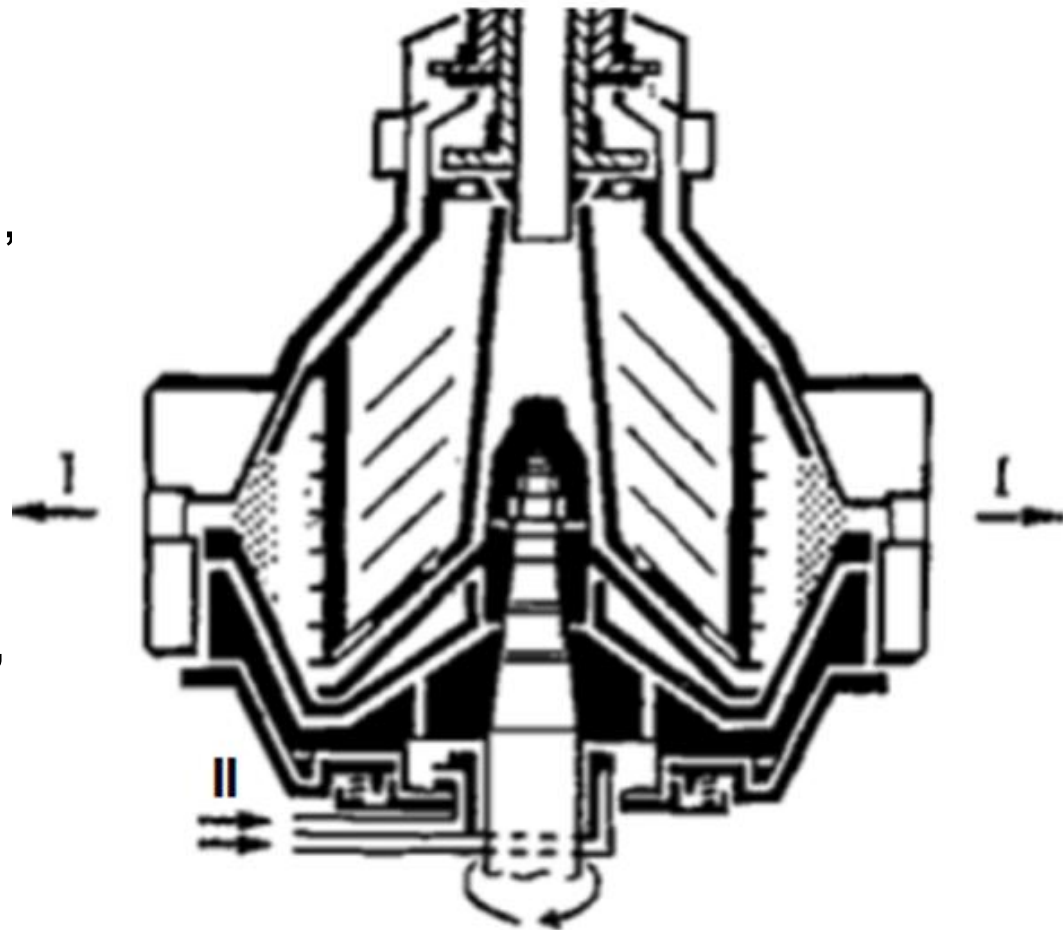
Как можно понять из названия «**самоочищающиеся**» **сепараторы** могут эффективно работать в течение длительного периода, т.к. отсепарированный шлам можно удалять из работающего сепаратора, не останавливая его. В абсолютном большинстве конструкций таких сепараторов образующая цилиндра корпуса барабана имеет ряд отверстий, а внутри него - скользящее или изгибающееся дно, которое своим движением вниз от крышки барабана открывает эти отверстия. Таким образом, основной особенностью конструкции самоочищающихся сепараторов рис. является механизм открытия и закрытия барабана для удаления скопившегося шлама и устройство его управления.

Типичный состав деталей барабана саморазгружающегося сепаратора





Самоочищающиеся сепараторы - рис. 13 - могут эффективно работать в течение длительного периода, т.к. отсепарированный шлам можно удалять из работающего сепаратора, не останавливая его. В абсолютном большинстве конструкций таких сепараторов образующая цилиндра корпуса барабана имеет ряд отверстий, а внутри него - скользящее или изгибающееся дно, которое своим движением вниз от крышки барабана открывает эти отверстия. Таким образом, через определенные промежутки времени, прежде чем скопившийся по периферии барабана шлам начнет отрицательно влиять на процесс сепарации, он выбрасывается наружу. Происходит так называемое «выстреливание» шлама из барабана.



...через определенные промежутки времени, прежде чем скопившийся по периферии барабана шлам начнет отрицательно влиять на процесс сепарации, он выбрасывается наружу. Происходит так называемое «выстреливание» шлама из барабана.

В начале процесса выброса шлама подачу топлива/масла в сепаратор прекращают, а, оставшееся в барабане, удаляют впуском промывочной, «вытесняющей», воды. Другая, «управляющая», вода заполняет т.н. «гидравлическую систему», расположенную в нижней части барабана - выпускные окна открываются, шлам выталкивается через эти окна центробежной силой. Затем под воздействием управляющей воды подвижная часть барабана возвращается в рабочее положение - выпускные окна закрываются. В барабан подается вода для восстановления водяного затвора. После этого возобновляется подача в сепаратор необработанного топлива/масла и процесс сепарации продолжается.

Таким образом весь процесс очистки барабана от шлама можно описать из 6 последовательных пунктов - «действий»:

В начале процесса выброса шлама (**1-е действие**) прекращают подачу топлива/масла в сепаратор; а, оставшееся в барабане некоторое количество топлива/масла, удаляют (**2-е действие**) впуском *промывочной, «вытесняющей» (displacement water)* воды. Тем самым остатки нефтепродукта вытесняются в систему топлива/масла и не будут выгружены просто в шлам. Затем, происходит открытие барабана (**3-е действие**) подачей другой, *«управляющей»* воды, которая заполняет так называемую «гидравлическую систему», расположенную в нижней части барабана, в результате чего подвижное дно сдвигается, а выпускные окна открываются - шлам выталкивается через эти окна центробежной силой. Происходит – очистка, выброс шлама (sludge discharge) часто называемый «выстрел» за сопровождающийся характерный звук. После чего (**4-е действие**) под воздействием управляющей воды, подведенной теперь по другому каналу водораспределительного устройства к другим камерам-полостям, подвижная часть барабана возвращается в рабочее положение и выпускные окна перекрываются. В барабан (**5-е действие**) подается *вода для восстановления водяного затвора (filling water)*. После этого возобновляется подача в сепаратор (**6-е действие**) необработанного топлива/масла и процесс сепарации продолжается.

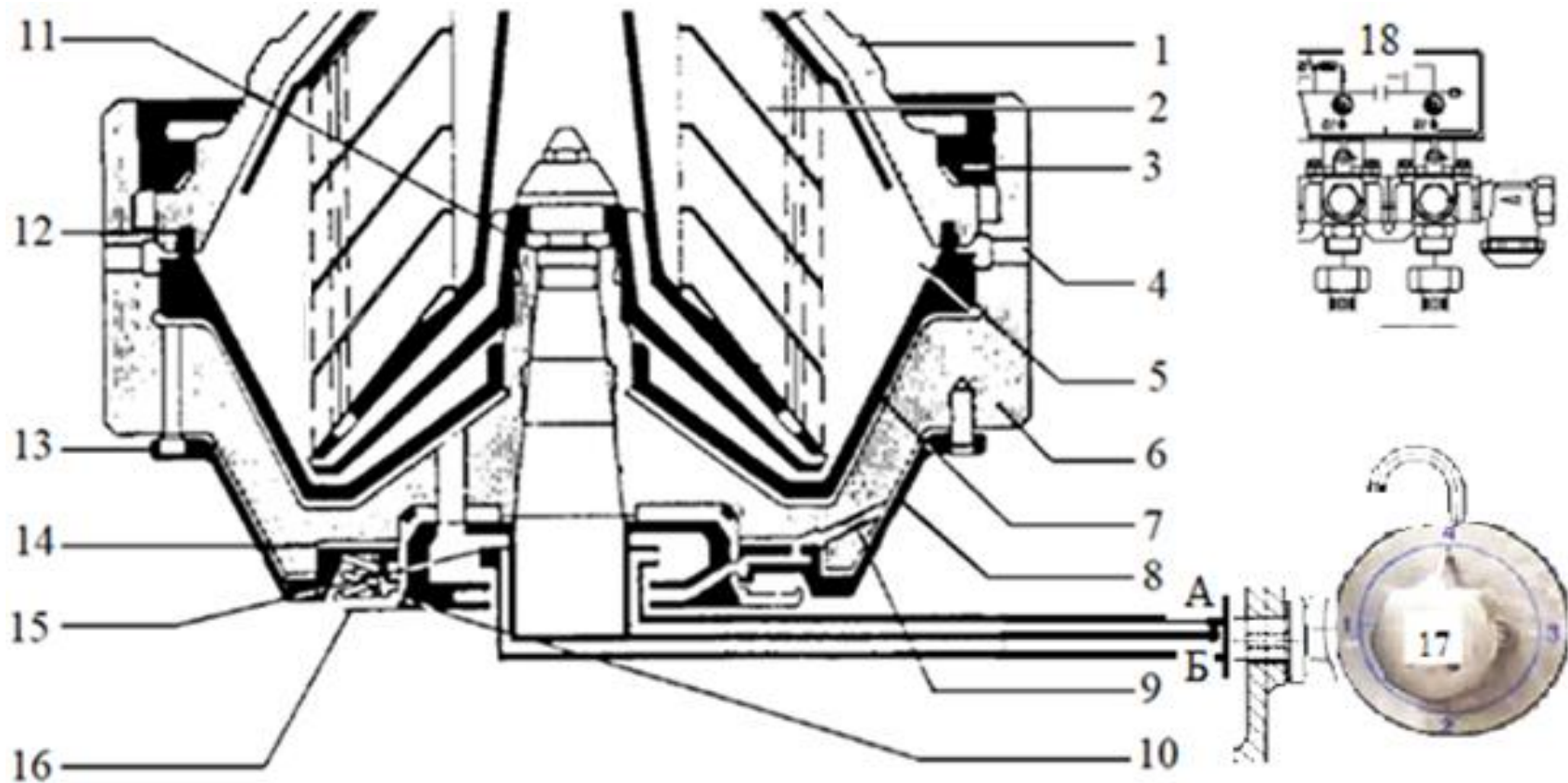
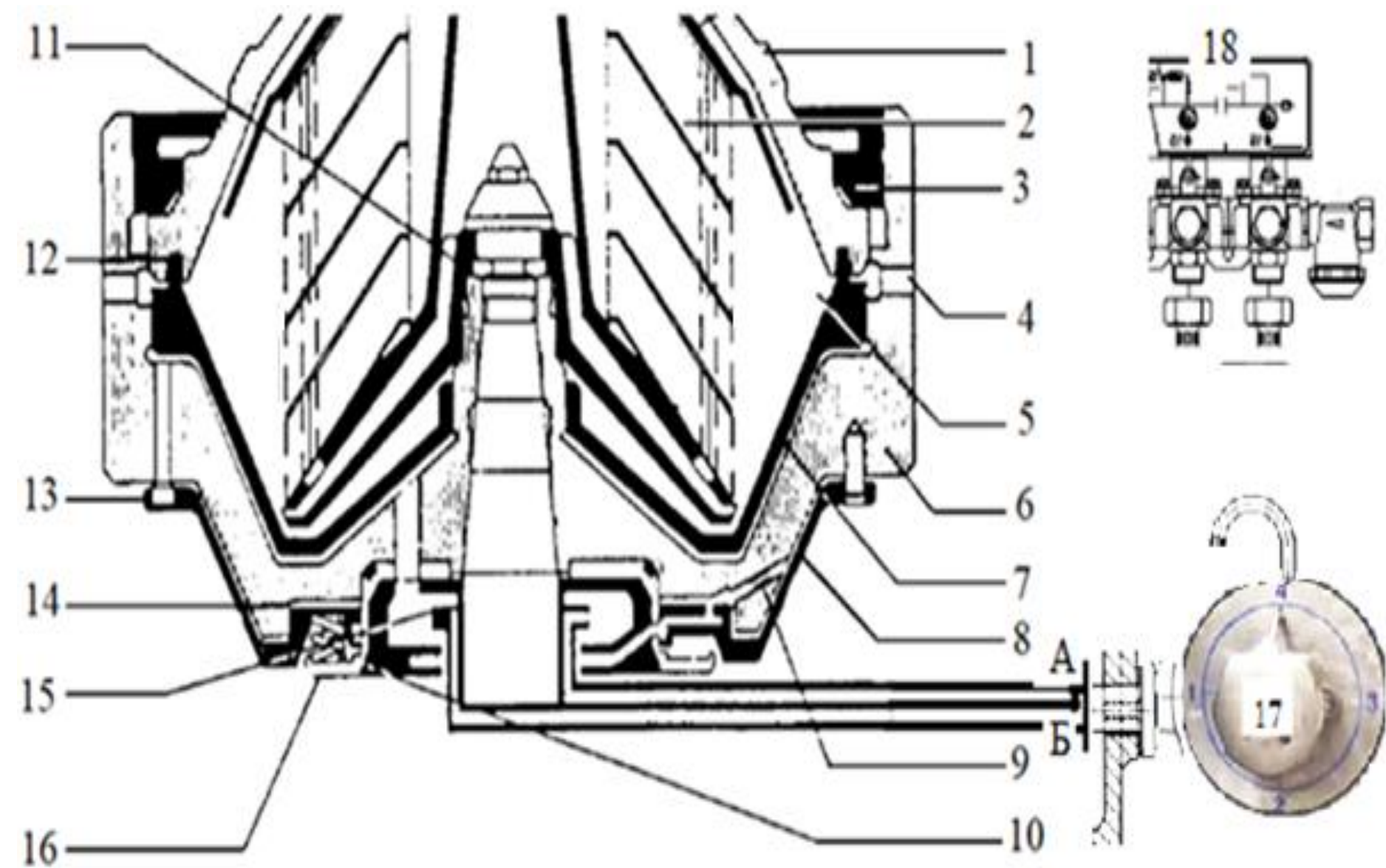


Схема гидроуправления очисткой барабана сепаратора МОРХ:

- | | |
|---|---|
| 1 – крышка барабана (bowl hood); | 11 – конус тарелкодержателя (distributing cone); |
| 2 – комплект тарелок (bowl disc stack); | 12 – уплотнительное кольцо крышки барабана (bowl hood seal ring); |
| 3 – большая стопорная гайка (large lock ring); | 13 – клапан-пробка дренажного канала (drain valve plug); |
| 4 – разгрузочные пазы (sludge ports); | 14 – камера открытия (opening chamber); |
| 5 – место скопления шлама (sludge space); | 15 – напорный диск (control paring disc); |
| 6 – корпус-чаша барабана (bowl body); | 16 – пружинное кольцо (spring support); |
| 7 – подвижное дно-поршень барабана (sliding bowl bottom); | 17 – клапан ручного управления |
| 8 – управляющее кольцо-толкатель (operating slide);; | с вестовой трубкой о закрытии барабана |
| 9 – сопло, калиброванное отверстие (nozzle); | 18 – клапана автоматического управления; |
| 10 – пружины, 6 шт. (springs); | |

А – вода на открытие,

Б – вода на закрытие барабана.



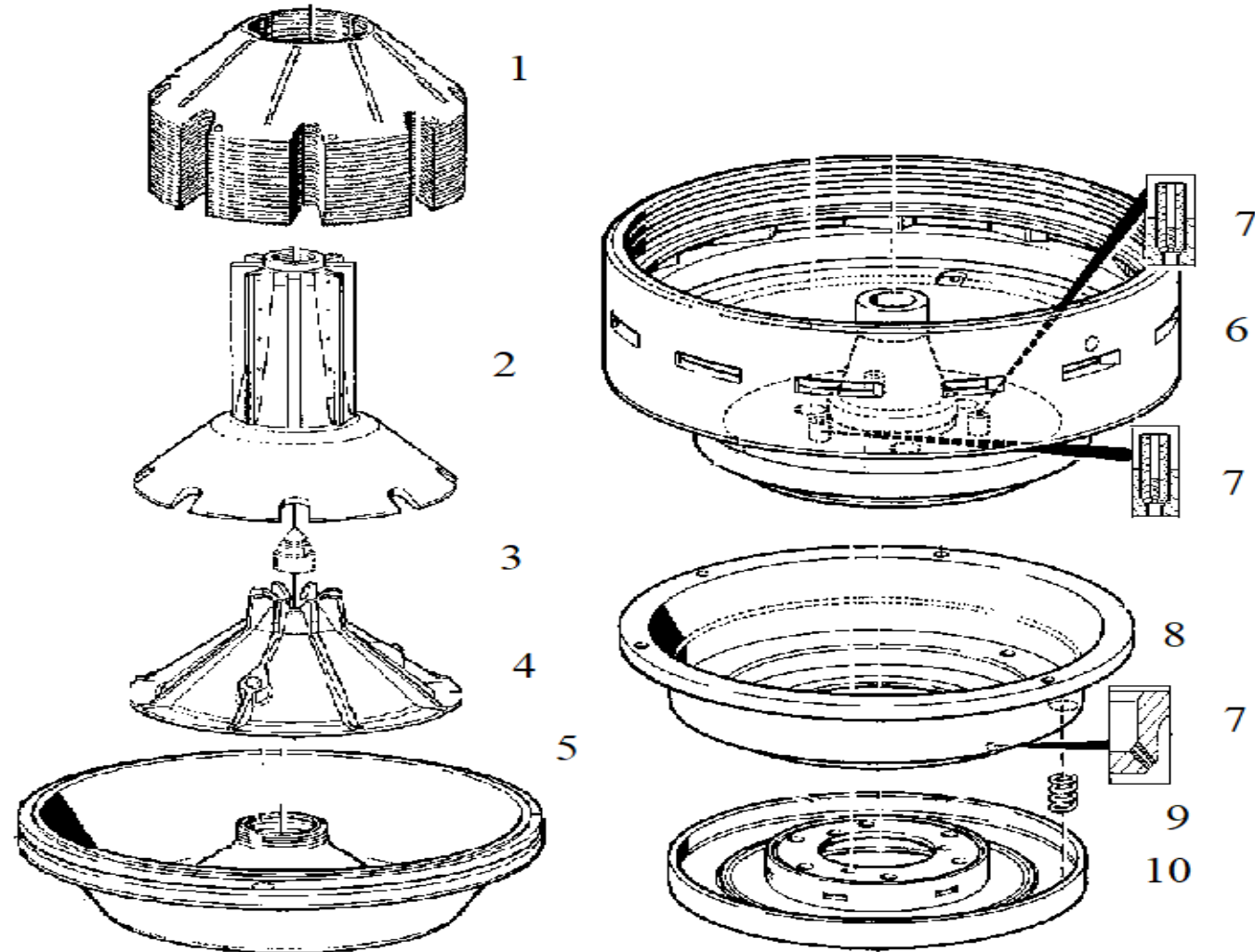
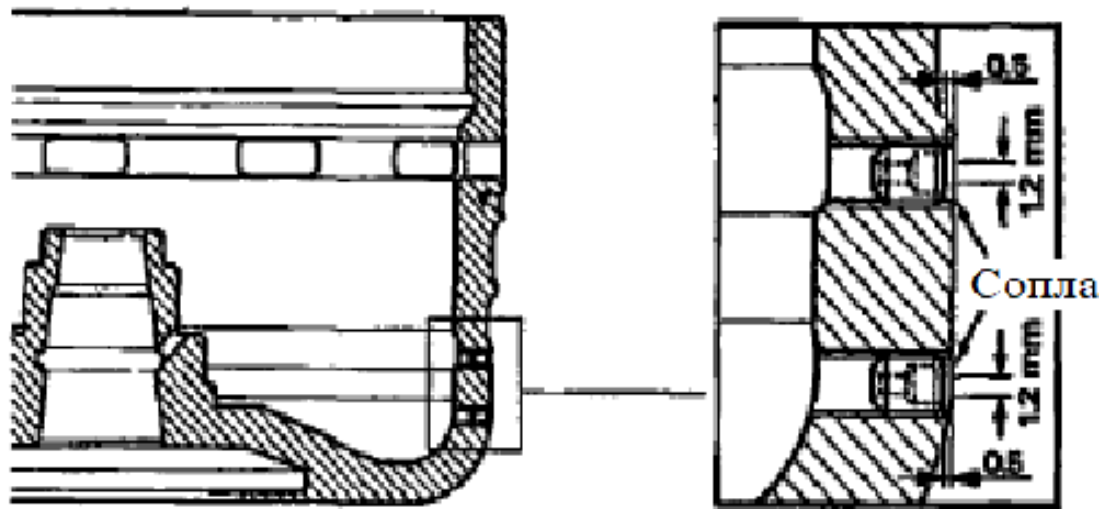


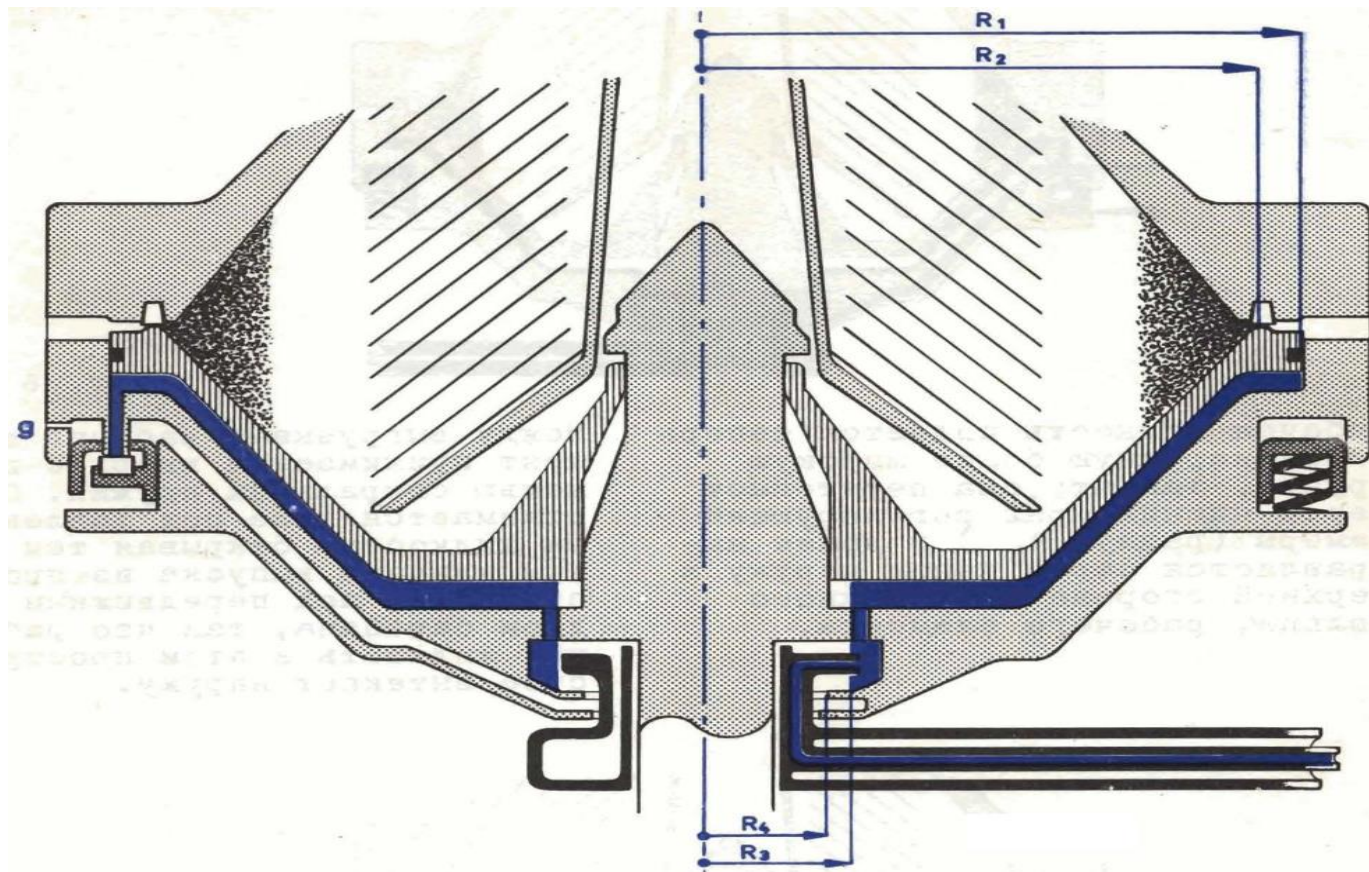
Рис. 2.28. Детали барабана сепаратора МОРХ: 1 – комплект дисков;
 2 – тарелкодержатель-распределитель;
 3 – гайка крепежа барабана на вертикальном валу;
 4 – конус распределителя; 5 – подвижное дно барабана;
 6 – корпус барабана; 7 – сопла-дюзы;
 8 – управляющее кольцо 9 – пружины;
 10 – кольцо-опора пружин

Существуют разные «гидравлические системы» управления самоочисткой сепаратора, а также разные конструкции подвижного дна барабана. Для их подробного описания изданы сопроводительные инструкции к каждой модели. Но во всех случаях *используется **центробежный эффект**, многократно увеличивающий усилия на открытие и закрытие разгрузочных окон барабана, причем при проектировании точно рассчитывается радиус расположения камер подачи воды управляющей воды для создания нужного давления в их рабочих полостях, а также расположение и размер сверлений-сопел (дюз) в корпусе деталей.*

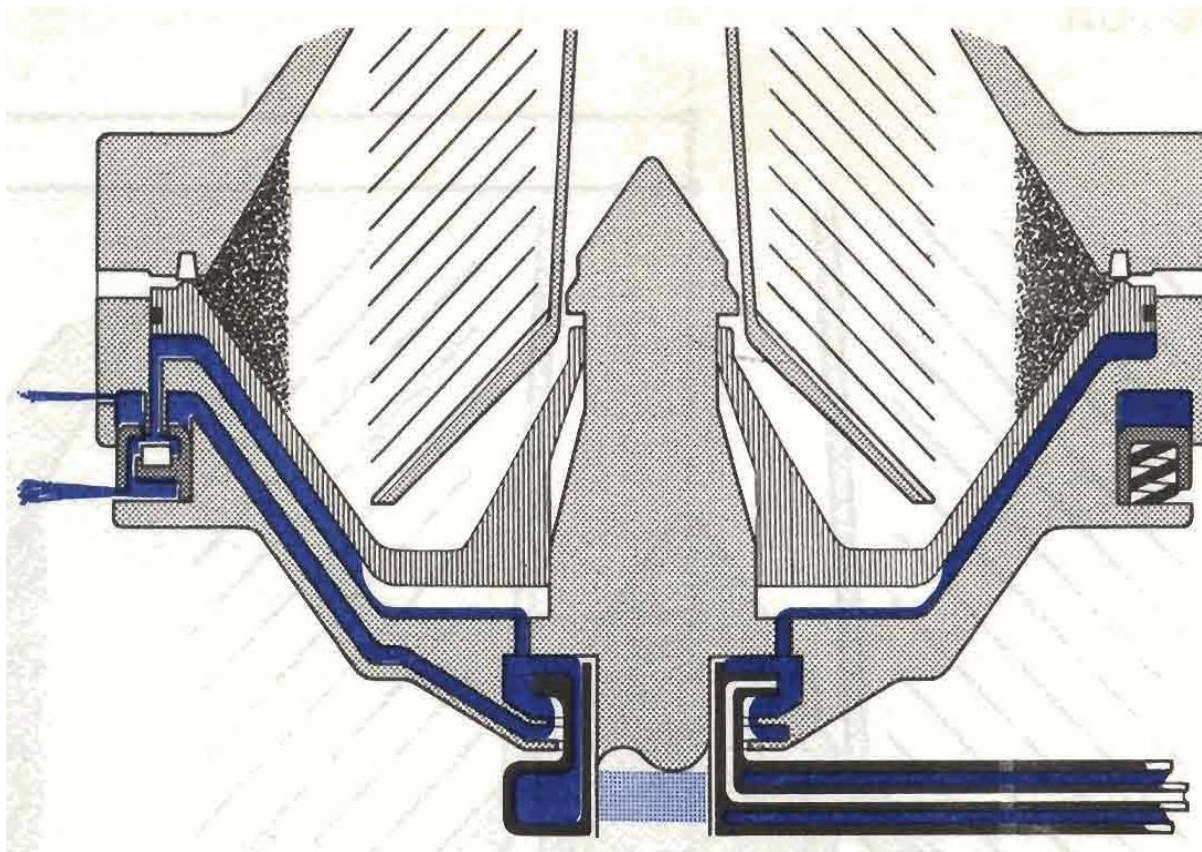


Сопла-дюзы для работы системы гидроразгрузки в барабане сепаратора ММРХ

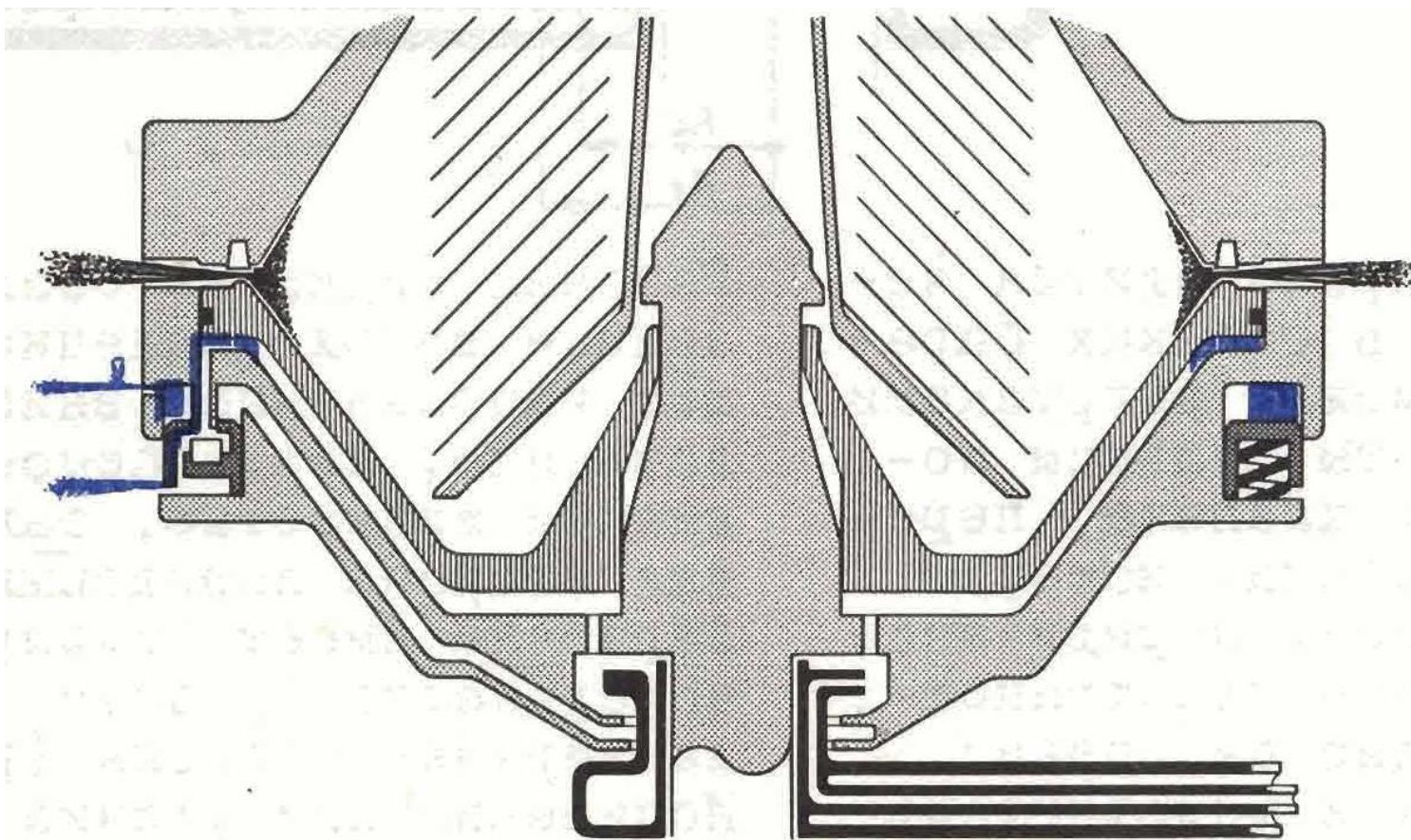
Основной принцип действия механизма открытия-закрытия окон удаления шлама из барабана, присущий моделям фирмы «Альфа-Лаваль», приведен на рис. 2.29 – 2.33



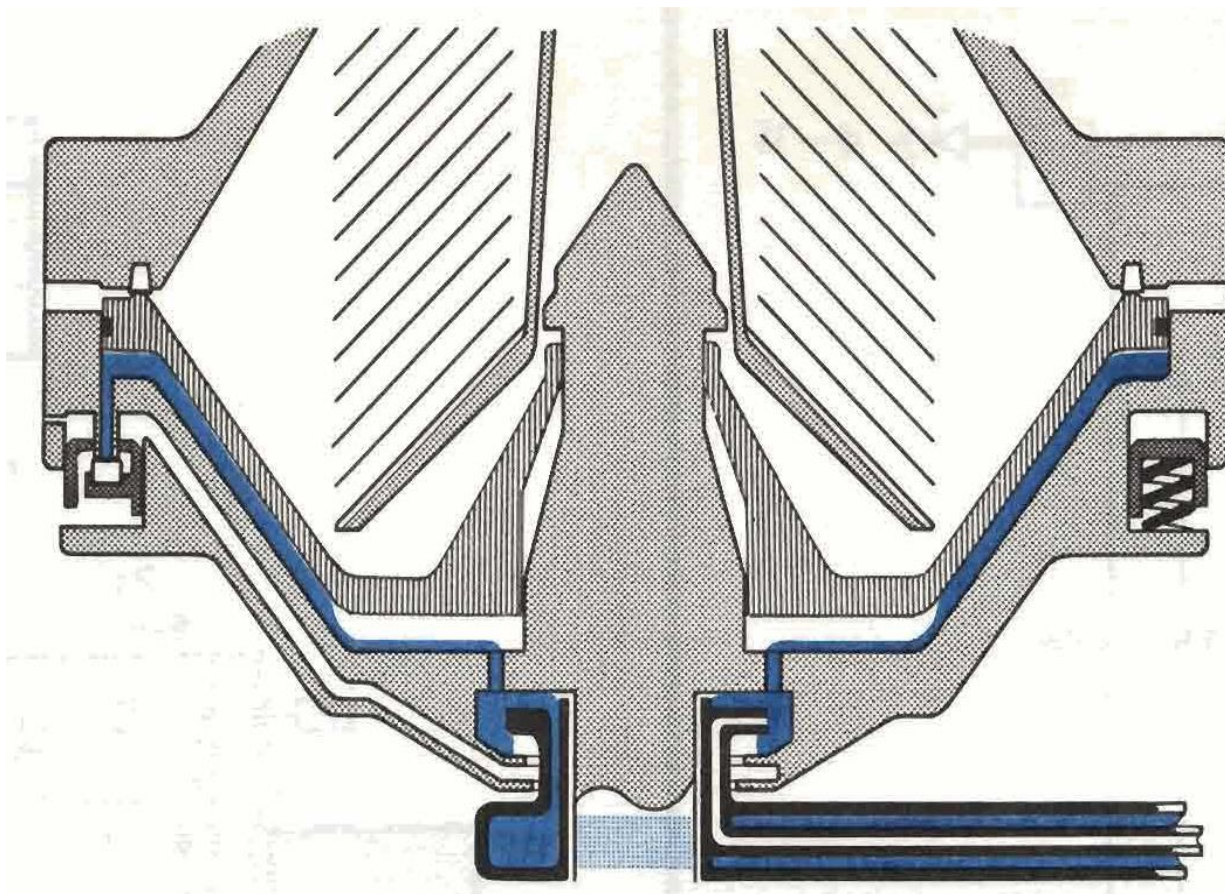
В период между выгрузкой шлама (рис.), нижнее подвижное дно барабана прижимается вверх к уплотнительному кольцу крышки барабана давлением жидкости действующим на его нижнюю поверхность. Это давление образуется под действием центробежной силы и усиливается по мере увеличения радиуса вращения. Оно превышает направленное вниз противодействие, создаваемое очищаемой жидкостью, так как нижняя сторона передвигного дна барабана имеет большую нажимную поверхность (радиус R_1), чем его верхняя стороны (радиус R_2). Испарение или утечка рабочей жидкости непрерывно компенсируются. Это осуществляется с помощью распределительного приспособления (распределительного кольца управляющей воды) под днищем барабана, которое поддерживает постоянный горизонтальный уровень (радиус R_3) под барабаном и подобно нагнетательному эффекту нейтрализует статическое давление подачи.



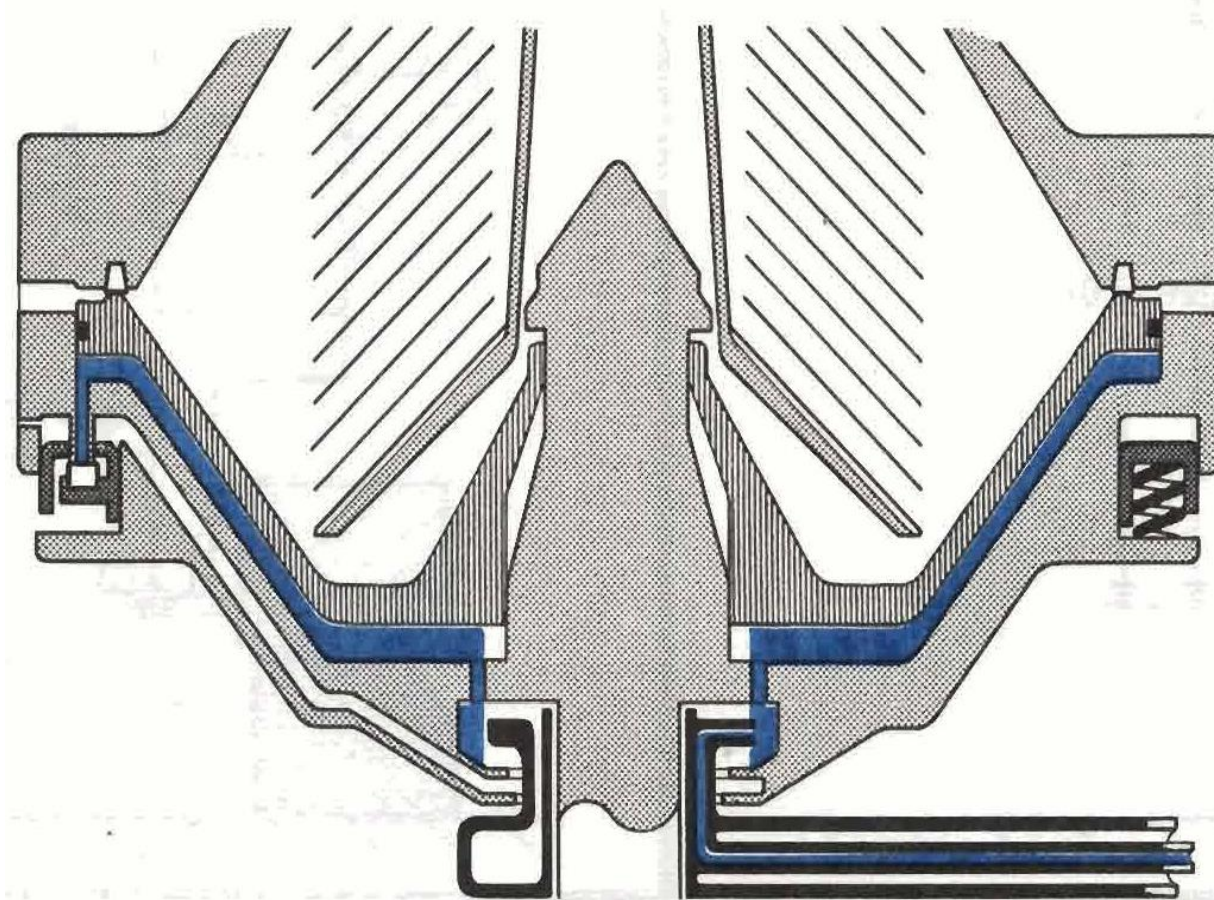
Перед открытием барабана - рабочая жидкость подается через наружную более широкую трубку, так что она перетекает через нижний край регулирующей камеры (радиус R_4) и далее направляется через канал наружу к верхней стороне подвижного кольца рабочего элемента. До выгрузки рабочий элемент прижимается вверх с помощью спиральных пружин. А теперь он отжимается вниз под давлением жидкости, открывая тем самым клапана выпуска из пространства под подвижным дном барабана, так что рабочая жидкость в этом пространстве вытекает наружу.



Когда давление, оказываемое рабочей жидкостью на нижнюю сторону передвигного дна барабана, становится меньше давления очищаемой среды на верхнюю сторону - дно отжимается вниз, открывая выгрузку шлама через отверстия в стенках барабана. Рабочая жидкость на верхней стороне рабочего элемента вытекает через сопло (g). Это сопло всегда открыто, но оно настолько мало, что вытекающий поток незначителен с быстрым притоком согласно рис. ...



Спиральные пружины снова прижимают рабочий элемент верх, отсекая таким образом выпускные клапана от пространства под передвижным дном барабана. Рабочая жидкость подается по наружной трубке, но только в количестве, достаточном для протекания под подвижным дном барабана, и прижимает последнее вверх так, что барабан закрывается.



Наружный более широкий впуск теперь закрывается, в то время как внутренний, более узкий, открыт для поддержания камеры заполненной. Регулирующее устройство компенсирует статическое давление от подачи очищаемой жидкости - цикл выгрузки шлама завершён.

Рассмотренный механизм имеет разные варианты конструкций у разных фирм производителей, однако основной принцип управления удалением шлама одинаков.

Следует отметить, что на вышерассмотренных рисунках (2.29. – 2.33.) не описываются следующие обязательные пункты-действия: 1) предваряющее разгрузку – то есть закрытие подачи нефтепродукта и вытеснение его остатков («displacement water») и 2) действие до подачи топлива в сепаратор после разгрузки для созданию водяного затвора («filling water»). Причем, у кларификатора 2-е действие не требуется..

Особенности сепараторов Мицубиси

Подразделение фирмы Мицубиси (“Mitsubishi kakoki kaisha Ltd”) начало выпускать сепараторы с 1942 года, а её южнокорейский лицензиат фирма Самгонг (“Samgong Co.,Ltd”) с 1988 года и уже поставили мировым потребителям свыше 90 000 установок. До последнего времени более 70% мирового флота СПГ строилось в Корее и снабжалось этими сепараторами.

С 2012 года по настоящее время фирма Mitsubishi Kakoki Kaisha предлагает сепараторы Mitsubishi Selfjector Hercules. На рис.2.34. по-следняя (2024) версия SJ-H.

По конструкции барабана сепараторы Мицубиси являются сепараторами с тарельчатыми барабанами, и при наличии в стенках барабана окон для выгрузки шлама – являются саморазгружающимися сепараторами.

Общей для всех судовых тарельчатых сепараторов фир-мы Мицубиси является принципиально одинаковая шестеренчатая кинематическая схема.

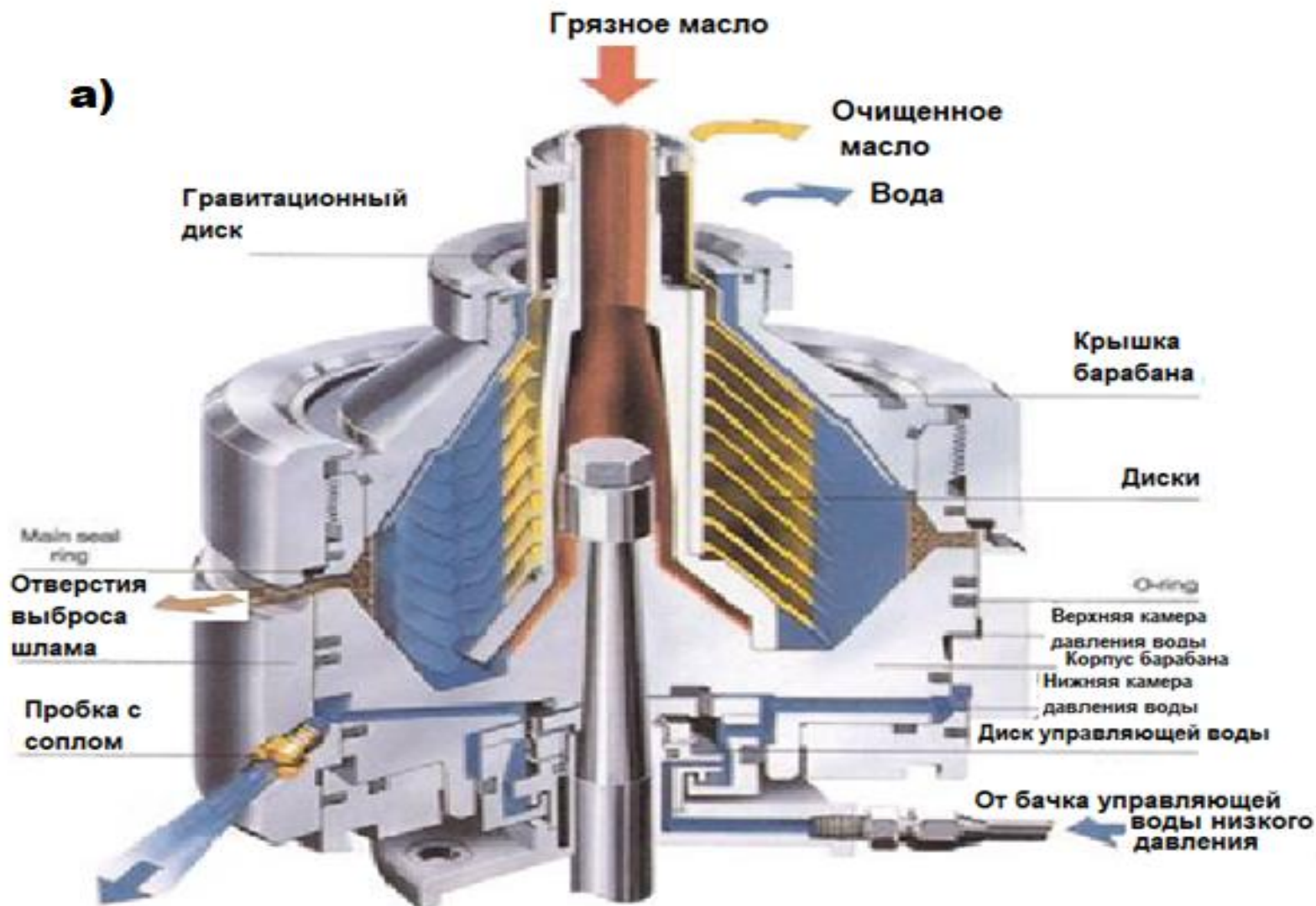


Cenapatop Mitsubishi SelfJector Hercules (SJ-H)

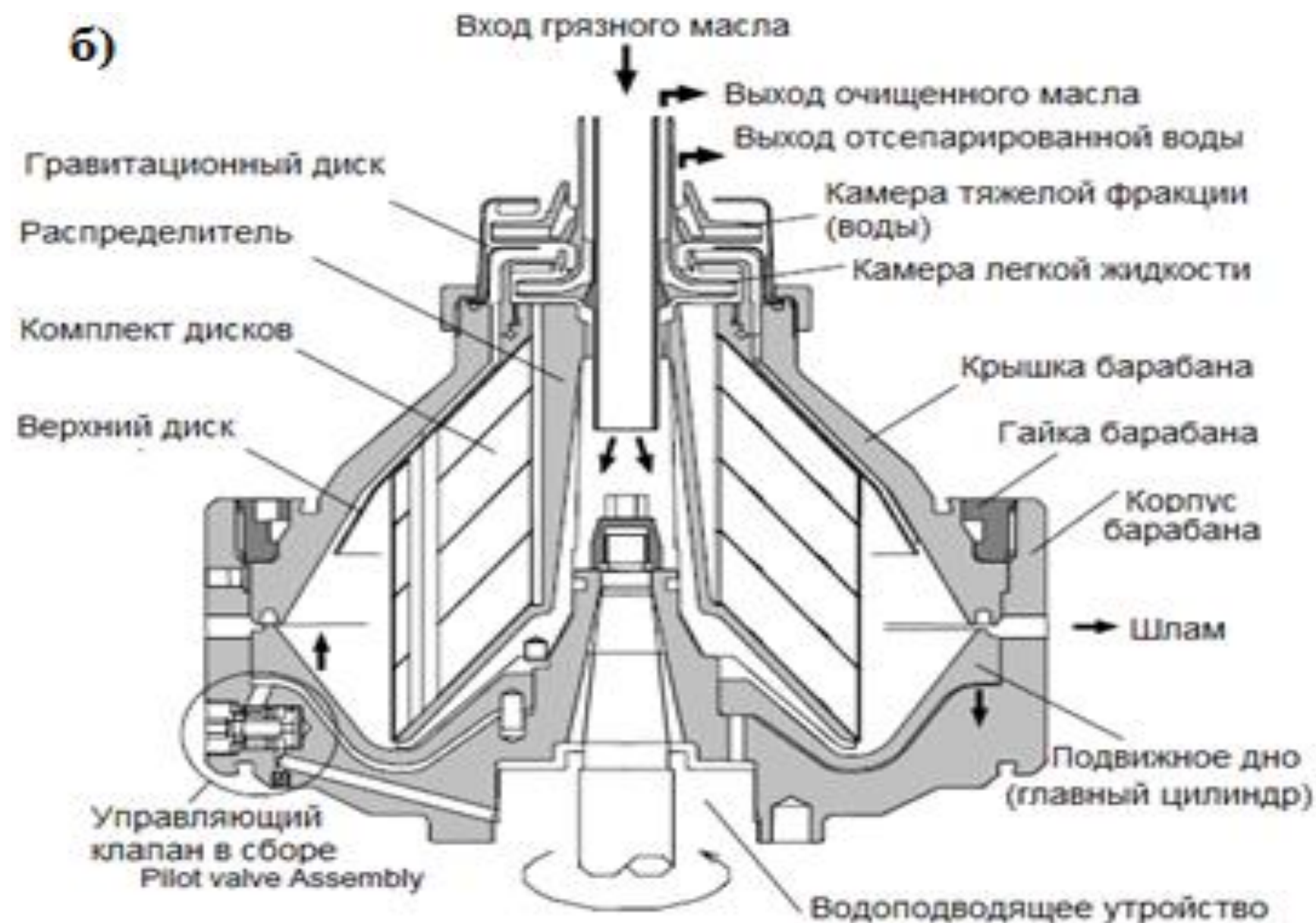
Фирма подчеркивает следующие особенности своих моделей:

- - в стандартной комплектации установлен подающий шестеренчатый насос.
- - Центростремительный насос с более высоким давлением нагнетания (напор 25 м) позволяет использовать агрегат для больших судов.
- - Во вращающемся барабане используется хорошо зарекомендовавший себя и очень надежный метод пилотного клапана.
- - Пилотный клапан регулирует полный / частичный сброс шлама.
- - Суперчастичный сброс шлама (опция) минимизирует потери жидкости при разгрузке.
- - Панель монитора с несколькими дисплеями, отображающая скорость потока масла, давление нагнетания, температуру потока, обнаружение утечек. (Примечание: не отображает значение содержания воды).
- - В дополнение к стандартному типу предлагаются системы H-HIDENS или SUPER HIDENS (опция) для переработки низкосортных мазутов (Примечание: система очистки низкосортных мазутов с плотностью до 1,01 @15°C. В отличие от традиционного метода прямого измерения содержания воды в очищенном масле, очиститель H-HIDENS способен обнаружить воду в масле, скопившемся в барабане очистителя, и тем самым предотвратить смешивание воды с очищенным маслом.).
- - Компактная конструкция требует меньше места для установки.
- - Виброзащищённый дизайн увеличивает срок службы сепаратора.

Рассмотрим конструкцию механизма открытия окон выгрузки загрязнений у сепараторов **Mitsubishi**, заметно отличающуюся от вышеописанной у Альфа-Лаваль. На рис. 2.35. а), б) и в) изображены рисунок и схема барабана, а также устройства подвода управляющей воды сепаратора



6)



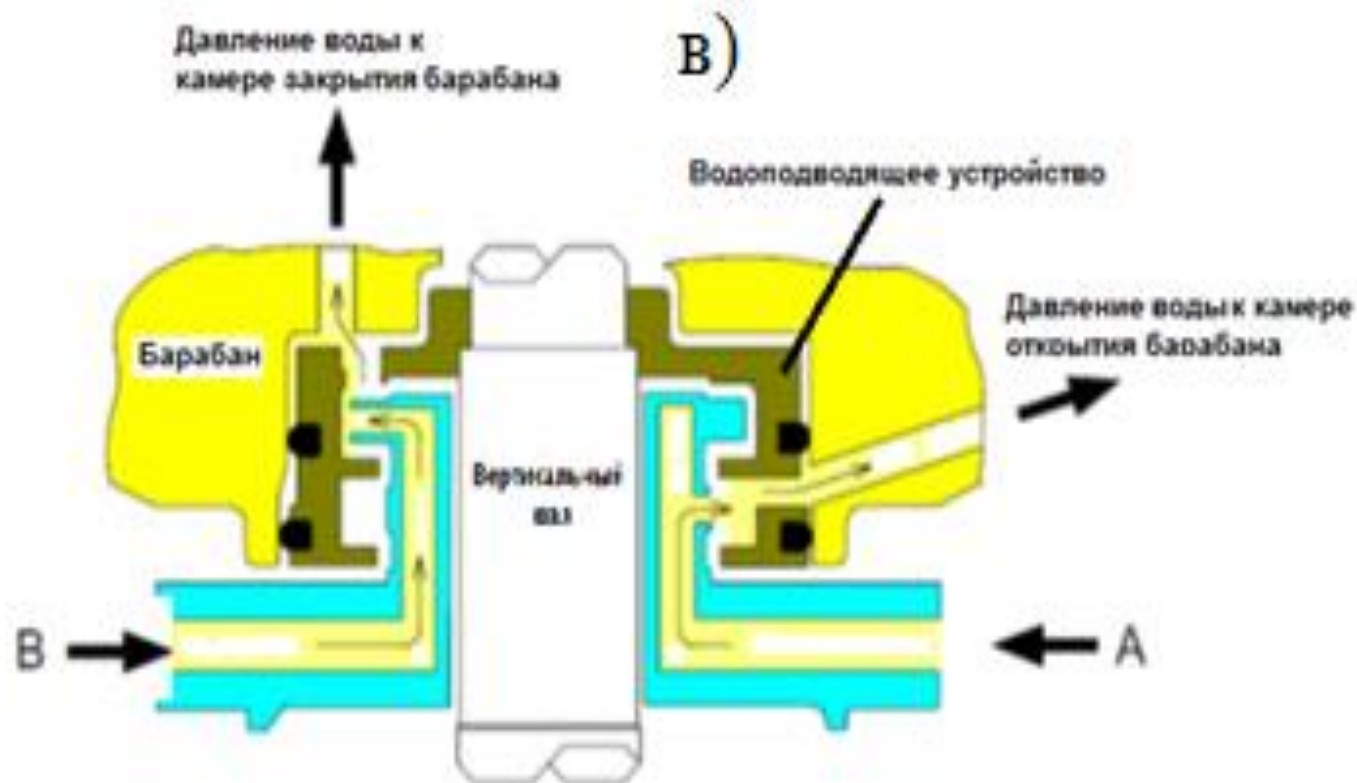


Рис. 2.35. Рисунок а),
 схема барабана б) и
 схема работы устройства подвода управляющей
 воды в)
 самоочищающегося сепаратора Mitsubishi моделей
 SJ

Описание процесса выгрузки шлама у
сепаратора Мицубиси SJ - см. Пособие!

Вышерассмотренные рисунки для лучшей обзорности основных деталей приведены без указания многочисленных уплотнений, которые очень важны для корректной работы системы самоочистки и потому их состояние требует регулярного внимания. На рис. , схематично изображающем нижнюю часть барабана сепаратора ГЕА-Вестфалия OSE 5-91-037, где виден как принцип конструкции механизма выгрузки шлама, так и представлены и названы его уплотнения

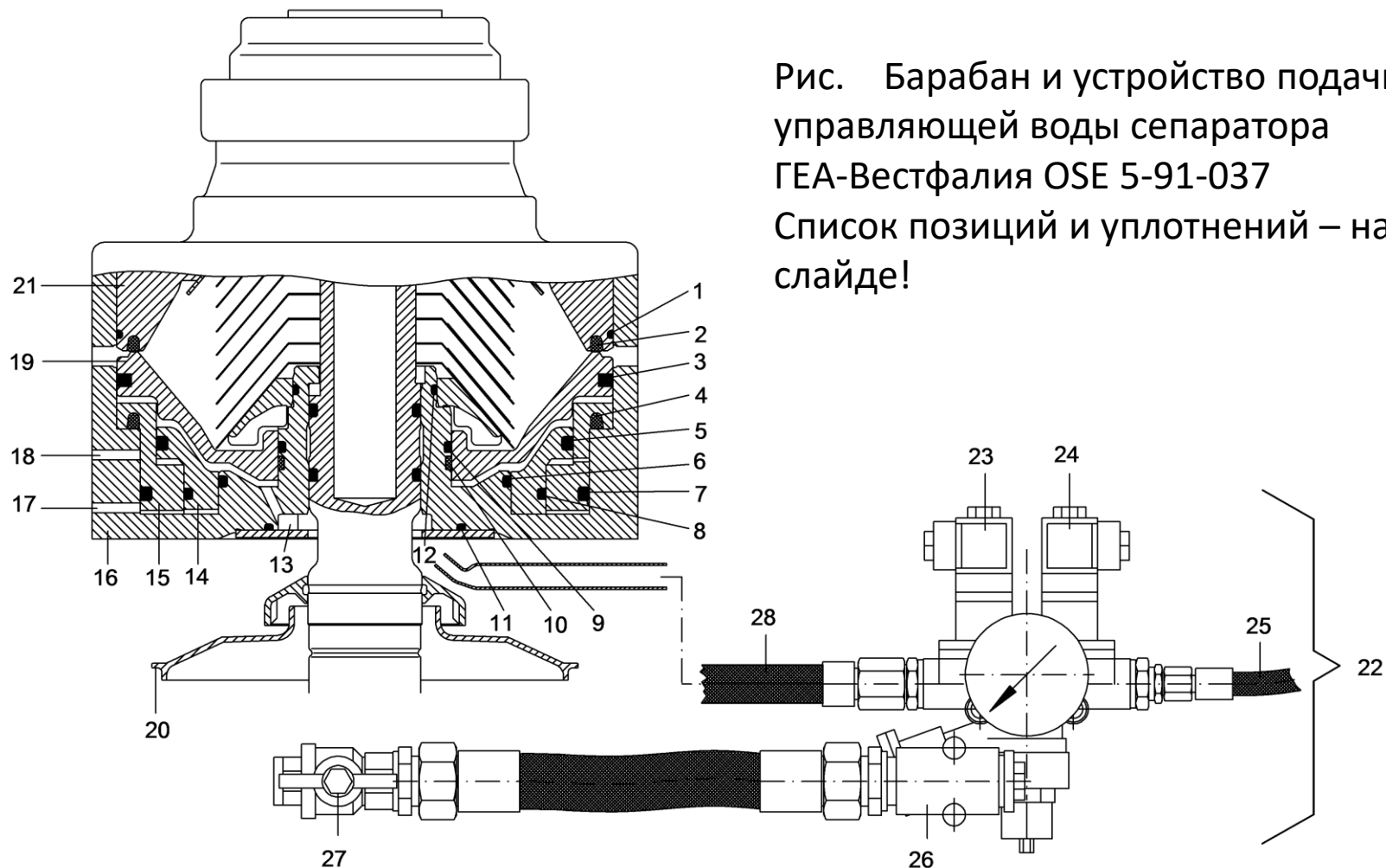


Рис. Барабан и устройство подачи управляющей воды сепаратора ГЕА-Вестфалия OSE 5-91-037

Список позиций и уплотнений – на след. слайде!

Рис. Барабан и устройство подачи управляющей воды
сепаратора ГЕА-Вестфалия OSE 5-91-037

1 Уплотнит. кольцо (крышка барабана). 2 Уплотнит. кольцо (крышка барабана). 3 Уплотнит. кольцо (золотник). 4 Уплотнит. кольцо (кольцевой поршень). 5 Уплотнит. кольцо (основание закрыв. камеры). 6 Уплотнит. кольцо (нижняя часть бараб.). 7 Уплотнит. кольцо (кольцевой поршень). 8 Уплотнит. кольца (основание закрыв. камеры). 9 Уплотнит. кольцо (нижняя часть бараб.). 10 Направляющее кольцо золотника (нижняя часть барабана). 11 Уплотнит. кольцо (нижняя часть бараб.). 12 Уплотнит. кольцо (нижняя часть бараб.). 13 Полость-камера нагнетания (инъекции). 14 Основание закрывающей камеры. 15 Кольцевой поршень. 16 Нижняя часть барабана. 17 Выпускное отверстие - Дюза. 18 Выпускное отверстие - Дюза. 19 Подвижное дно - Золотник. 20 Устройство подачи управляющей воды. 21 Крышка барабана. 22 Блок электромагнитных клапанов. 23 Электромагнитный клапан для управляющей воды. 24 Электромагн. клапан для наполняющей и вытесняющей воды. 25 Трубопровод наполн. и вытесн. воды. 26 Улавливатель загрязнений. 27 Запорный кран. 28 Трубопровод управляющей воды.

3.4.4. Сепараторы соплового типа.

Сепараторы фирмы Шарплес

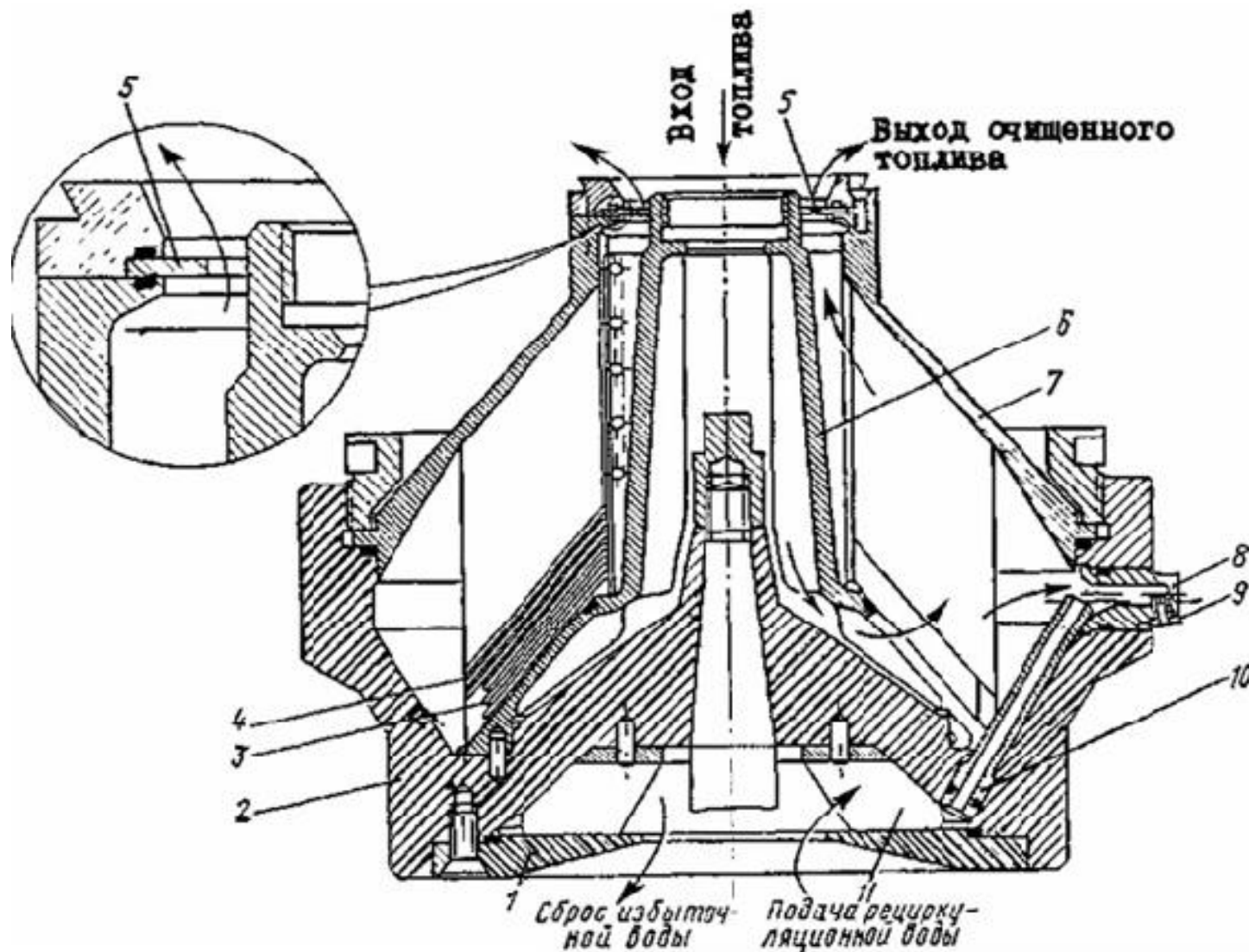
Барабаны сепараторов с периодической разгрузкой имеют относительно сложную конструкцию с подвижными деталями, трущимися поверхностями и системой уплотнений, что сказывается на надёжности работы сепаратора. Кроме того для разгрузки барабана каждый раз приходится прерывать процесс очистки. Разгрузка сепаратора происходит за 3-5 *секунд*, но переключение магистралей топлива (масла) и воды может занять ещё 3-7 *минут*. Требуется также некоторое время для восстановления числа оборотов барабана, которое при разгрузке каждый раз падает.

Для устранения вышеперечисленных недостатков саморазгружающих сепараторов были сконструированы сопловые сепараторы непрерывного действия. Очистка топлив в этих сепараторах происходит таким же образом, как и в ранее описанных конструкциях тарельчатых сепараторов, но разгрузка принципиально отличается.

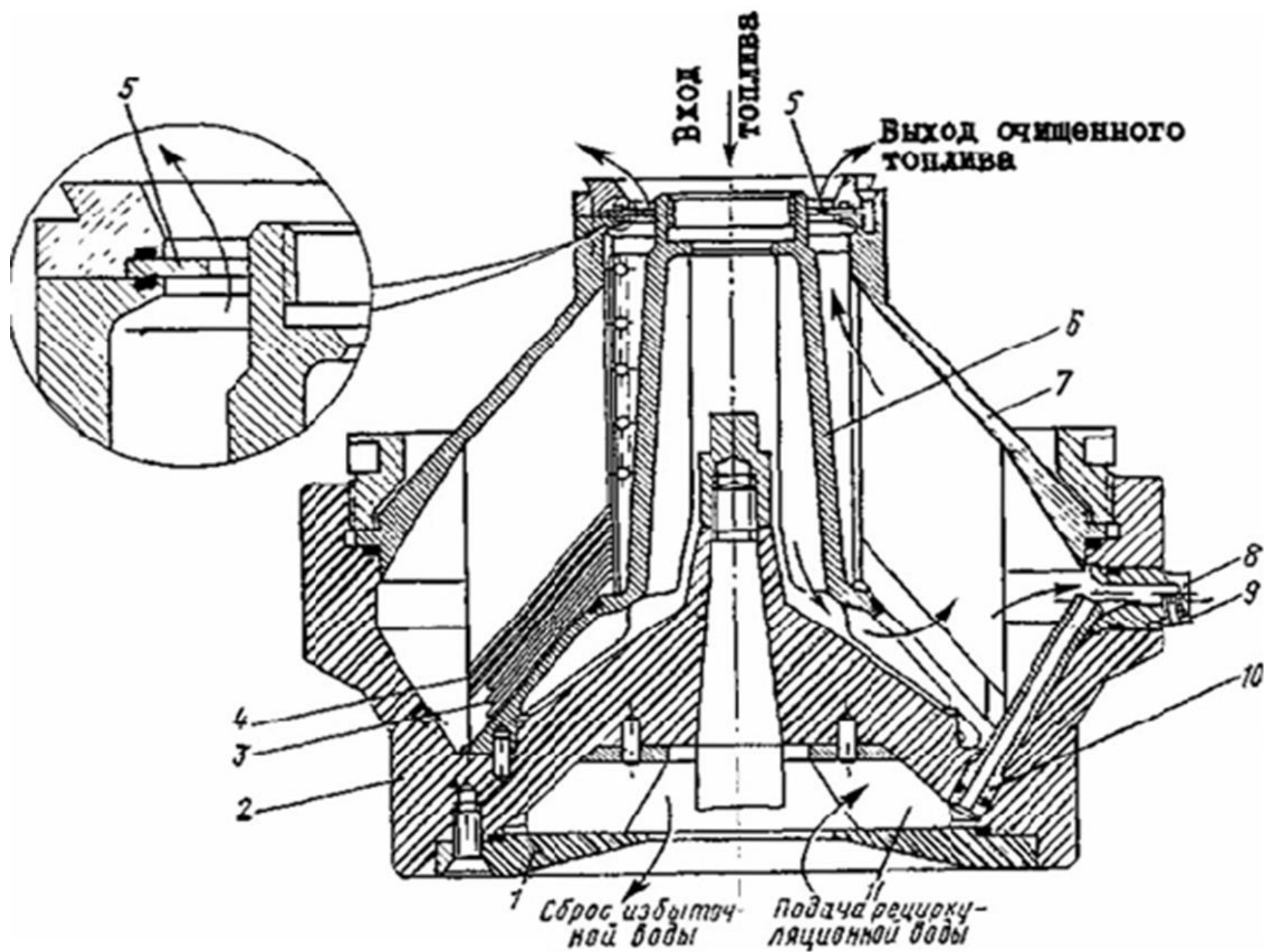


Рис. Сопловой сепаратор “Sharples DH-750T Gravitol”
скорость вращения чаши 7200 об / мин, пурификатор,
двигатель мощностью 5,5 кВт, 440/3/60/1760 об /мин., год выпуска 1985

Рис Схема конструкции соплового барабана фирмы «Шарплес» типа "Гравитроль":
 1-нижняя регулировочная шайба; 2-корпус барабана;
 3- и 4-малые и большие сепарационные тарелки; 5-верхняя регулировочная шайба;
 6-тарелкодержатель; 7-крышка барабана; 8-сотодержатель; 9-сопла (8шт.);
 10-рециркуляционные трубки (8 шт.); 11-камера рециркуляционной воды.



Здесь показано
 расположение
 верхней 5 и
 нижней 1
 регулировочных
 шайб



Набор регулировочных шайб состоит из трех типоразмеров: верхняя - 60, 66 и 73 мм, нижняя - 80, 94 и 108 мм. Шайбы выбираются по номограмме (рис.) в зависимости от удельного веса топлива, температуры сепарации и температуры рециркуляционной воды. Температуры принимают согласно рекомендациям фирмы: для воды 66 - 71°C; для топлива с удельным весом (0,88 - 0,92 г/см³) - (71 - 82°C); с удельным весом (0,94 - 0,98 г/см³) - (82 - 93 C).

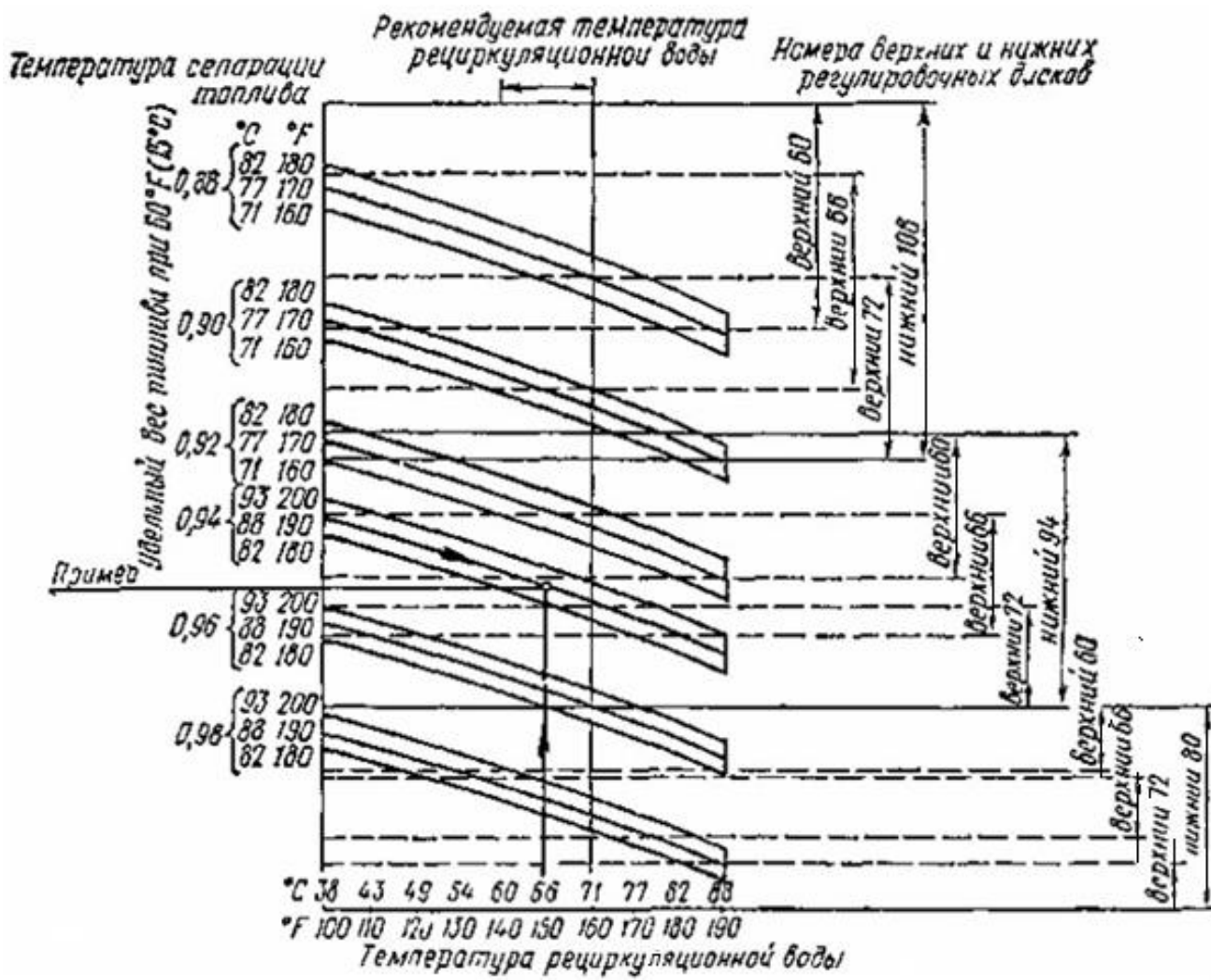


Рис Номограмма для выбора регулировочных дисков сепаратора типа "Шарплес". Пример удельный вес 0,94 г/см³ при (15°C) Температура сепарируемого топлива 190°F, рециркуляционной воды 150°F. Согласно номограмме верхний диск-66мм, нижний диск 94мм

Сепаратор также может работать в режиме кларификатора и пурификатора. На рис. 6 показана схема работы барабана соплового сепаратора. Принципиальное отличие в работе барабана состоит в том, что через постоянно открытые сопла 2 в стенках корпуса барабана непрерывно выбрасывается смесь воды, топлива и шлама.

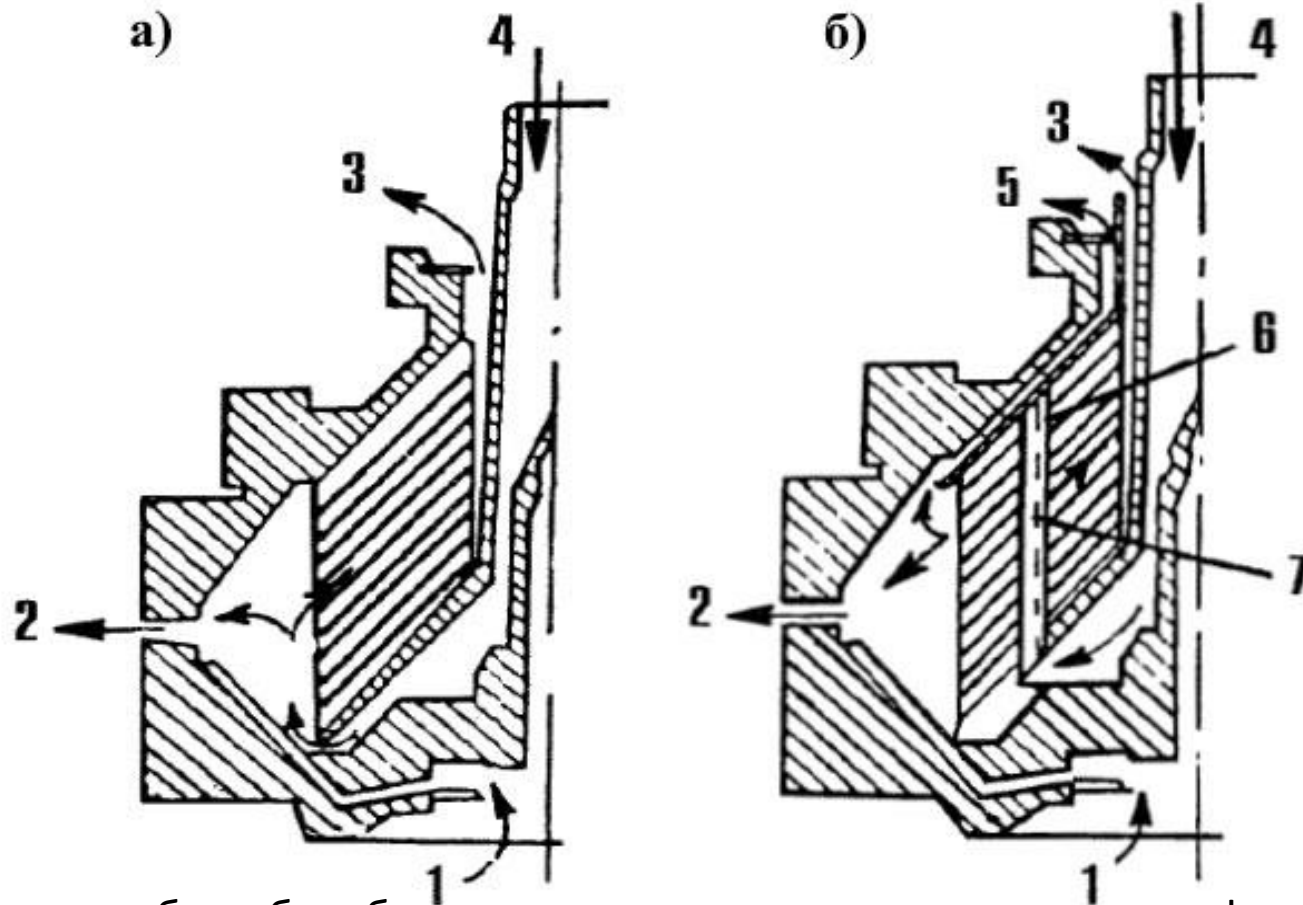


Рис. 6 Схема работы барабана соплового сепаратора в режиме кларификатора (а) и пурификатора (б). 1 – топливо и эмульсия на рециркуляцию; 2 – разгрузка из сопел – смесь топлива, воды и взвесей; 3 – очищенное топливо; 4 – грязное топливо на очистку; 5 – отсепарированная вода; 6 – каналы, образуемые отверстиями в тарелках; 7 – поверхность раздела между топливом и водой

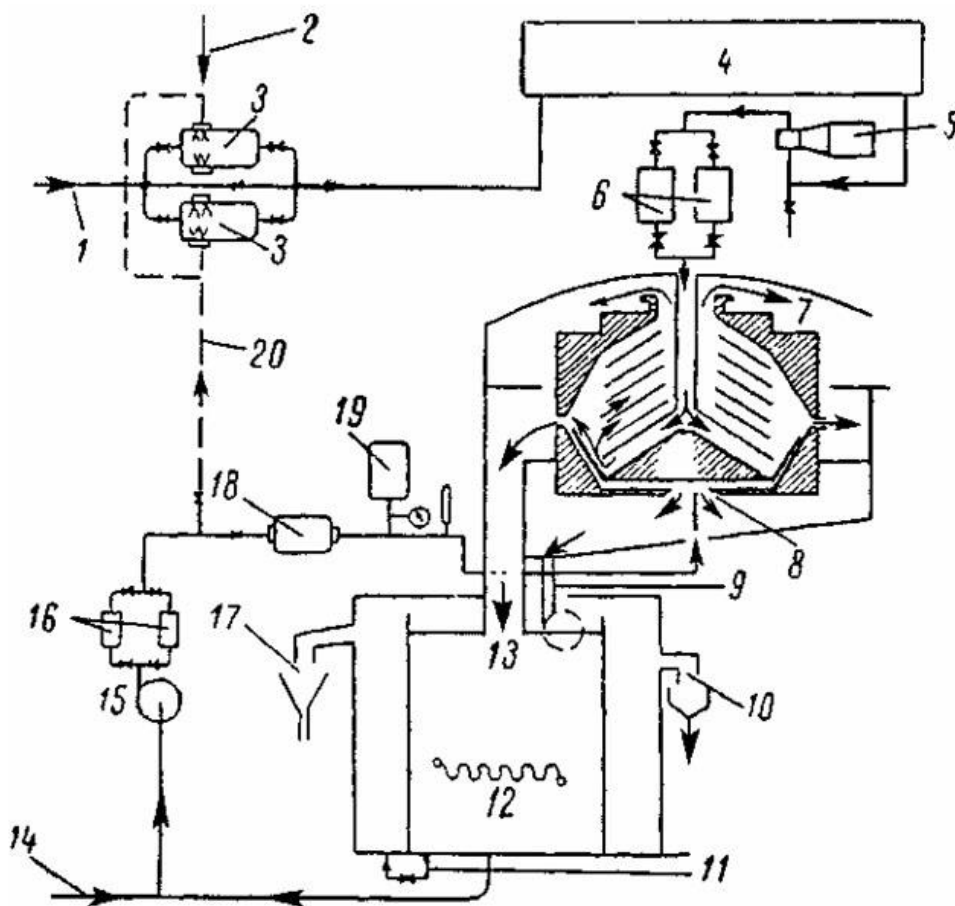
Положительными особенностями барабана являются:

1 Поверхность раздела фаз топливо (масло) - вода ("нейтральный слой" 7, рис. .) находится **вне пакета тарелок.**

Это повышает эффективность работы барабана благодаря тому, что вся поверхность тарелок работает на очистку топлива (масла).

2. Отделившиеся от сепарируемого продукта частицы проходят на пути к соплам слой воды, в результате чего происходит **более полная их очистка от обволакивающих пленок топлива (масла) и таким образом снижаются потери сепарируемого продукта**

Для предотвращения потери топлива, которое в большом количестве уходит с водой и шламом, эта смесь вновь подаётся на сепарацию (рециркуляцию) в барабан через приёмный канал 1. Непрерывно циркулируя, смесь концентрируется, содержание шлама в ней возрастает, а количество топлива уменьшается. Когда перекачка такой концентрированной смеси становится затруднительной, она выгружается из циркуляционной системы в грязевой танк. Принципиальная схема работы этого сепаратора представлена на рис.



Необработанное топливо по трубопроводу 1 подается через подогреватель 4, предохранительный клапан 5, и фильтр 6 к центральному патрубку сепаратора. В случае необходимости подается вода по трубопроводу 2 в смеситель 3, где она перемешивается с топливом. Очищенное топливо отводится из верхней полости 7 корпуса сепаратора, а шлам и вода сливаются в бак 13. Избыток рециркуляционной воды, которая переливается через регулировочную шайбу 8, также отводится по каналу 9 в бак 13. Из бака вода насосом 15 через фильтры 16, регулятор расхода 18 и предохранительный клапан 19 подается на рециркуляцию в сепаратор. В случае необходимости вода по трубопроводу 20 может быть отведена на повторное использование для промывки топлива.

Для поддержания необходимой температуры бак 13 снабжен подогревателем 12. Осевший в баке шлам периодически удаляется. Трубопровод 14 служит для пополнения, а клапан 11 для перепуска воды. Избыток воды сливается через воронку 17, а воронка 10 является сигналом превышения уровня воды в баке 13.

Наряду с положительными особенностями установка «*Гравитроль*» имеет существенный недостаток, а именно,

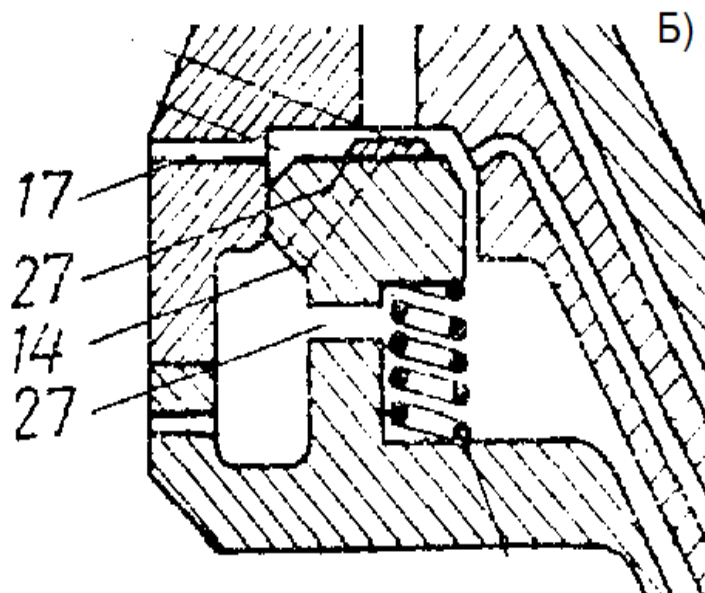
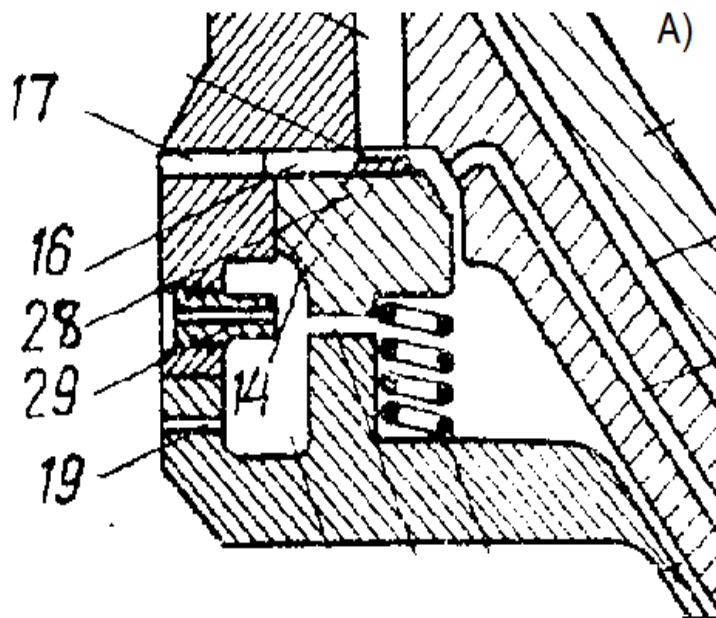
- большой расход воды, снижающий эффективность её работы и
- необходимость многократной рециркуляции для устранения потерь топлива/масла вместе со шламом.

Большого распространения такие модели не получили.

Обзор современных схем работы ЦС

Частичная разгрузка. Сепараторы типа WHPX

В 1968 году Уолтер Хоффманом (Walter Hoffman) был запатентован сепаратора с частичной разгрузкой. Не вдаваясь в описание всех отличий (на рис. А)) отметим, что изменением размеров клапана 14 и зазора 27, процесс выгрузки шлама стал проходить гораздо быстрее (не более 1 сек.), так что топливо/масло не успевало дойти до критического края разделения фаз. Стало возможным производить частичную выгрузку шлама и воды не прерывая процесс подачи топлива в сепаратор. А с помощью изменения размера сопла 29 можно регулировать степень этой разгрузки.



В отличие от “обычных” самоочищающихся сепараторов, в этих сепараторах при каждой разгрузке, также называемой “отстрел”, используется лишь небольшое количество вытесняющей воды гидрозатвора. Эта вода может быть холодной водой, тогда как в “обычных” сепараторах должна использоваться горячая вода. Действие сброса так быстро и точно, что удаляется только небольшое количество концентрированного шлама и воды.

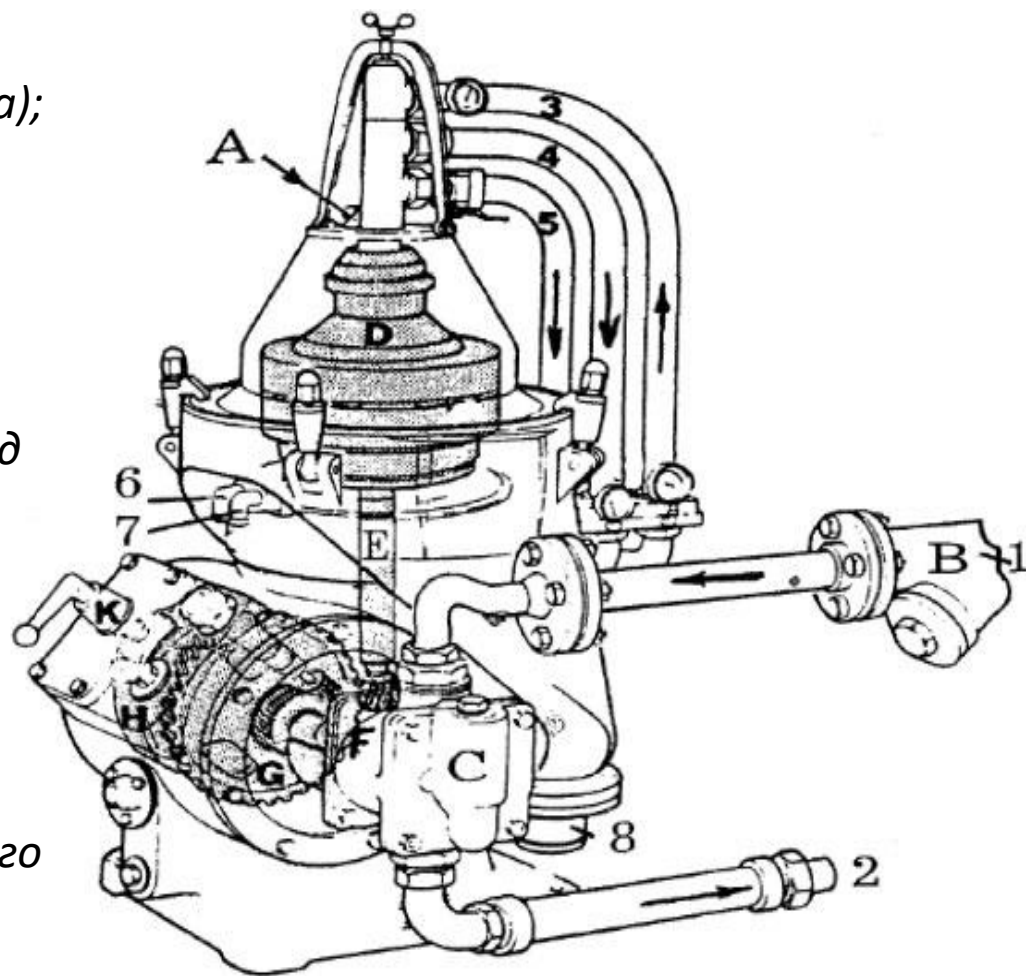
Компания заявляет ряд важных экономических преимуществ:

1. Потери нефтепродуктов практически устранены.
2. Расход воды уменьшается.
3. Объем шлама, который должен храниться до инсинерации или выдачи на берег, будет меньше.
4. Липкий шлам может быть удален благодаря быстрой разгрузке.
5. Эффективная производительность выше, потому что сепарация продолжается и во время процесс разгрузки.

У разных фирм во многих моделях современных сепараторов применяется схожий принцип частичной выгрузки шлама.

Рис. 1 Схема компоновки сепаратора серии WHPX.

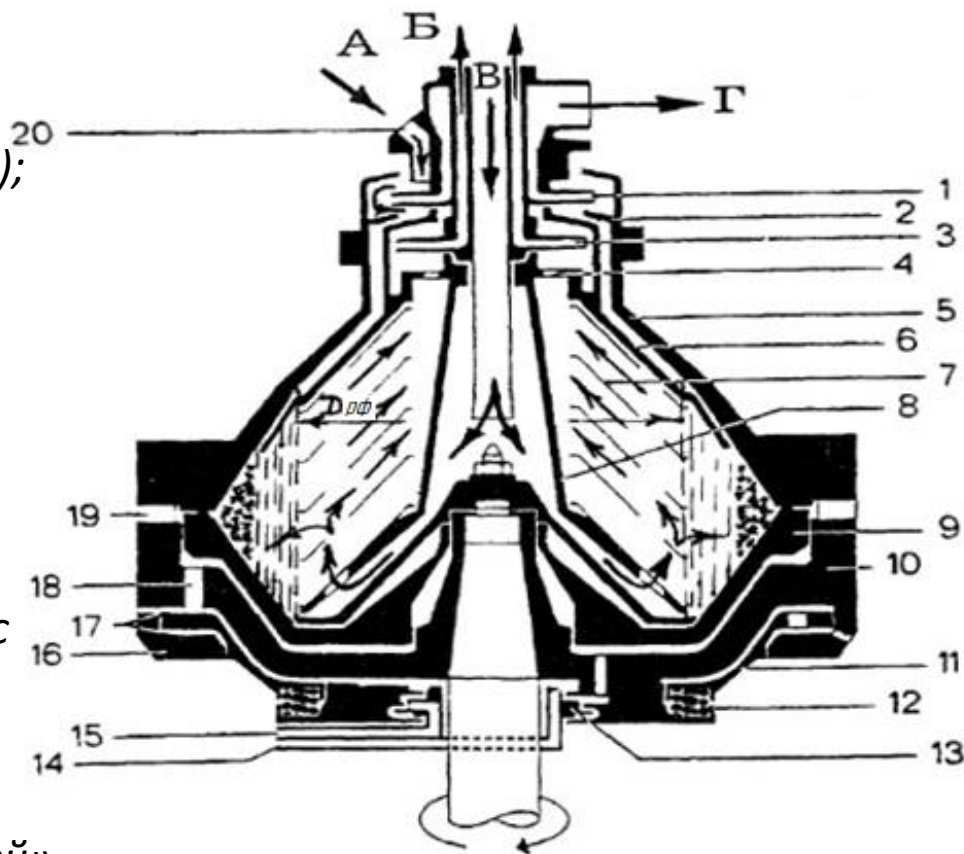
1 – входной патрубок топлива (масла);
2 – выходной (нагнетательный) патрубок насоса к подогревателю;
3 – входной трубопровод топлива в барабан сепаратора от подогревателя;
4 – выход чистого топлива; 5 – выход отсепарированной воды;
6 – патрубок для входа «закрывающей» воды;
7 – патрубок для входа «открывающей» воды; 8 – патрубок для выхода шлама.
«А» – подача воды для гидравлического затвора и частичной выгрузки;
«В» – фильтр; «С» – насос; «D» – барабан сепаратора; «Е» – вертикальный вал;
«F» – червяк; «G» – червячное колесо;
«H» – фрикционная муфта; «K» – тормоз



На рис. 2 представлен барабан сепаратора серии WHPX.

Рис. 2 Барабан сепаратора серии WHPX.

1 – напорный диск для удаления
отсепарированной воды (по стрелке «Г»);
2 – регулировочная шайба;
3 – напорный диск для удаления
очищенного топлива (по стрелке «Б»),
4 – шайба;
5 – колпак барабана; 6 – верхняя
(разделительная) тарелка; 7 – пакет
тарелок; 8 – тарелкодержатель;
9 – подвижное дно барабана; 10 – корпус
барабана;
11 – управляющее кольцо; 12 – пружина;
13 – напорный диск для рабочей воды;
14 – патрубок для подачи «открывающей»
воды; 15 – патрубок для подачи
«закрывающей» воды; 16 – кольцо;
17 – камера с соплами; 18 – сливной канал;
19 – разгрузочные отверстия;
20 – подача воды для гидравлического
затвора и частичной выгрузки (по стрелке
«А»)



Автоматическая система сепарирования «Альфакс»

Эта система предназначена для эффективной очистки, всех видов нефтепродуктов: смазочного масла, дизельного топлива и тяжёлого топлива с плотностью до 991 кг/м³ при 15 °С и вязкостью до 600 сСт при 50 °С.

В состав системы Альфакс входят самоочищающийся сепаратор **серии WHPX** и система электронного управления **ЕРС**. Система обеспечивает безвахтенное обслуживание установки, все рабочие операции выполняются автоматически по заданной программе, предусмотрена аварийная сигнализация и защита. Согласно фирменным данным система Альфакс обеспечивает в процессе эксплуатации экономический эффект 20-40 % сравнительно с её предыдущими сепараторами

При частичной выгрузке не прерывается процесс сепарирования, нефтепродукт подаётся в барабан постоянно. Перед выгрузкой небольшое количество воды подаётся непосредственно в грязевую камеру для вытеснения нефтепродукта к центру барабана, т. е. смещения к центру «нейтрального слоя» во избежание попадания нефтепродукта в шламовую камеру в процессе выгрузки. Операция частичной выгрузки протекает быстро и точно. При этом выбрасывается небольшой постоянный объём концентрированного осадка и воды.

В итоге потери нефтепродукта практически отсутствуют, расход воды мал, производительность и КПД сепаратора увеличиваются.

Периодичность выгрузки назначается программой в зависимости от загрязнения нефтепродукта и может быть установлена с короткими интервалами без ухудшения работы установки

Рис. 3 Автоматическая система сепарирования Альфакс.

1 – водяной бак (располагается на 3,0 м выше сепаратора);

2 – блок программного управления; 3 – соленоидный клапан подачи «открывающей» воды;

4 – соленоидный клапан подачи «закрывающей воды»;

5 – соленоидный клапан подачи воды для гидравлического затвора и разгрузки;

6 – соленоидный клапан управления запорным клапаном 17 на выходе отсепарированной воды; 7 – соленоидный клапан управления трёхходовым клапаном 16 подачи нефтепродукта в барабан;

8 – сжатый воздух для управления клапанами 16 и 17;

9 – выход отсепарированной воды;

10 – выход чистого топлива; 11 – подогреватель;

12 – вход пара; 13 – выход конденсата;

14 – вход нефтепродукта в подогреватель от насоса;

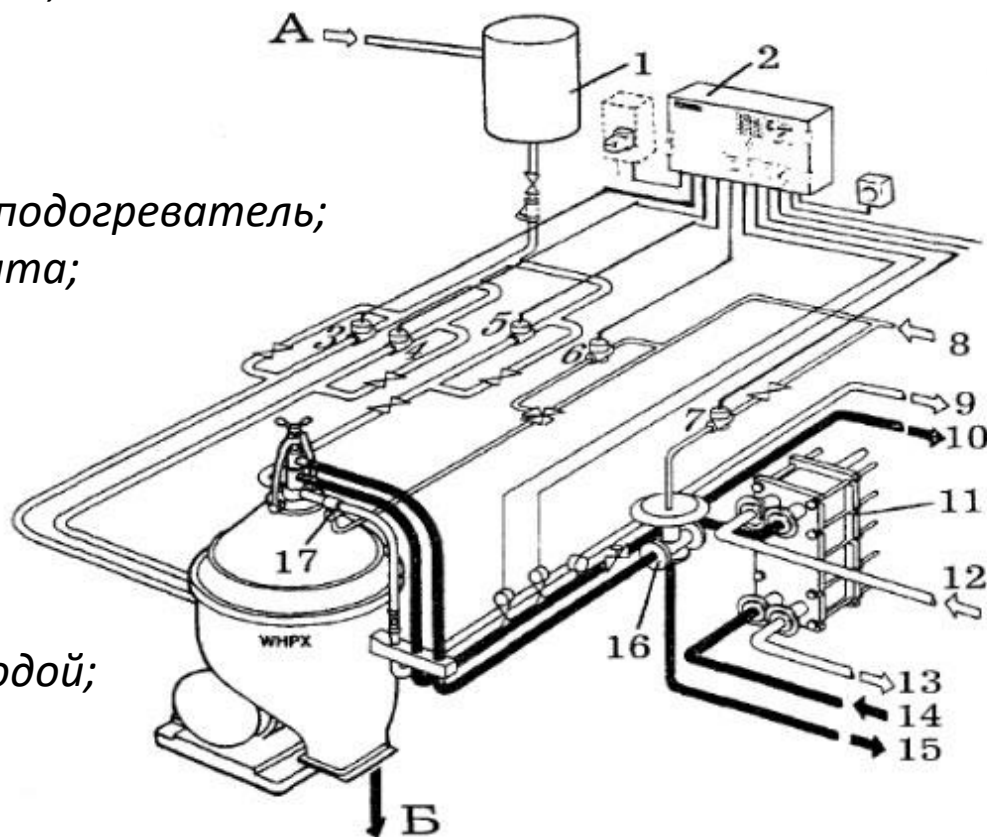
15 – отвод нефтепродукта на рециркуляцию;

16 – трёхходовой клапан;

17 – запорный клапан.

«А» – пополнение бака 1 пресной водой;

«Б» – удаление шлама



**Схемы кларификаторов с
контролем содержания воды.
(«ALCAP», «G-Hidden» и «Unitrol»)**

ALCAP

Alfa
Laval
Clarificator
And
Purificator

Последствия нефтяного кризиса в начале 1970-х, когда резко увеличилось применение на флоте топлив высокой вязкости и плотности, привело к необходимости автоматизации и качественного совершенствования технологии центробежного сепарирования. Так начиная с 1972 г. компания «Alfa Laval» создала сепараторы типа WHPX, работающие по технологии **ALFAX** с контролируемым выбросом шлама и способностью очистки нефтепродуктов вязкостью до 600 мм²/с. WH в марке сепаратора – это инициалы Уолтера Хоффмана (Walter Hoffman) немецкого изобретателя сепаратора с периодической выгрузкой осадка. Последовавшее за нефтяным кризисом внедрение новых методов дистилляции, использование крекинговых процессов с целью более глубокой переработки нефти привело к ухудшению характеристик судовых топлив. В 1982-1986г.г. была разработана и реализована концепция сепараторной установки, получившая название **ALCAP**, предназначенная для очистки низкосортного тяжелого топлива вязкостью до 700 мм²/с и плотностью до 1010 кг/м³.

Уменьшение содержания серы с 3,5% до 0,5% (0,1% в особых зонах эмиссионного контроля) в январе 2020 г. привело к изменению технологии получения судовых топлив. Несмотря на существование единых стандартов для судового топлива, рынок бункерного топлива пополнился новыми сортами, отличающимися нестабильностью, несовместимостью, широким диапазоном плотности и вязкости.

Следует отметить, что система ALCAP, постоянно развиваясь, оказалась весьма востребованной в настоящее время в связи с последними требованиями конвенции MARPOL и появлением новых сортов судовых топлив с низким содержанием серы, наличием каталитических микрочастиц и непредсказуемыми характеристиками.

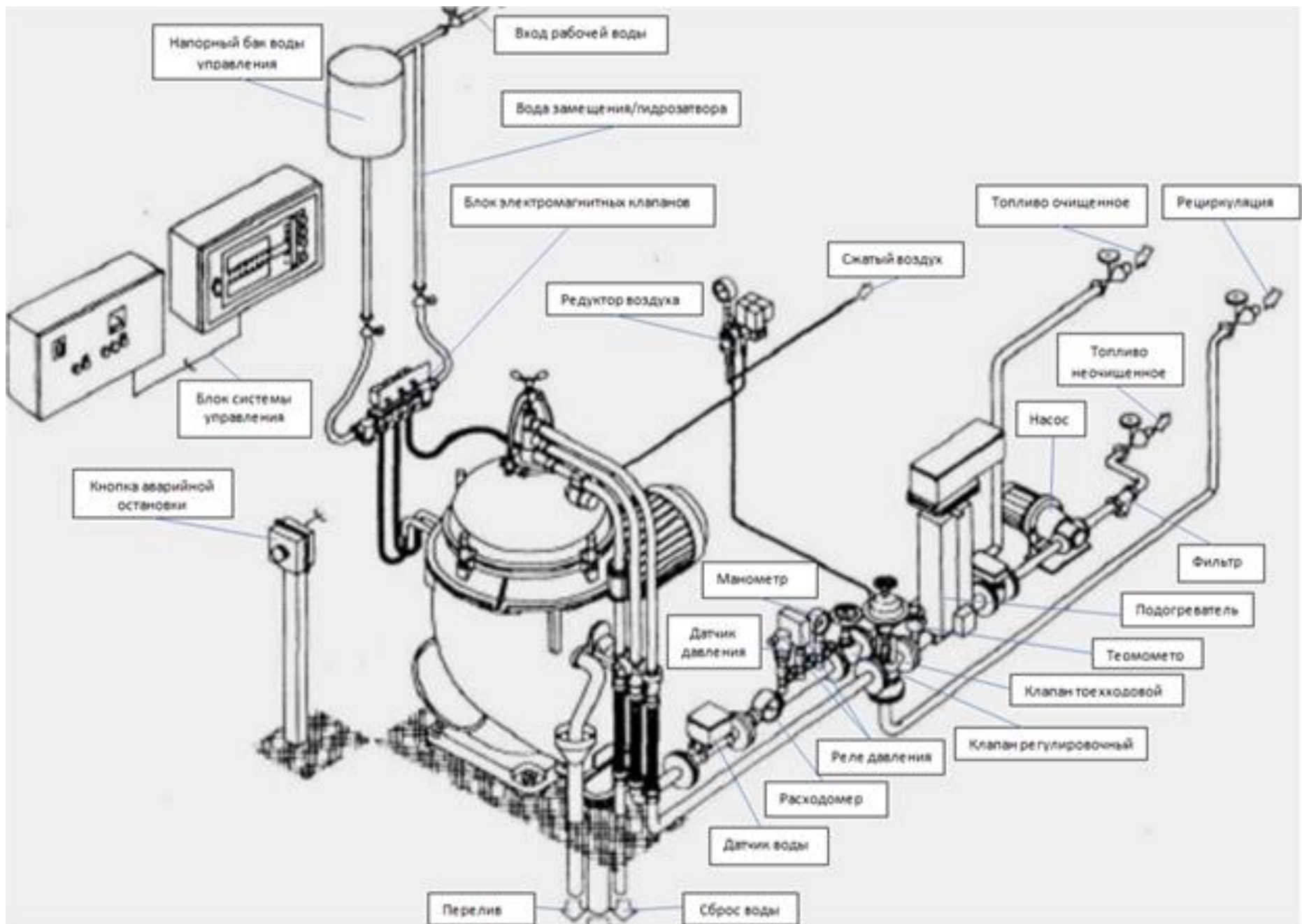
В традиционных сепараторах используется гравитационный диск для создания корректного положения границы раздела сред топливо/вода с целью организации водяного затвора и полного заполнения набора тарелок топливом. Увеличение плотности топлива приводит к нарушению водяного затвора и потере топлива с отделяемой водой. Уменьшение плотности наоборот будет сдвигать границу раздела сред к центру вращения, что приведет к исключению части поверхности тарелок из процесса. Качество очистки и производительность сепаратора уменьшатся, содержание воды и твердых частиц в очищаемом топливе будет расти. Возрастание и уменьшение вязкости приводит к тому же эффекту, хотя и в меньшей степени.

Для получения стабильной и эффективной очистки необходима замена гравитационного диска, что сопряжено с остановкой системы и большим трудозатратам.

Сепараторы ALCAP настраиваются автоматически, обеспечивая бесперебойную работу.

Название ALCAP (A-Alfa, L-Laval, C-Clarifier, A-And, P-Purifier) подразумевает сочетание функций **пурификации (очистки)** и **кларификации (осветления)** в одном сепараторе.

Особенности сепарационной системы ALCAR



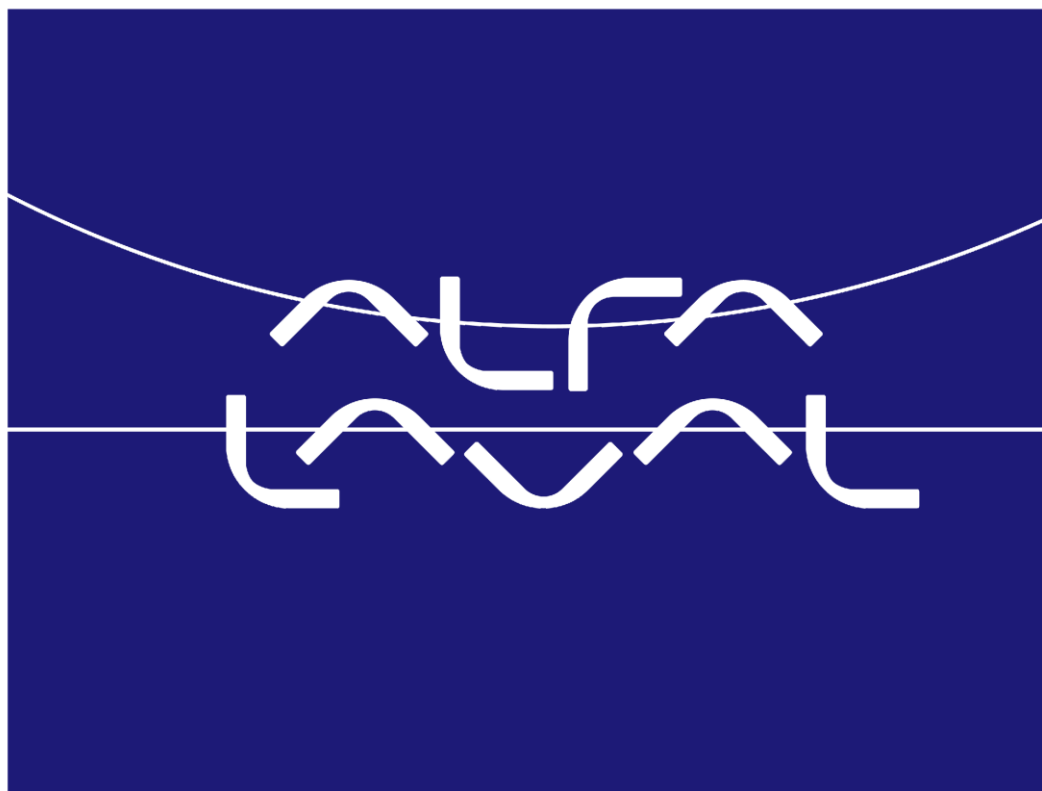
Основными элементами системы ALCAP, отличными от традиционной, являются собственно

- сам сепаратор,
- управляемый дренажный клапан на отводе воды из сепаратора,
- датчик содержания воды на отводе очищенного топлива и
- микропроцессорная система управления EPC.

Ранние системы ALCAP включают в себя сепараторы типов FOPX, LOPX и MFPX (FO – fuel oil, LO – lubricating oil, MF – marine fuel, PX – с периодической разгрузкой).

Современные системы базируются на сепараторах типа S, разработанных для очистки проблемных мазутов различной плотности и содержащих трудно удаляемые примеси.

Следующие слайды – суть презентаций от
«Альфа-Лаваль» по данной теме (АЛКАП)





ALCAP

Introduction

История создания системы ALCAP

Необходимость в создании новой системы возникла в 1970-х после нефтяного кризиса, когда из-за возросшей цены на нефтепродукты уменьшилась доля дистилатных фракций в топливах, использующихся на флоте.

Применение новых методов дистилляции топлива, крекинговых процессов привело к снижению качества судовых топлив и невозможности производить качественную очистку топлив существующими системами сепарации. Увеличение плотности и вязкости применяемых на флоте топлив привело к необходимости разработки новой системы для достижения необходимого качества сепарации.

Результатом таких разработок стало появление системы ALCAP.

Сепараторы типа ALCAP

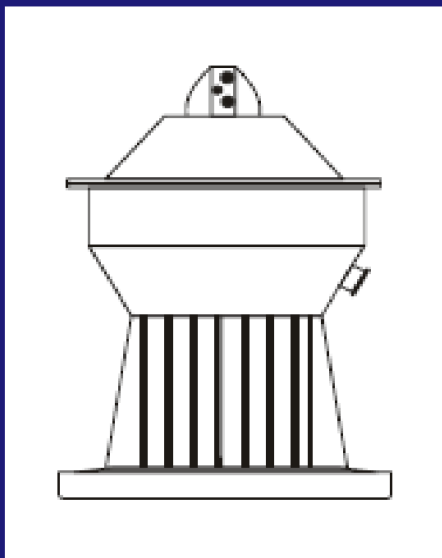
Принцип действия:

Конструктивно сепараторы типа ALCAP являются кларификаторами, таким образом количество отводимой из сепаратора воды является незначительным и ограничено объёмом барабана.

С целью устранения этого недостатка на выходе воды установлен автоматически управляемый соленоидный клапан, что даёт возможность отводить из барабана излишнее количество воды, когда это необходимо.

Таким образом можно сказать, что ALCAP это кларификатор с функцией отвода воды. В момент открытия дренажного клапана сепаратор работает как пурификатор. Клапан открывается по сигналу от блока управления на заданное время (несколько секунд)

Сепараторы типа ALCAP



Максимальная плотность топлива
 1010 кг/м^3 при 15°C

Максимальная вязкость топлива
700 сСт при 50°C

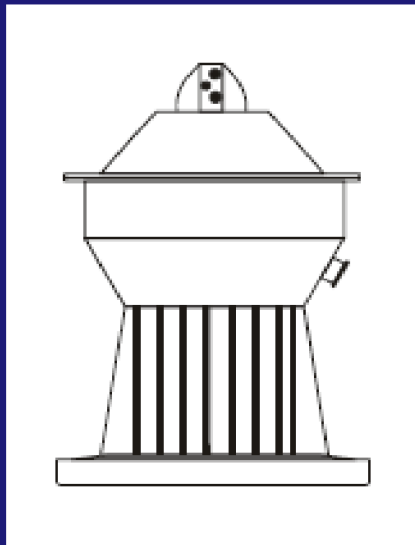
Сепараторы типа ALCAP:

- FOPX
- LOPX
- MFPX

} ранние системы

- сепараторы типа S (современный тип)

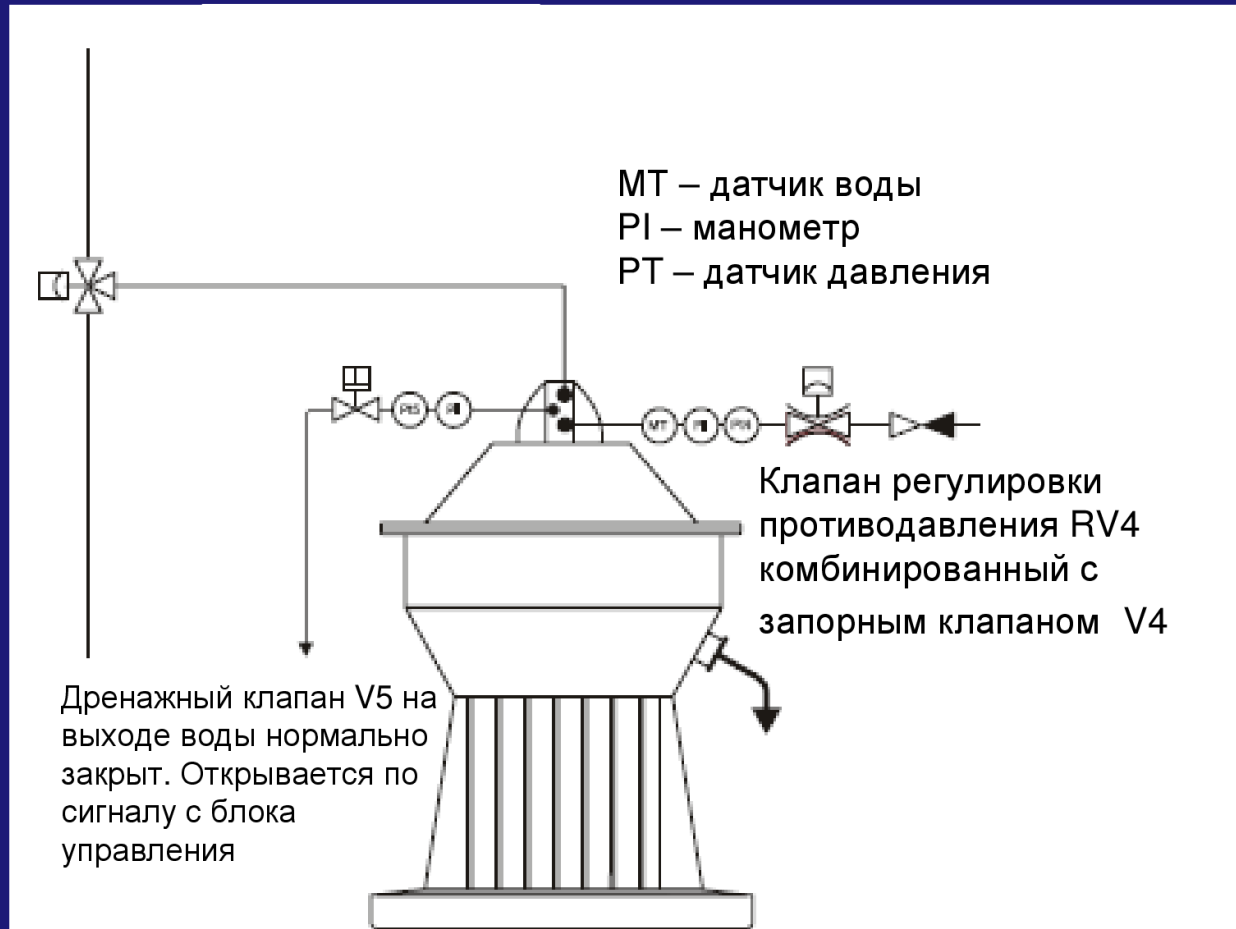
Сепараторы типа ALCAP



Элементы системы ALCAP:

- Сепаратор
- Система управления
- Датчик воды (water transducer) на выходе чистого масла (топлива)

Сепараторы типа ALCAP



Сепараторы типа ALCAP

Принцип действия:

Конструктивно сепараторы типа ALCAP являются кларификаторами, таким образом количество отводимой из сепаратора воды является незначительным и ограничено объёмом барабана.

С целью устранения этого недостатка на выходе воды установлен автоматически управляемый соленоидный клапан, что даёт возможность отводить из барабана излишнее количество воды, когда это необходимо.

Таким образом можно сказать, что ALCAP это кларификатор с функцией отвода воды. В момент открытия дренажного клапана сепаратор работает как пурификатор. Клапан открывается по сигналу от блока управления на заданное время (несколько секунд)

Сепараторы типа ALCAP

Принцип действия:

Основным принципом системы ALCAP является постоянный контроль качества сепарации.

Очищенное масло покидает сепаратор через датчик воды. Таким образом происходит непрерывное измерение процентного содержания воды в очищенном масле. В случае если содержание воды становится слишком большим – более 0,2 %, система принимает меры по удалению воды.

Вода может удаляться из сепаратора через дренажный клапан V5 или при инициации цикла выгрузки шлама (отстрел).

Сепараторы типа ALCAP

Принцип действия:

Измерение содержания воды в масле происходит при помощи сравнения диэлектрической постоянной масла и воды.

Диэлектрическая постоянная воды: 4 – 6

Диэлектрическая постоянная масла: 90 – 95

Таким образом даже небольшое содержание воды в масле приводит к значительному изменению диэлектрической постоянной, что позволяет точно контролировать количество воды на выходе из сепаратора.

Сепараторы типа ALCAP

Принцип действия:

При запуске системы ALCAP как только масло попадает в барабан сепаратора система замеряет значение диэлектрической постоянной. Система принимает его за опорную величину и сохраняет в памяти.

Так как при первоначальном запуске сепаратора барабан свободен от отложений, эффективность сепарации должна быть максимальной (вода отсутствует на выходе чистого масла)

В процессе сепарации шлам и вода накапливаются в периферийной области барабана до того момента, как вода начнёт попадать на выход чистого масла. Это измеряется датчиком и сигнал передаётся в блок управления. Если отклонение превышает допустимые пределы, контроллер предпринимает меры по удалению воды из масла.

Сепараторы типа ALCAP

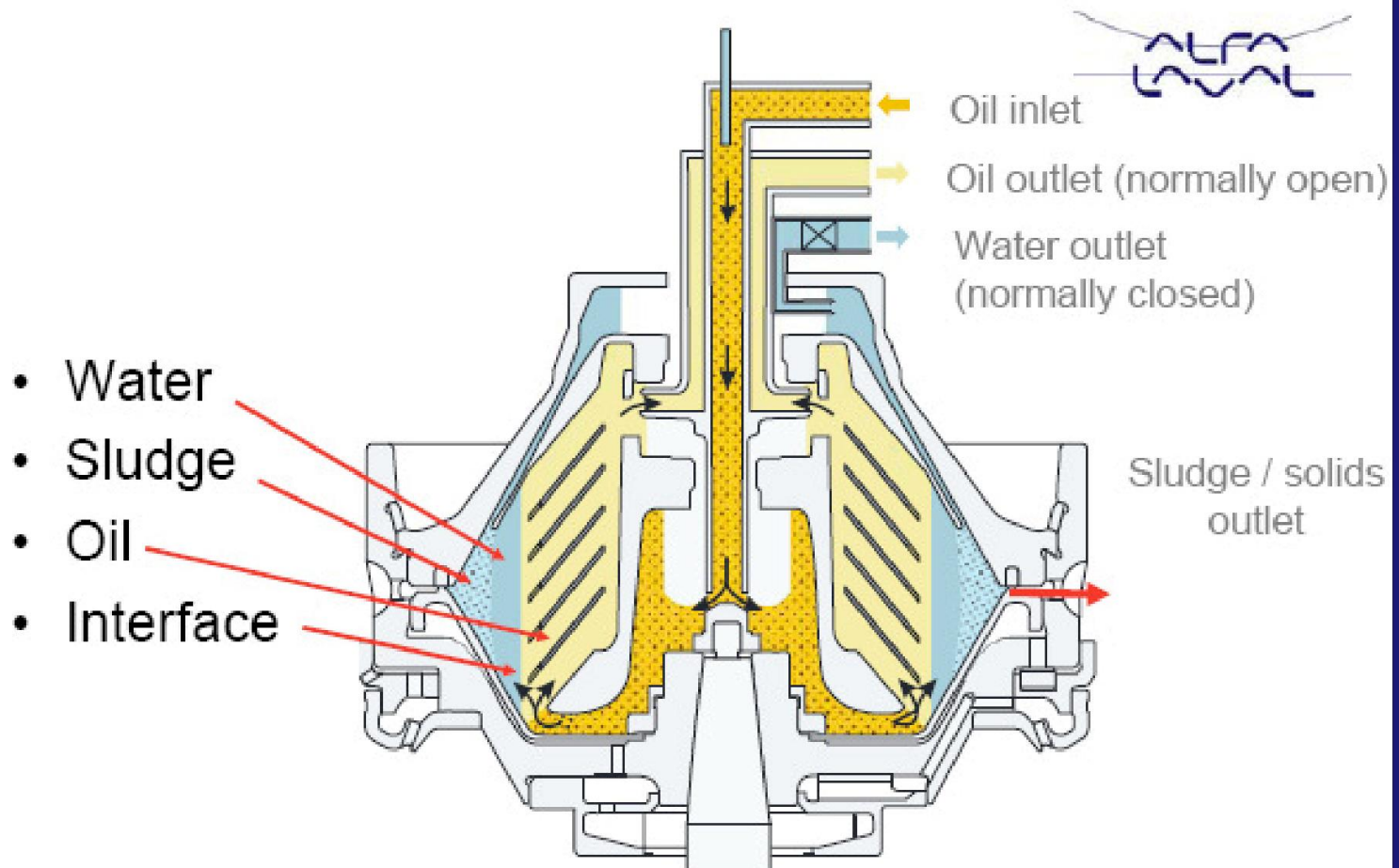
Принцип действия:

Текущее значение диэлектрической постоянной, а значит и содержание воды, отображается на дисплее в пикофарадах (pF).

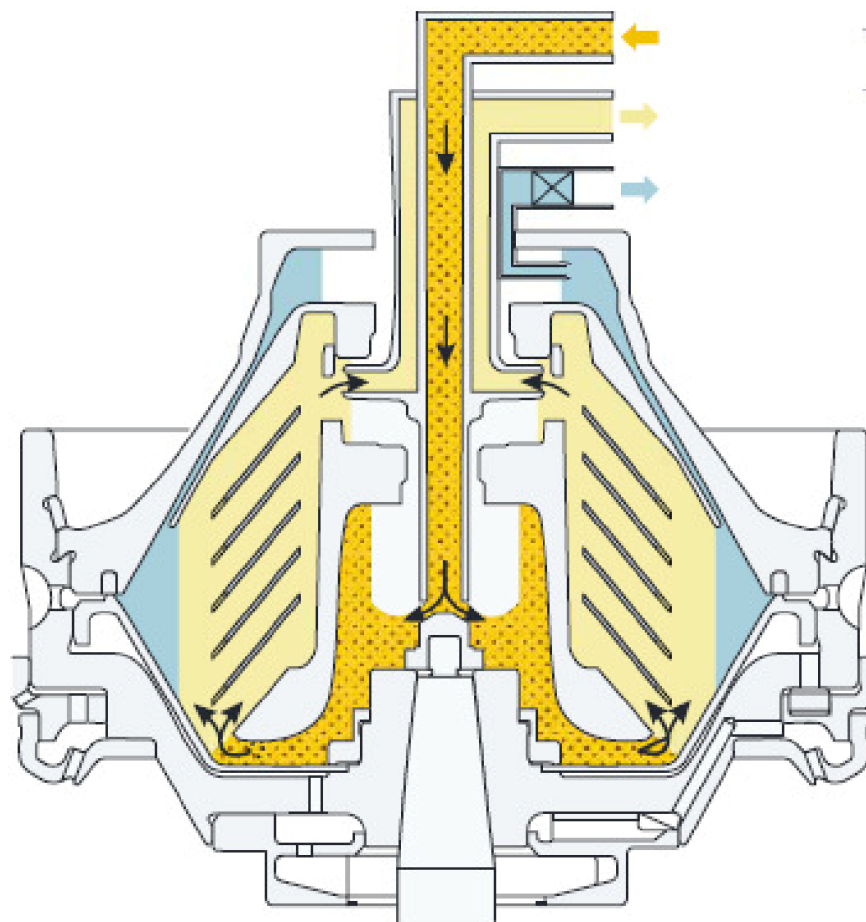
Опорное значение в памяти контроллера так же записывается в пикофарадах. Контрольный сигнал, отображающий изменение содержания воды в масле называется “trigger” и отображается в процентах. 100% trigger соответствует увеличению до 0,2 % содержания воды на выходе чистого масла.

Как только значение контрольного сигнала достигнет 100% происходит открытие дренажного клапана для выпуска воды из барабана или запуск цикла выгрузки шлама. Если после этого не произойдёт снижение измеряемого значения содержания воды, контроллер выдаст аварийный сигнал.

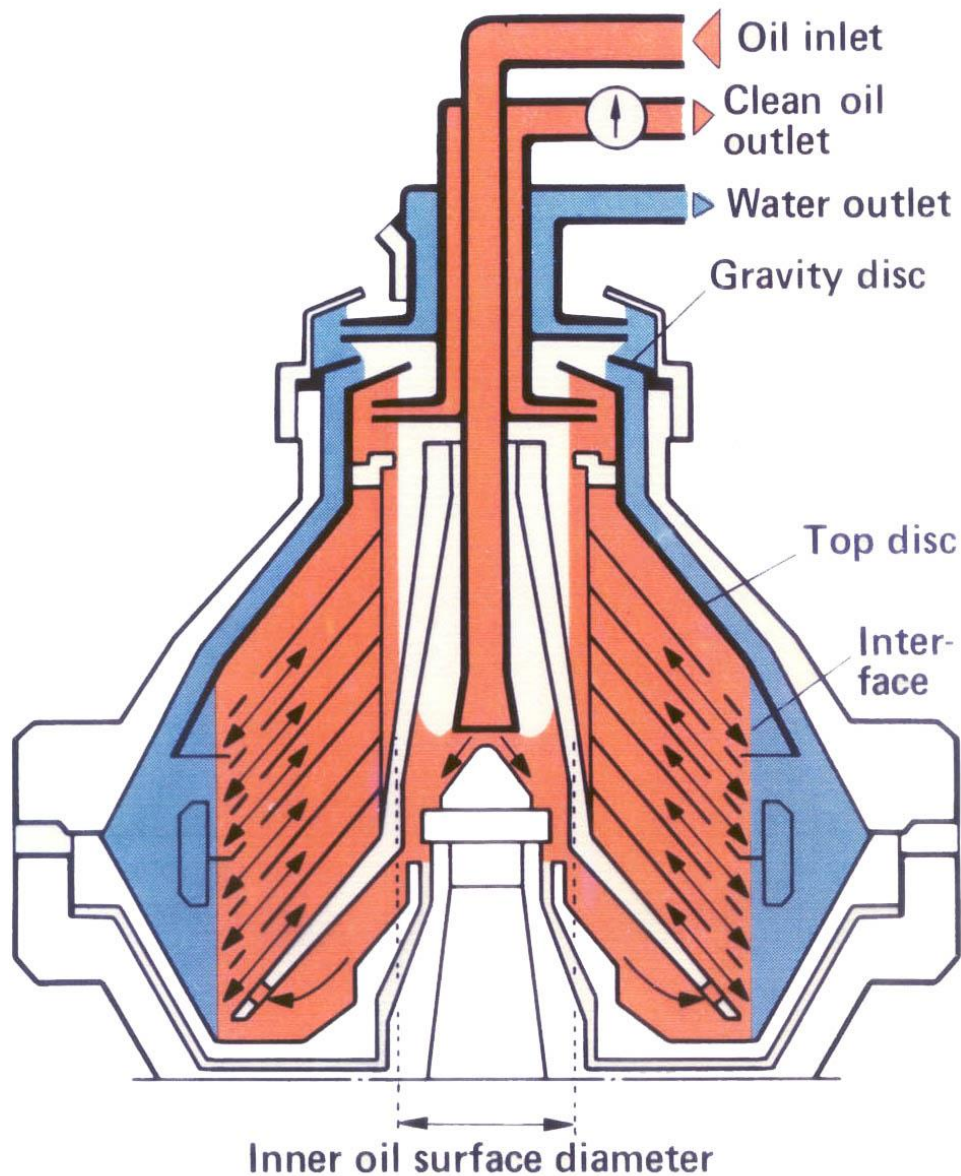
Сепараторы типа ALCAP



Сепараторы типа ALCAP

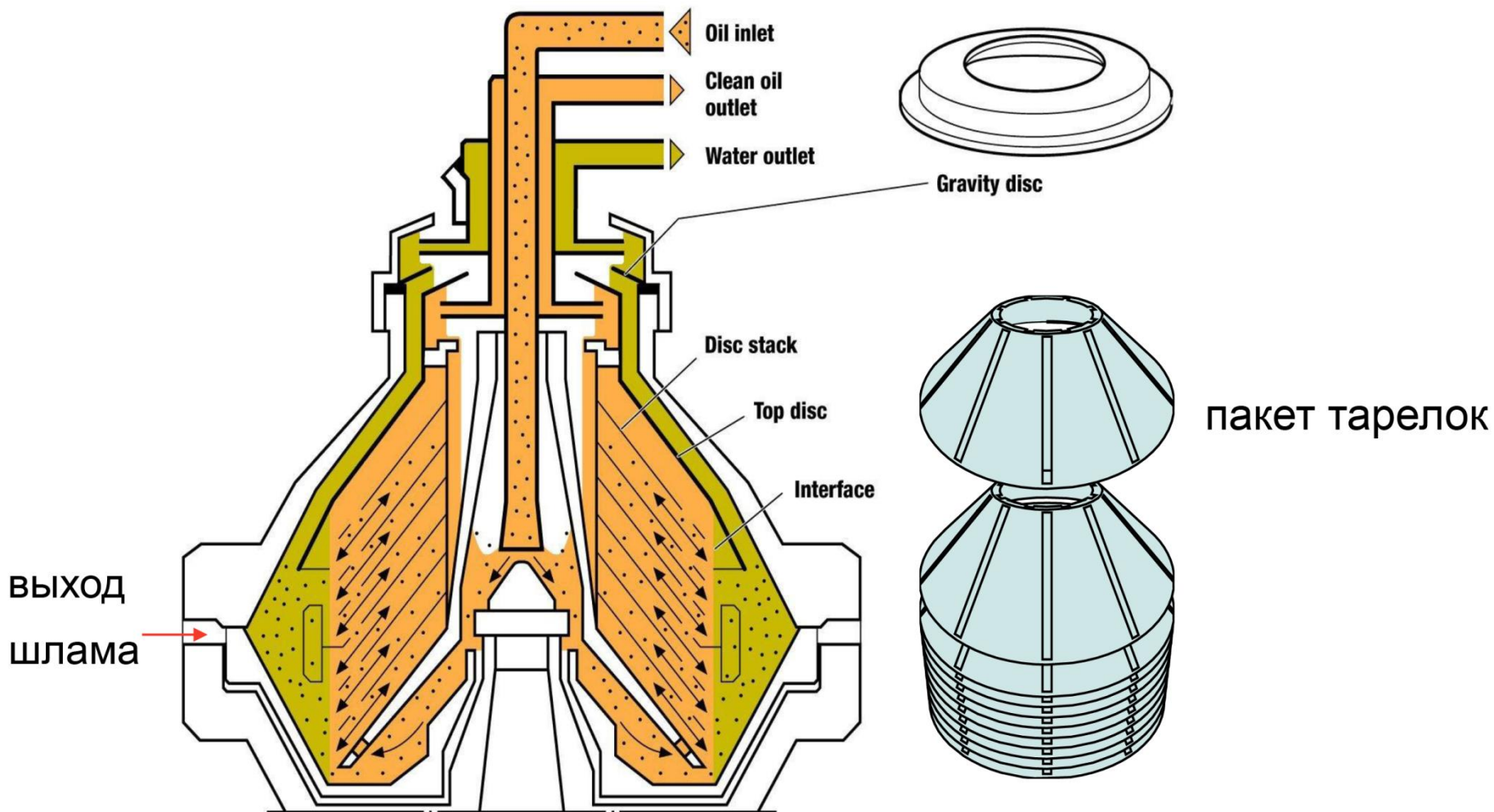


Барaban традиционного сепаратора (пурификатор)



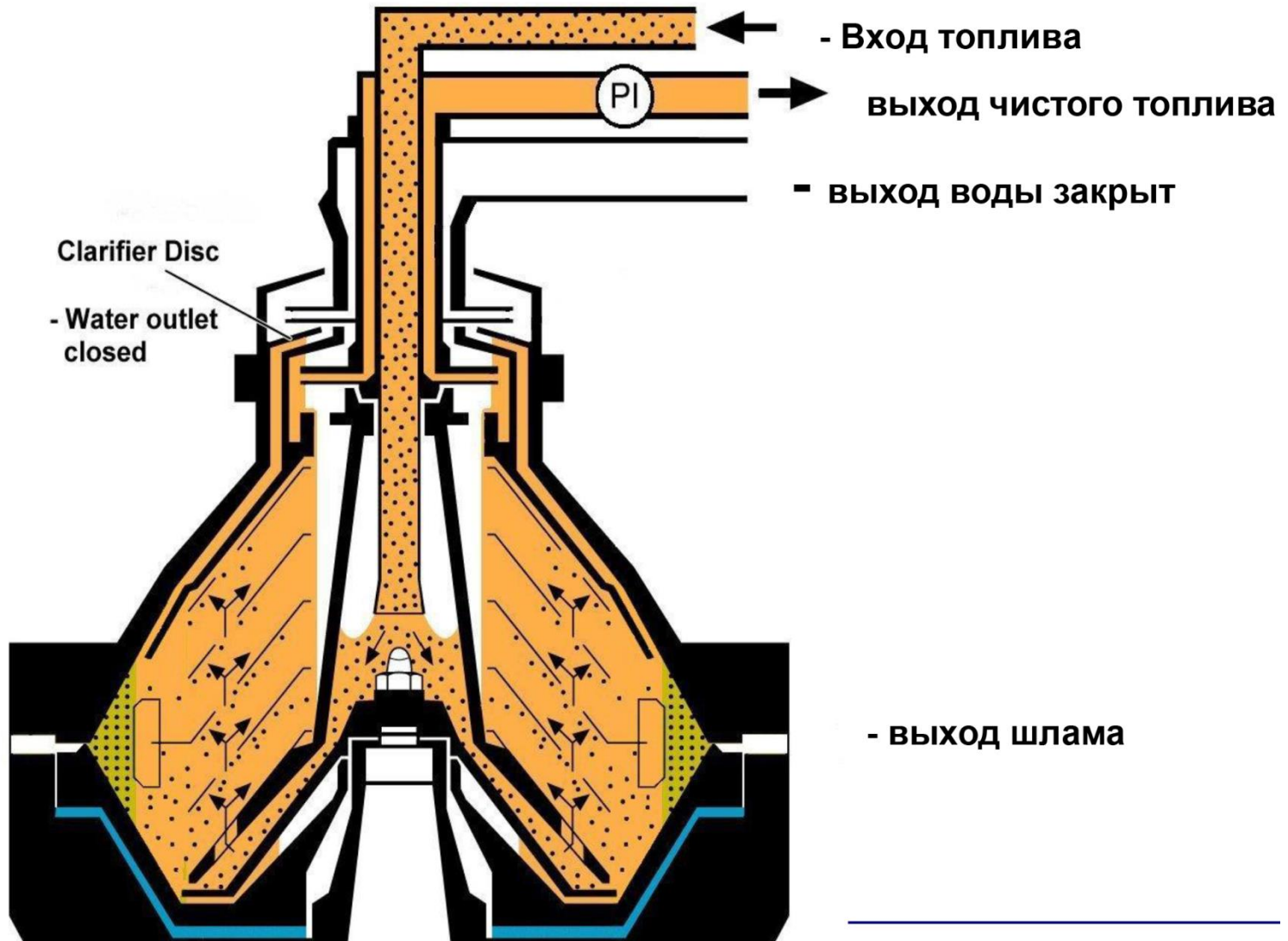
Основа принципов сепарации

Барaban пурификатора



Основа принципов сепарации

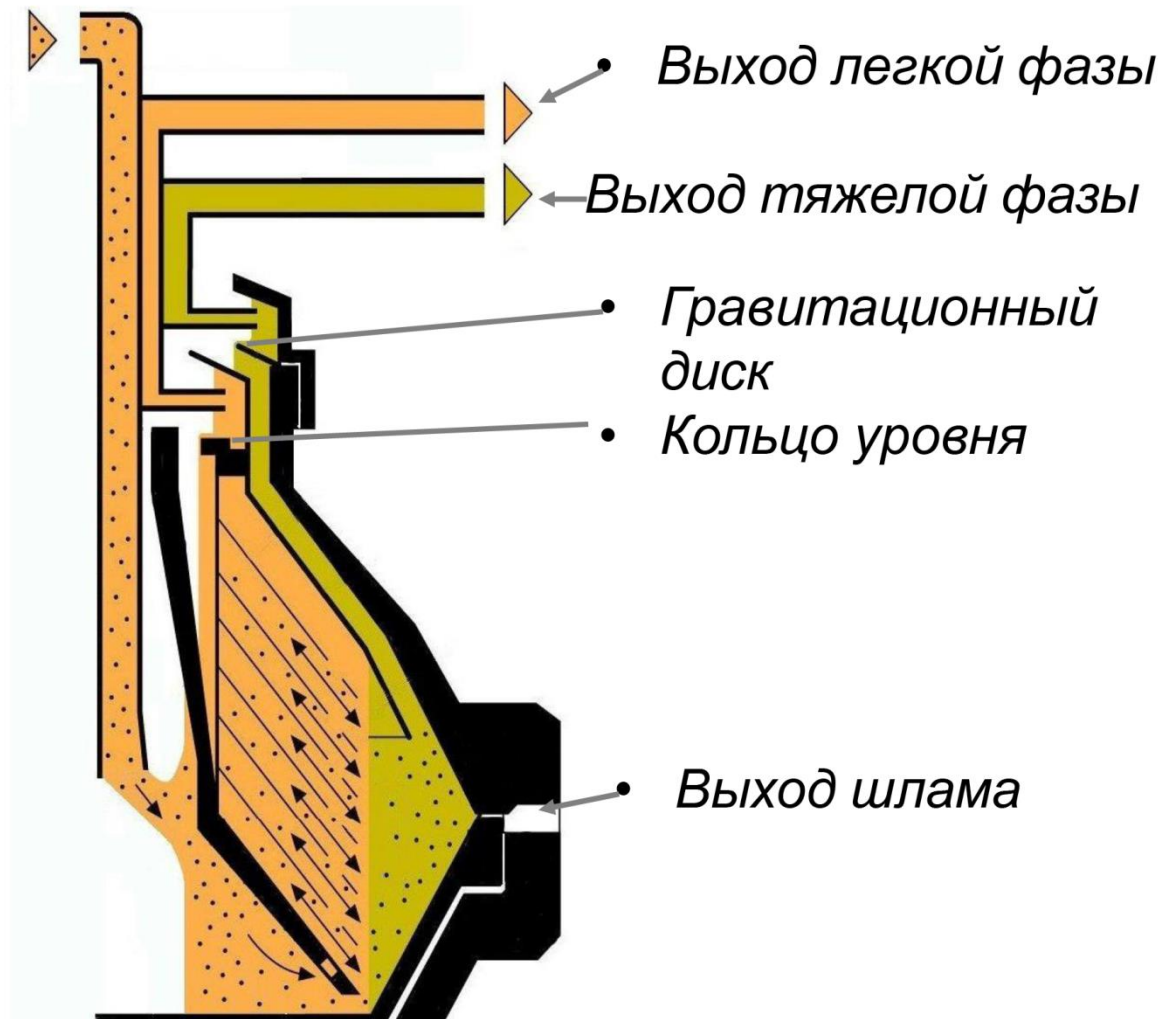
Барaban кларификатора



Пурификатор



- Подвод топлива

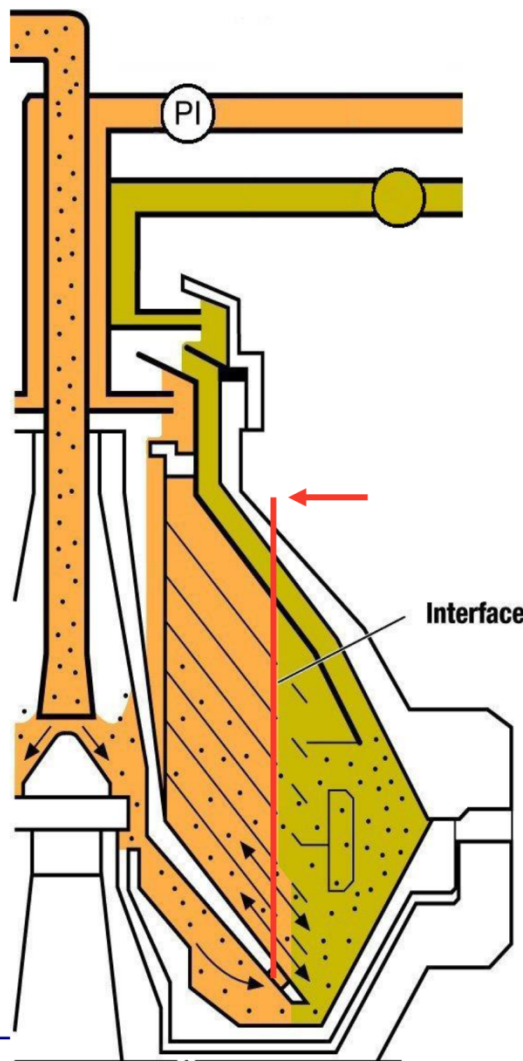


Традиционный сепаратор: пурификатор



Факторы влияющие на границу раздела: 1

- Грав.диск *слишком мал*
- Плотность топлива *понижена*
- Вязкости топлива *понижена*
- Расход топлива *понижена*
- Т-ра топлива *повышена*



- Вода частично
попадает на выход
топлива

- Граница раздела
фаз смещается к
центру:

- Вода запирает пакет
тарелок

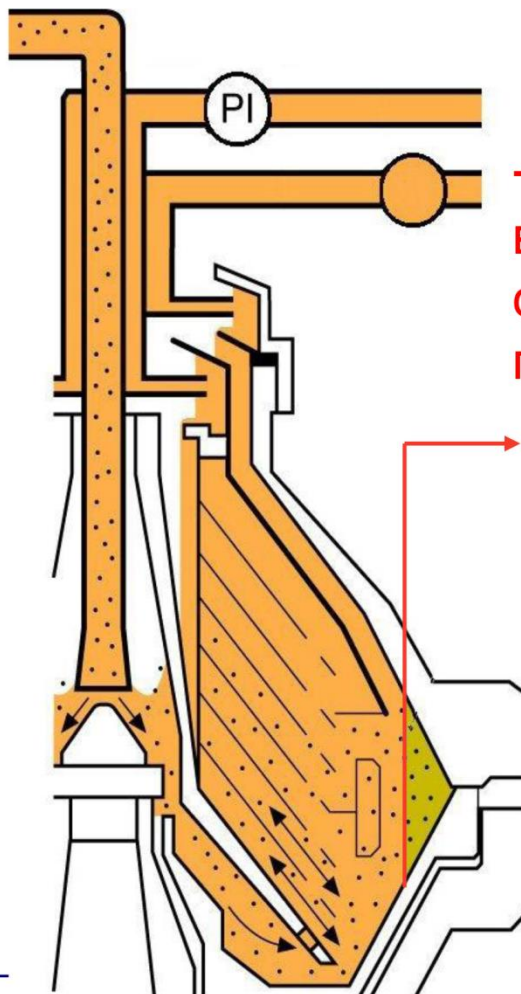
- Риск плохой
сепарации

Традиционный сепаратор : пурификатор



Факторы влияющие на границу раздела: 2

- Грав.диск *слишком большой*
- Плотность топлива *повышена*
- Вязкости топлива *повышена*
- Расход топлива *повышена*
- Т-ра топлива *понижена*
- Пакет тарелок *загрязнен*



- Топливо попадает на
выход воды из
сепаратора= срыв
гидрозатвора

- Граница раздела
фаз стремится к
периферии

Риск срыва
гидрозатвора

Эффективность сепарации (%)

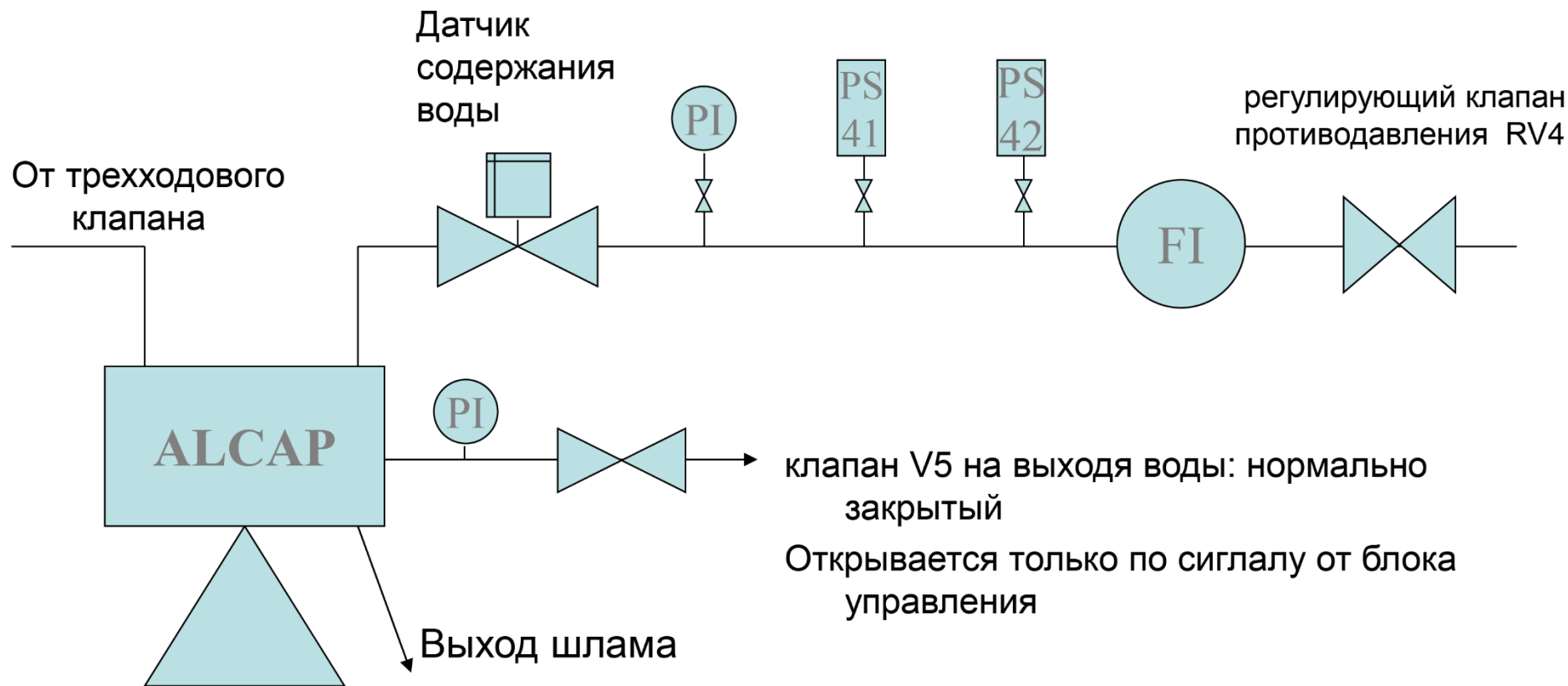


Традиционная система сепарации :

Оптимальный результат сепарации для HFO

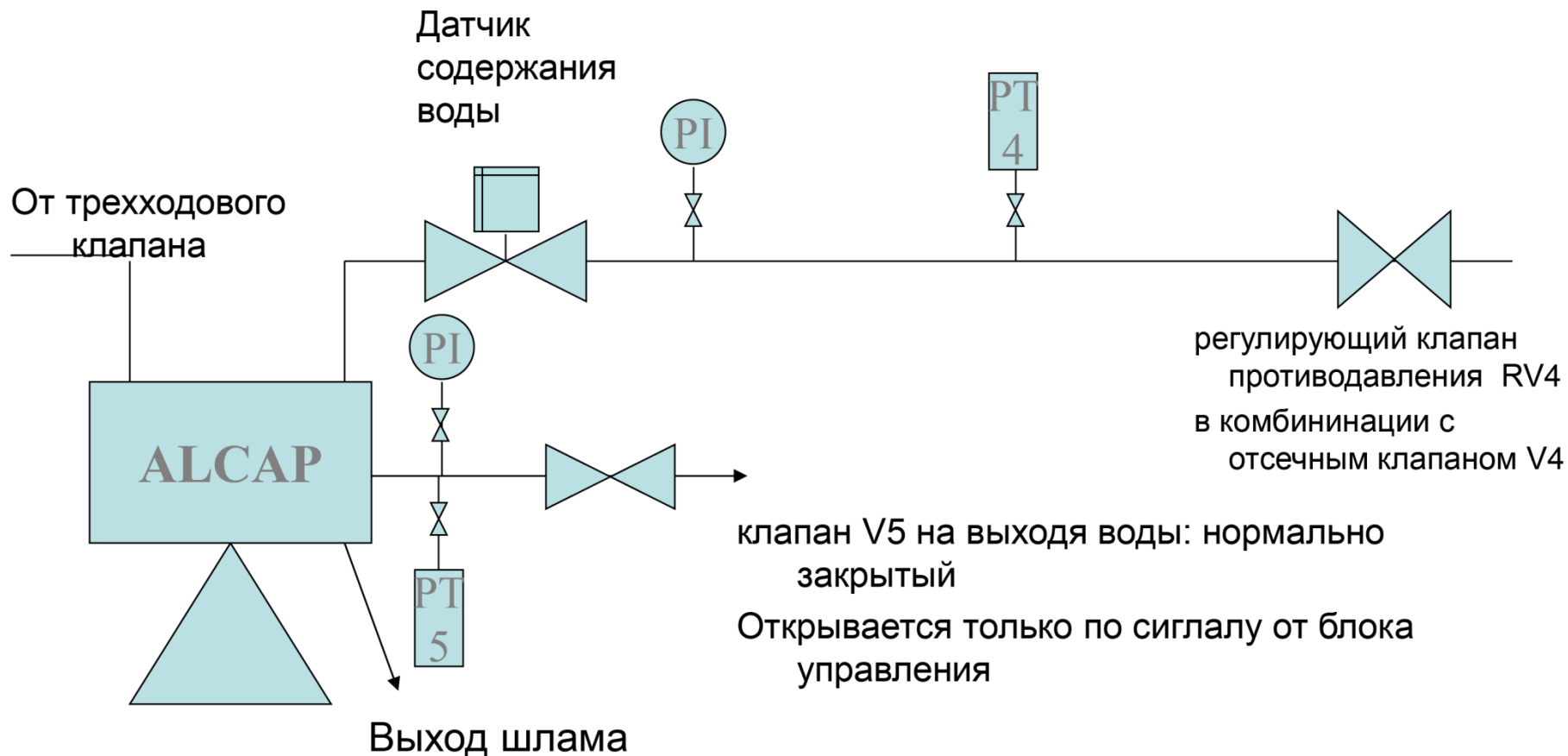
- Максимальная плотность 991 kg/m³
- Использование последовательной схемы работы-
пурификатор, затем кларификатор
- Кларификатор работает для «подстраховки» («полировка топлива»)
- Кларификатор должен разгружаться в один и тот же интервал времени, что и идущий перед ним пурификатор

Сепараторы типа ALCAP:



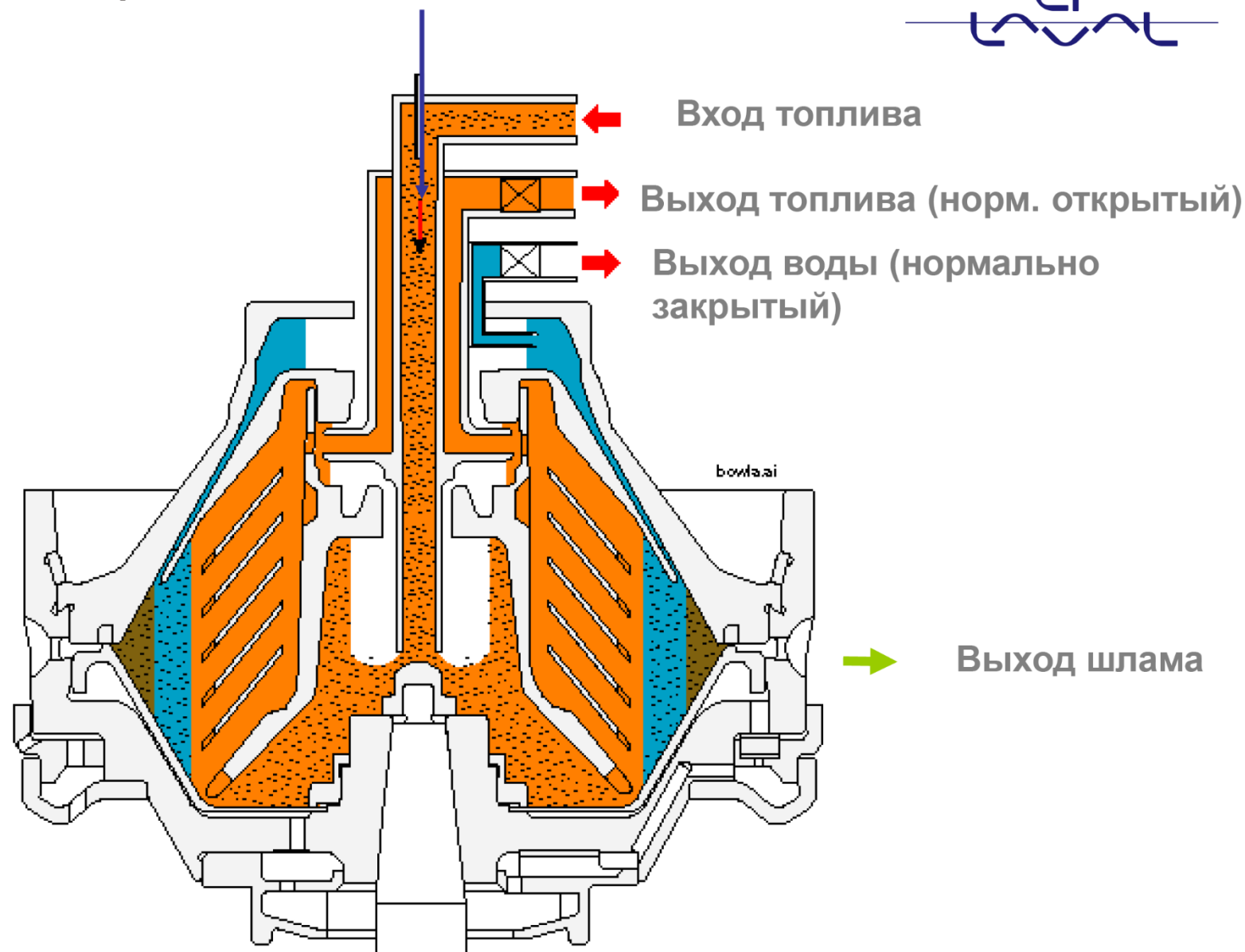
Сепараторы FOPX и MFPX типа ALCAP

Сепараторы типа ALCAP:



Сепаратор типа S

Вход обрабатывающей и вытесняющей воды



Итог:



- Постоянный мониторинг очищенного топлива
- Оптимальная защита двигателя
- Отсутствие гравитационного диска- нет необходимости ручной регулировки
- Самоподстройка
 - Всегда оптимальный результат очистки
 - Очень низкая потеря топлива при выгрузке шлама
- Одноступенчатая системы сепарации топлива
- Усовершенствованный процесс сепарации , ALCAP

Итог:



Постоянный мониторинг очищенного топлива:

- Полный замер параметров производительности
- Различия в диэлектрической постоянной топлива и воды
 - диэлектрическая постоянная топлива: 2 – 6
 - диэлектрическая постоянная воды : 90- 95

Оптимальная защита двигателя

контроль за границей раздела сред

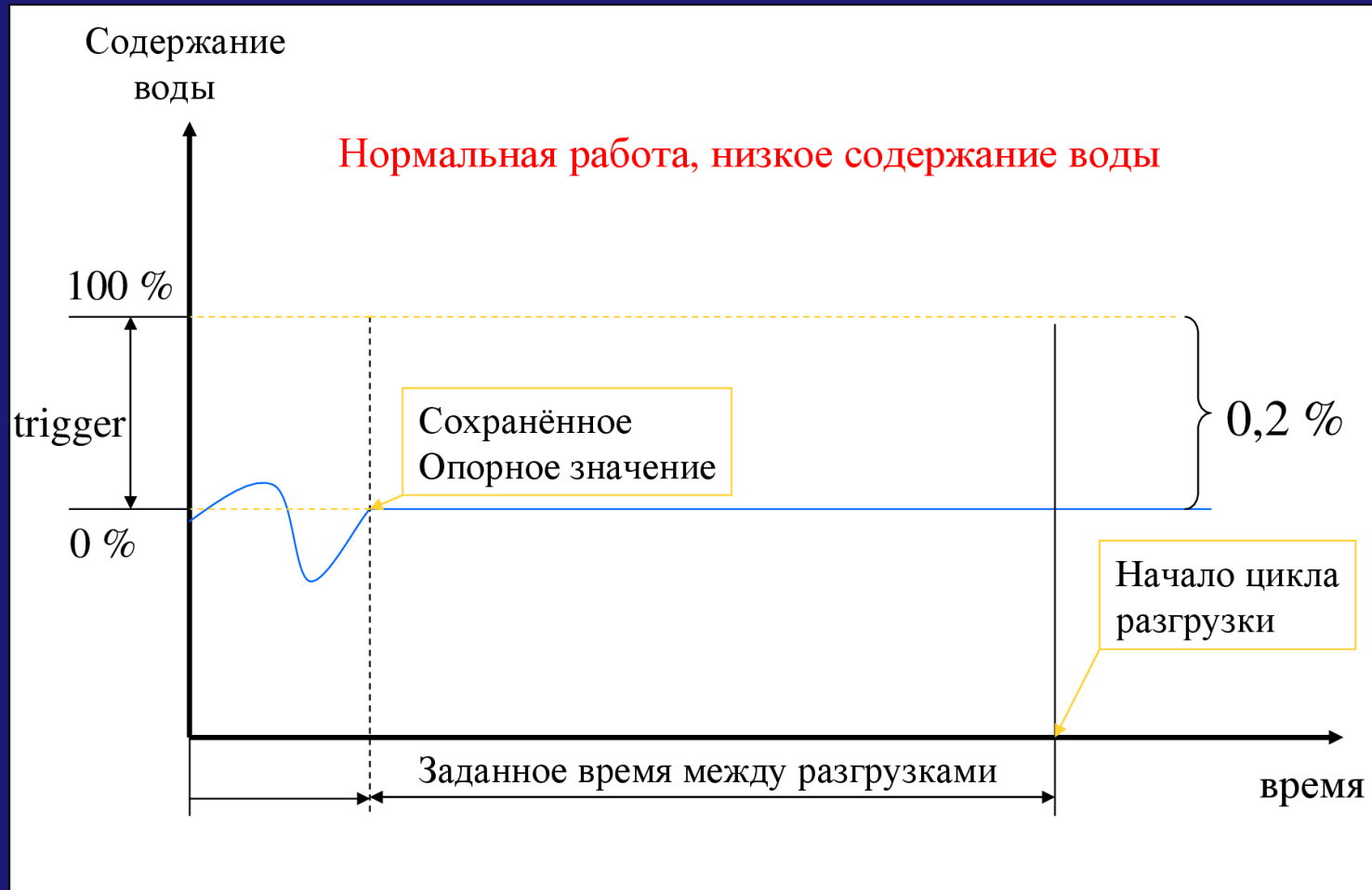
- отсутствие воды и шлама в пакете тарелок
- постоянный мониторинг содержания воды



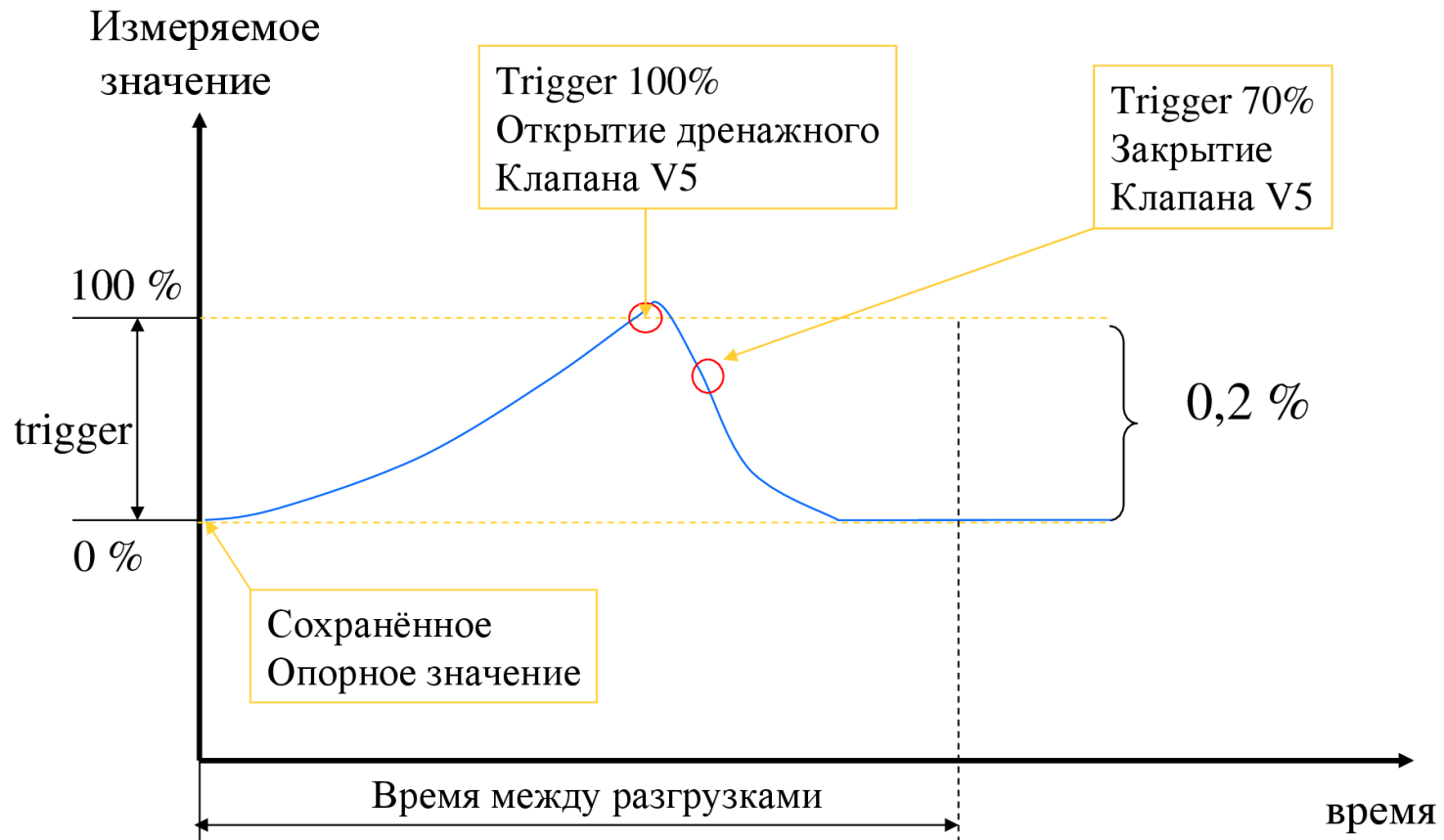
ALCAP

Принцип работы датчика
содержания воды.

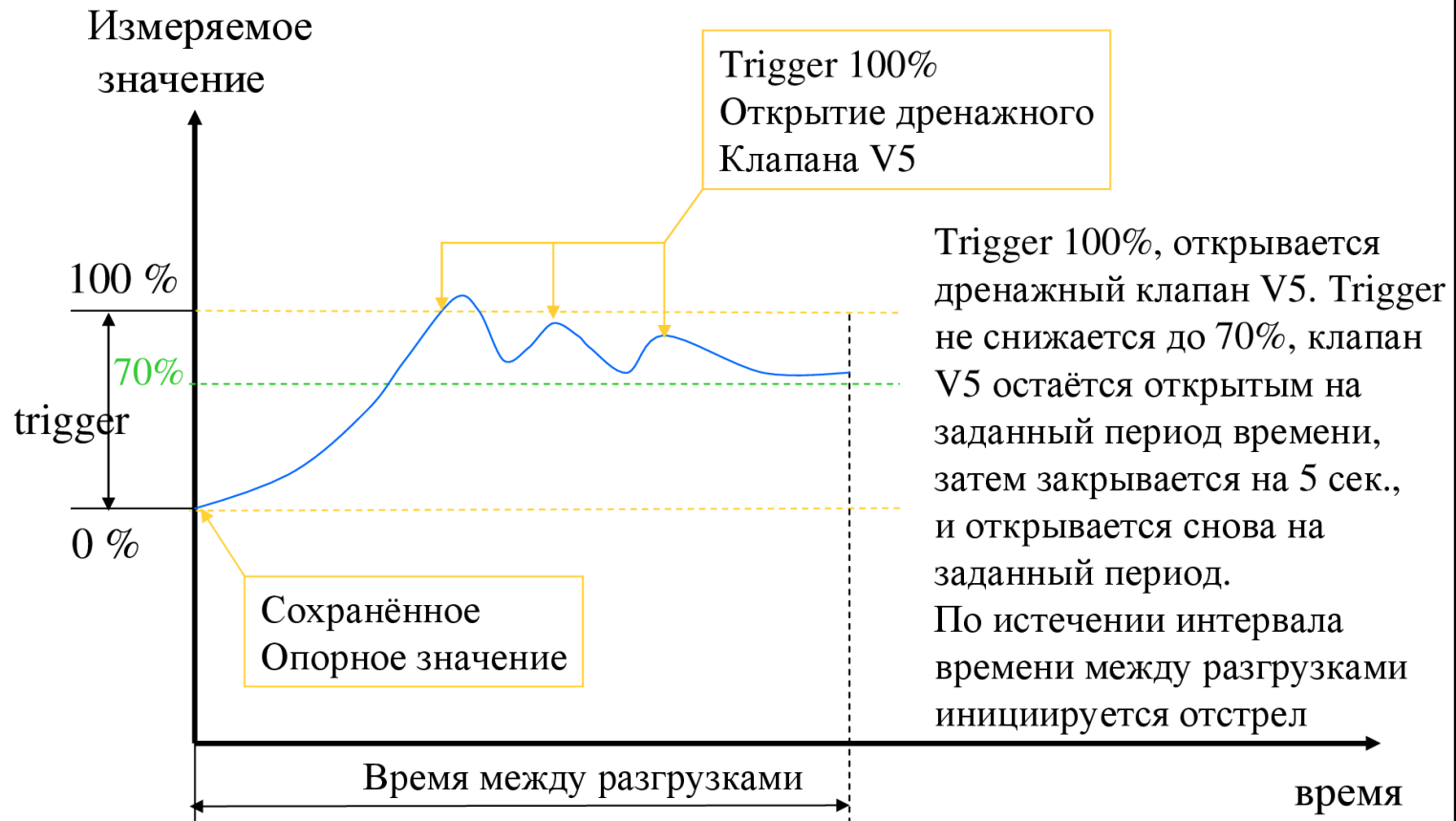
Сепараторы типа ALCAP



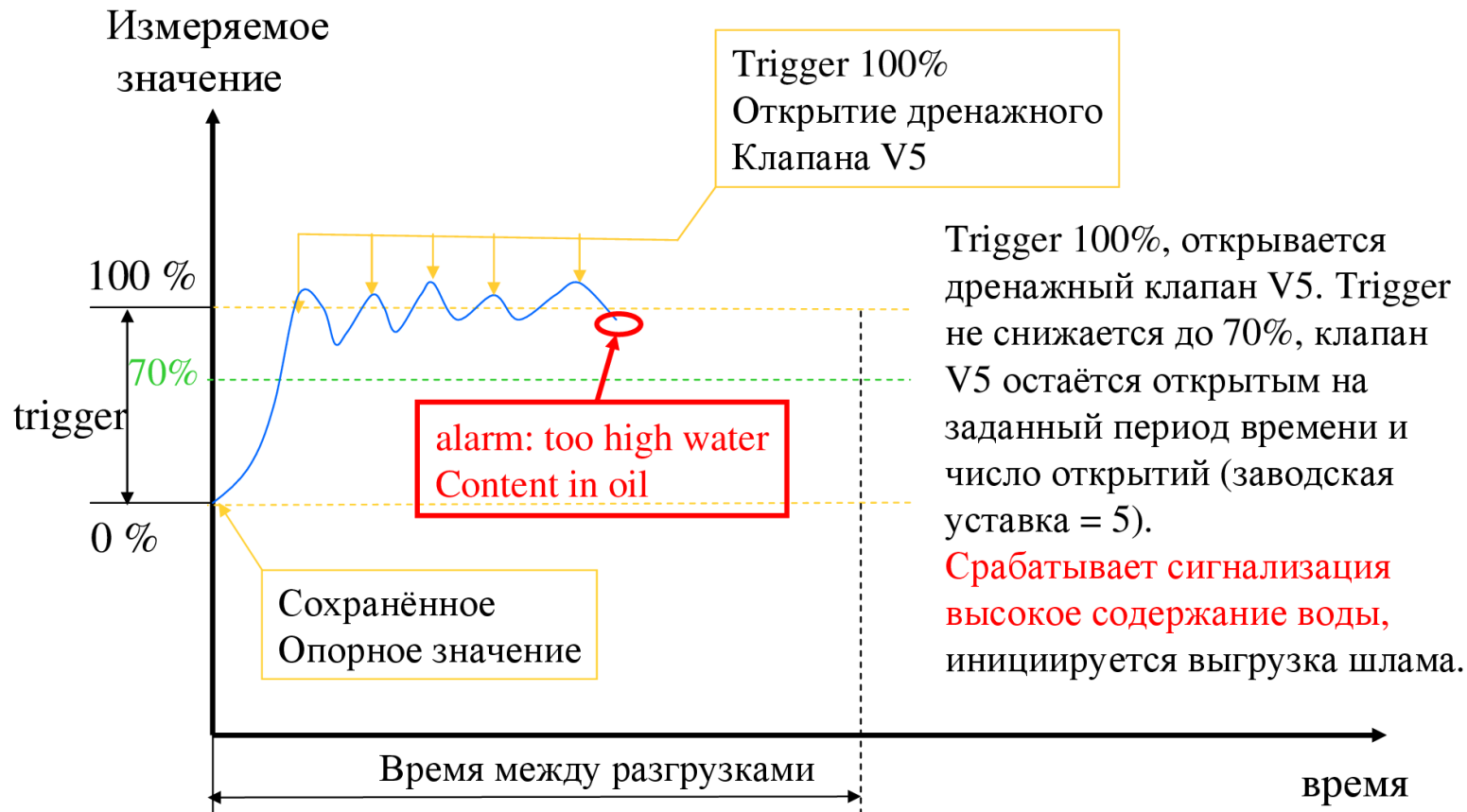
Сепараторы типа ALCAP



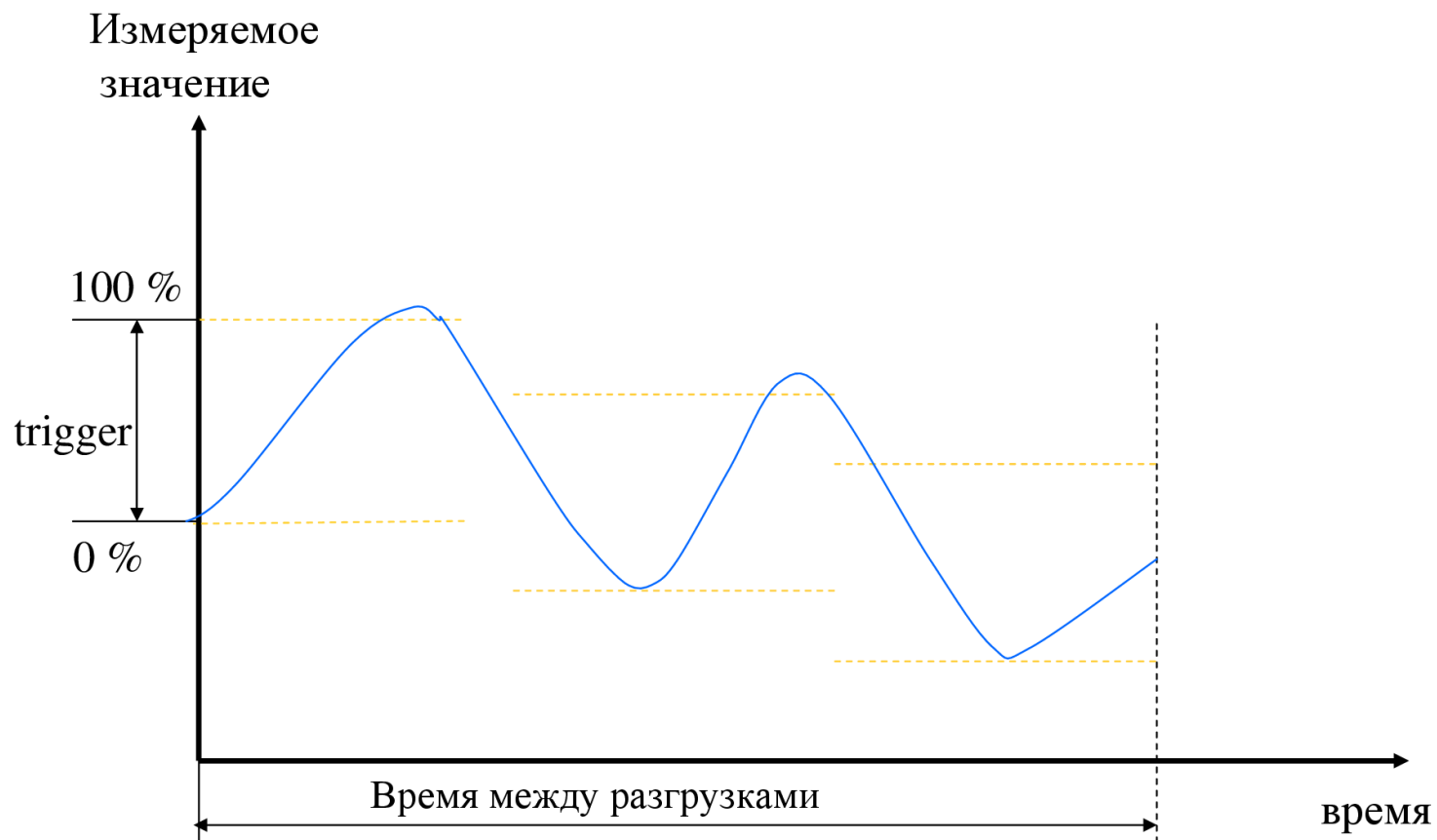
Сепараторы типа ALCAP



Сепараторы типа ALCAP



Сепараторы типа ALCAP



Датчик воды

Как уже отмечалось, на выходе очищенного топлива из сепаратора системы ALCAP установлен датчик в наличия воды. Проточная часть датчика является часть трубопровода.

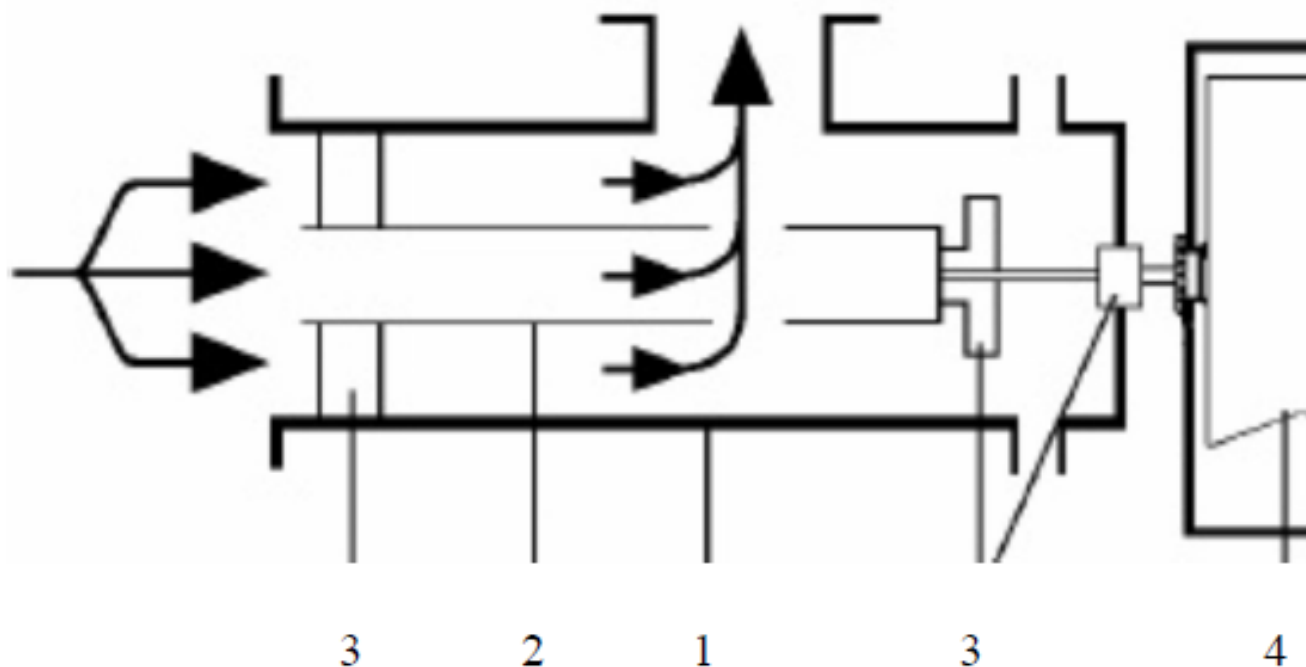
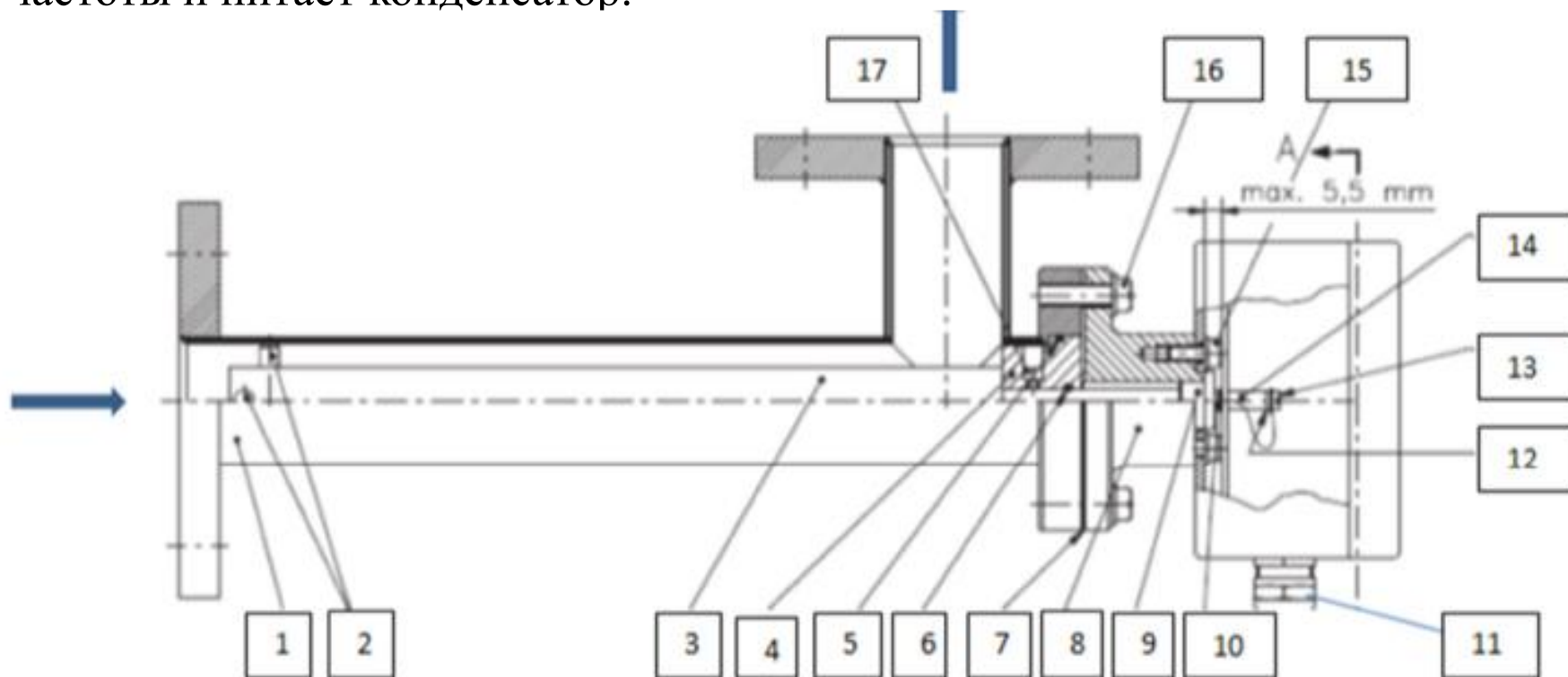


Рис. 18. Схема движения топлива через датчик WT200.

1 – корпус; 2 – электрод; 3 – изоляторы; 4 – генератор

Датчик воды WT 200 (см. рис. 19) состоит из корпуса 1 в виде цилиндра с фланцами, расположенного concentric с корпусом электрода 3 и соединительной коробки 18. Цилиндр корпуса и трубка электрода электрически разомкнуты друг от друга посредством изоляторов 2, 4 и 9. Внутри коробки расположена монтажная плата 19 осциллятора МТ 50. Трубка электрода и цилиндр корпуса формируют своеобразный цилиндрический конденсатор и служат его пластинами. **Осциллятор** преобразует постоянный ток в переменный высокой частоты и питает конденсатор.



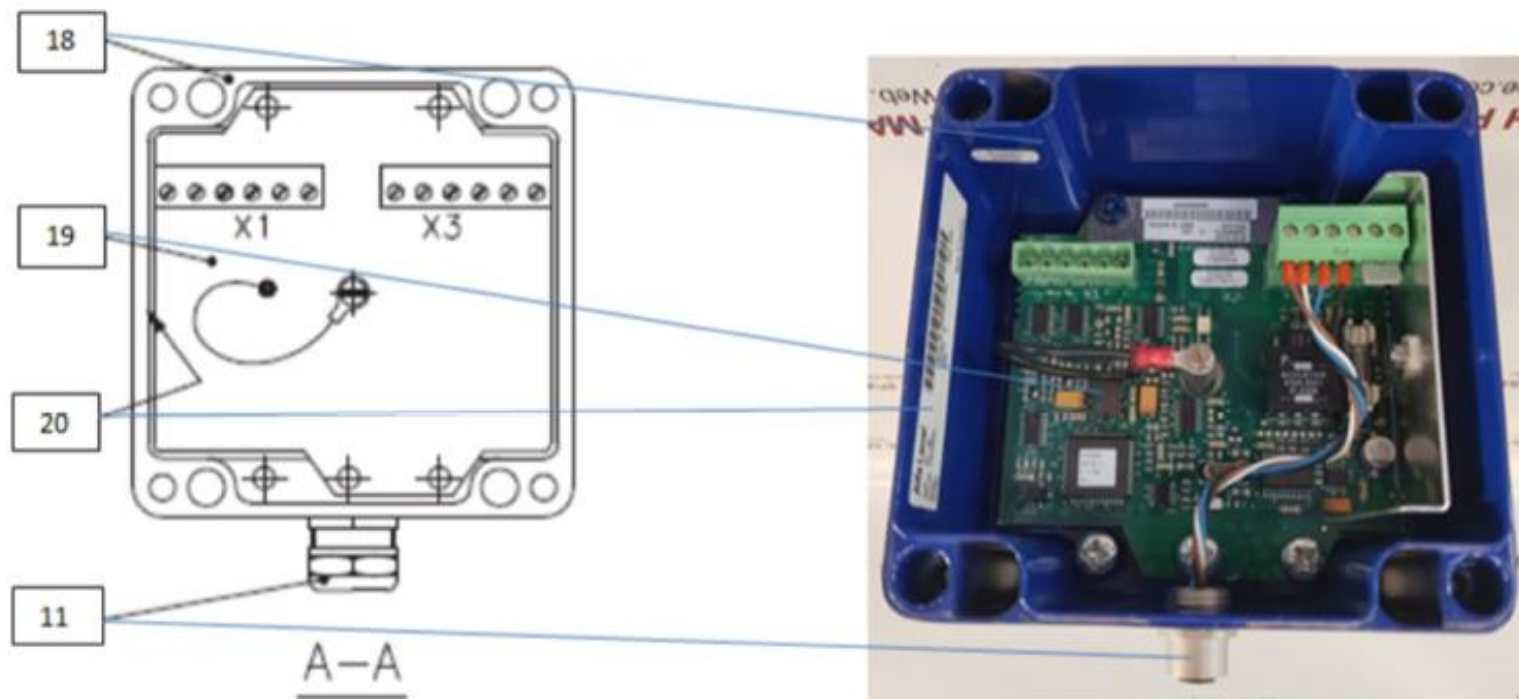
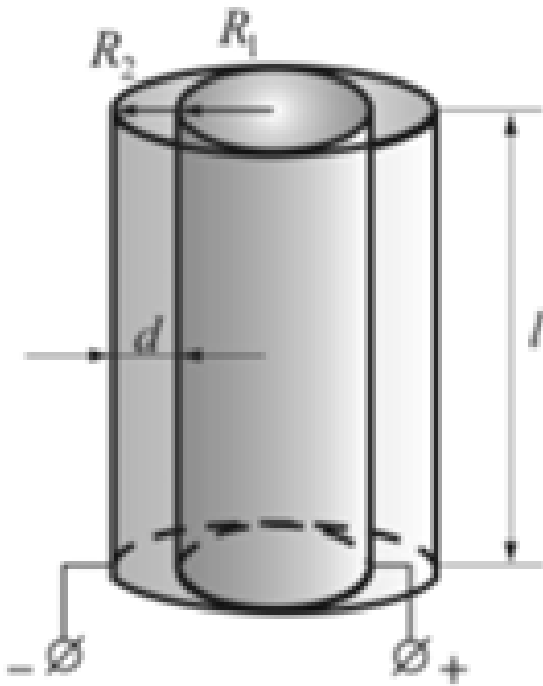


Рис. 19. Датчик воды WT200.

1 – корпус; 2 – дистанционный прут-изолятор; 3 – электрод; 4 – изолятор; 5,6 – уплотнительное кольцо;
 7 – прокладка; 8 – крышка; 9 – втулка изолирующая; 10 – пружинистая шайба; 11 – ввод кабельный/сальник; 12 – шайба; 13 – винт заземления; 14 – проставка; 15 – винт;
 16 – болт; 17 – стопор; 18 – соединительная коробка; 19 – монтажная плата осциллятора; 20 – бирка.

Рис. Схема цилиндрического конденсатора.



$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}.$$

Электрическая емкость C цилиндрического конденсатора (два коаксиальных цилиндра длиной l и радиусами R_1 и R_2 , пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ), где ϵ_0 - электрическая постоянная:

Емкость электрического конденсатора зависит от площади поверхности его пластин, расстояния между пластинами и диэлектрической проницаемости материала между ними. Чистое топливо является диэлектриком. Наличие даже небольшого количества воды в топливе резко меняет его диэлектрическую проницаемость ϵ . Так если **ϵ для судовых топлив при нормальной температуре составляет 2,0 – 2,4 (2 – легкое дизельное топливо, 2,4 – мазут), то для воды – 81.**

Изменение электрической емкости преобразуется в аналоговый сигнал, величина которого пропорциональна содержанию воды в отсепарированном топливе. Сигнал от датчика воды непрерывно контролируется системой управления. Поскольку величина сигнала зависит от вида топлива, его температуры и других факторов, то базовое нулевое значение сигнала для чистого топлива считывается системой за короткий период после отстрела сепаратора, когда эффективность очистки топлива максимальна (приблизительно 2% выше лучшего результата). Предельное значение сигнала определяется как 100%-ное превышение базового уровня. При достижении предельного значения система дает сигнал на открытие дренажного клапана либо разгрузку барабана сепаратора.



а)



б)

Рис. ... Датчики проводимости а) - сепаратора «Альфа Лаваль» моделей S и б) - сепаратора «ГЕА-Вестфалия» моделей "Unitrol WMS".

Сепараторы типа ALCAP

- Постоянный контроль качества сепарации
- Максимальная защита двигателя
- Отсутствие гравитационного диска, меньше необходимость в контроле и настройках
- Система саморегулирующаяся:
 - всегда максимальное качество сепарации
 - снижение потерь масла при отстрелах
- Нет необходимости в последовательной работе двух сепараторов
- Улучшение качества сепарации

Особенности сепарационной системы “G-Hiddens” от компании Мицубиси

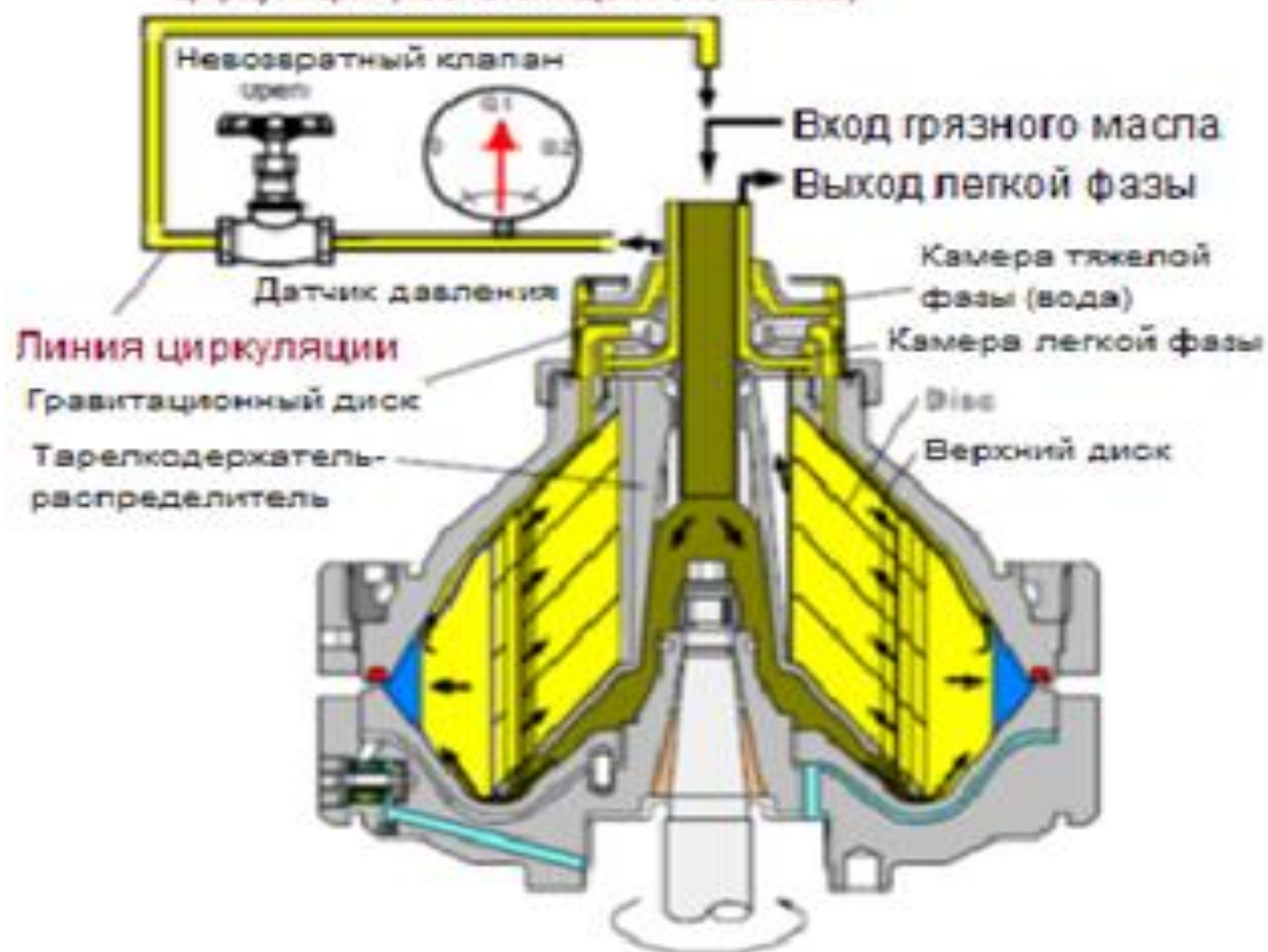
В спецификации системы HIDENS для выпуска воды, скопившейся в барабане, используется частичный сброс, что в принципе аналогично режиму полного сброса, за исключением того, что продолжительность открытия подвижного дна (здесь он называется «главный клапан») меньше.

Система H-HIDENS и система SUPER HIDENS может обрабатывать масла с высокой плотностью без необходимости замены гравитационного диска. В системе обнаружения воды с датчиком давления используется инновационный автоматический клапан, установленный в верхней части пурификатора, который срабатывает для сброса отделенной воды обратно на вход во вращающуюся чашу барабана, устраняя необходимость в работе подвижного дна.

В “G-Hydens” гравитационный диск заменен специальным с надписью “GH”. Центральное отверстие в нем меньше, чем в гравитационных дисках.

В режиме кларификации не будет гидрозатвора, не будет границы разделения сред и барабан полностью будет заполнен топливом. Таким образом, часть топлива будет проходить над верхним диском и попадать в (рис. 3.3.) «камеру тяжёлой жидкости» (“Heavy Liquid Chamber”), оттуда импеллером центростремительного насоса оно будет отводиться в трубу для сброса воды. Но, кардинальное отличие от режима пурификации - выход из трубы перекрыт клапаном, чтобы топливо не уходило в шлам. Для контроля давления протока установлен игольчатый клапан. Плюс невозвратный клапан до него отсекает возможное опрокидывание циркуляции, а манометр позволяет выставить давление.

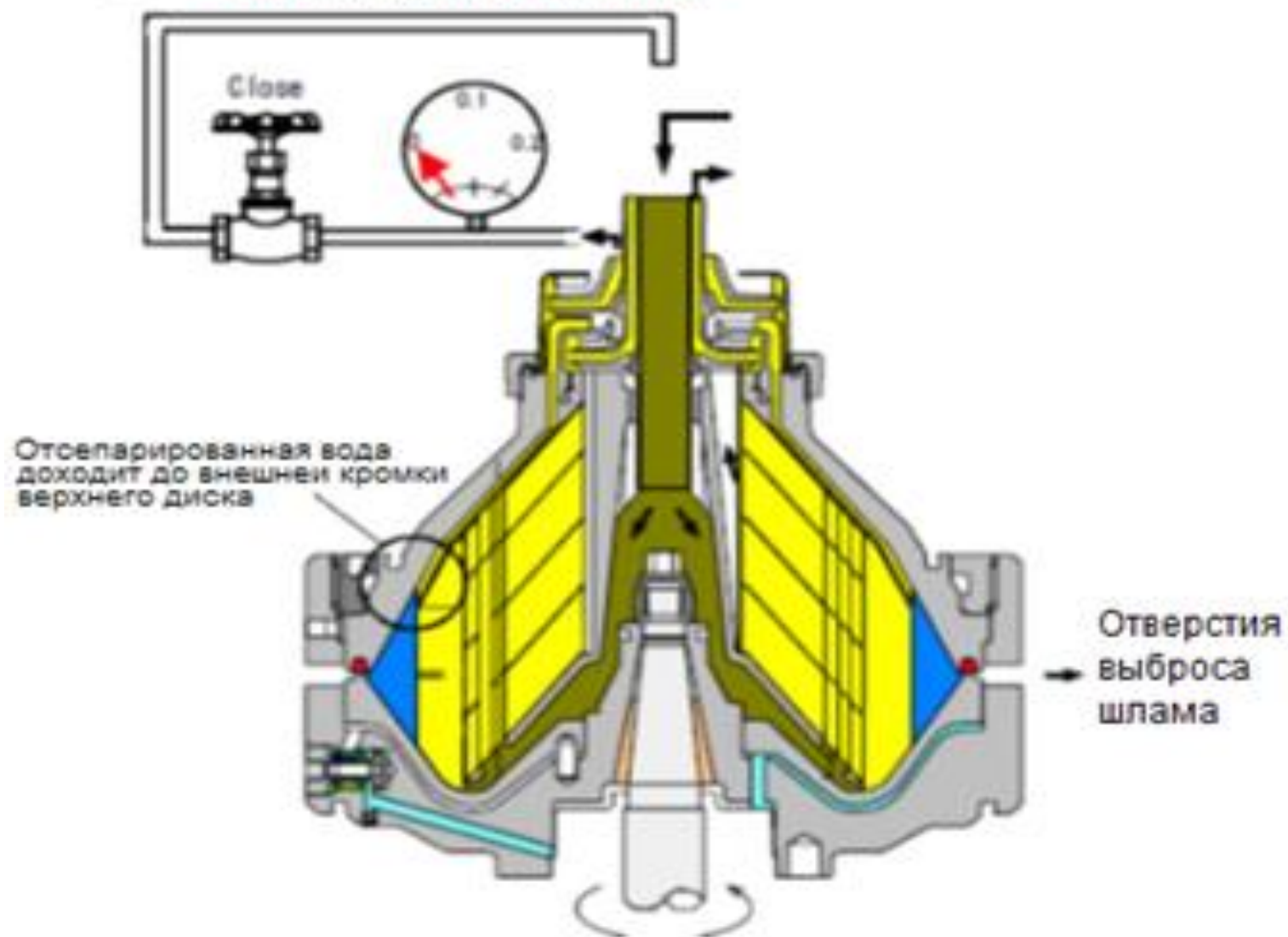
Циркуляция (часть очищенного масла)



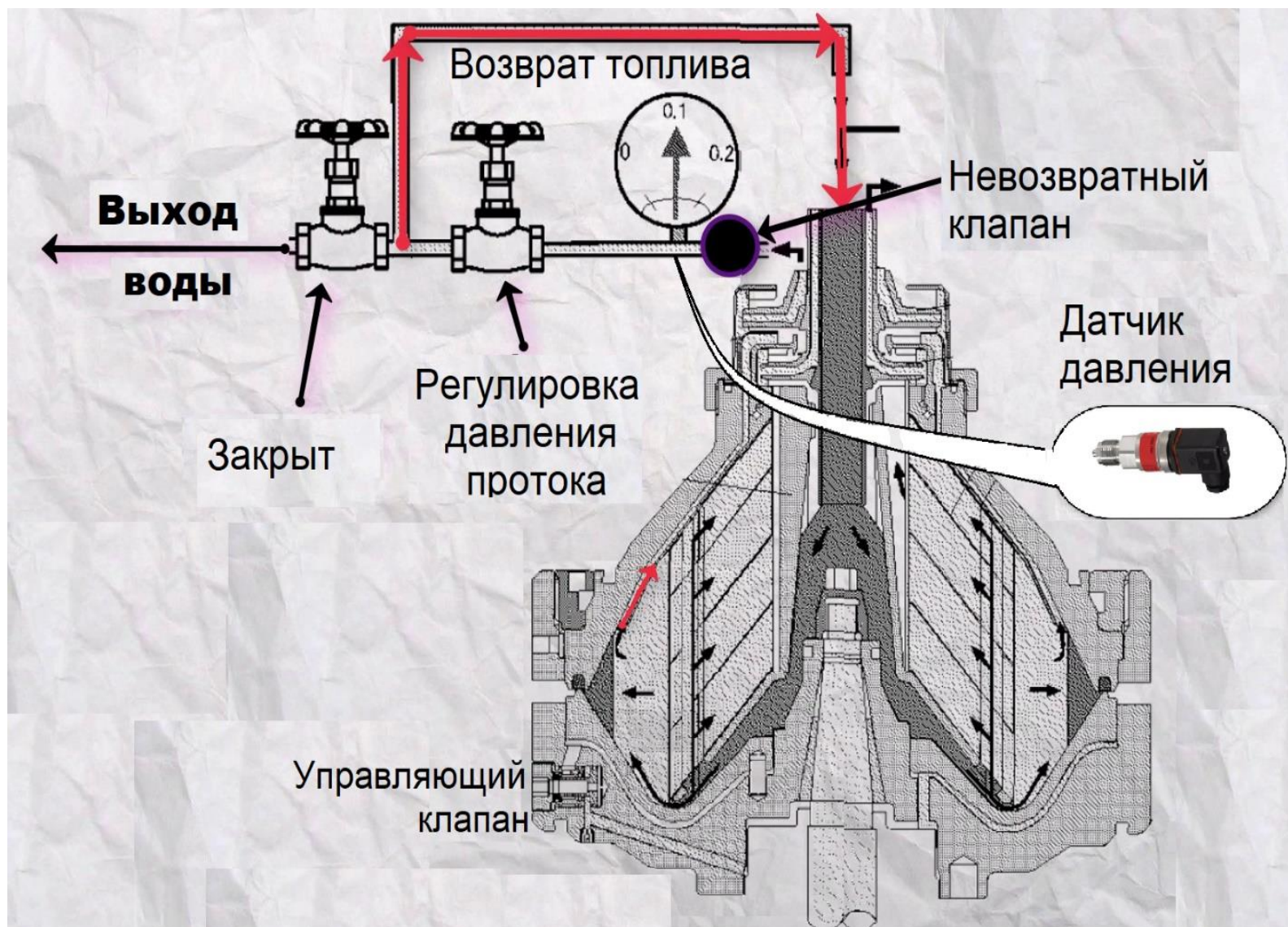
Рассмотрим подробнее принцип работы этой схемы (рис. 3.3.). Барабан заполняется топливом. Топливо начинает циркулировать по верху верхнего диска по циркуляционной линии и обратно в линию всасывания. Напор создаётся центростремительным насосом. В циркуляционной ветке устанавливается давление. Инструкция предусматривает, что оно должно быть 1 кг/см^2 . Установка давления производится следующим образом: прикрываем игольчатый клапан, чтобы давление поднять и открываем, чтобы снизить. Отметим, что давление регулируется порой с большой задержкой.

Если в топливе есть вода, в процессе сепарации она будет скапливаться у периферии и как только воды накопится достаточно, чтобы коснуться верхнего диска, поток топлива над ним прекратится, давление в циркуляционной ветке упадет.

↗ ✗ Циркуляция прерывается

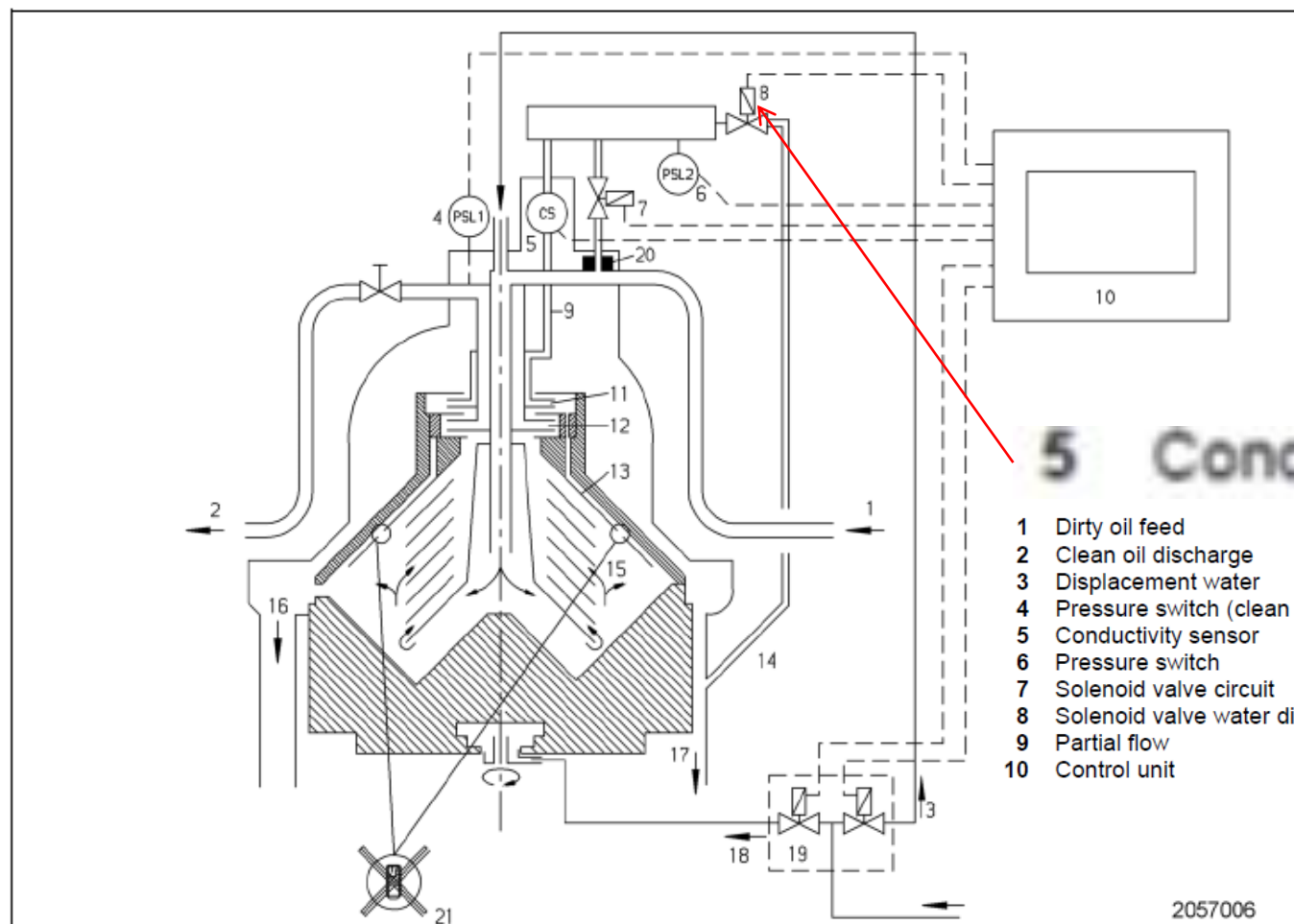


Датчик, установленный параллельно манометру, уловит падение давления. Автоматика поймет, что в барабане скопилось много воды и инициирует алгоритм частичного прострела, чтобы удалить из барабана воду. Во время частичного прострела рабочий процесс не останавливается. С этого момента алгоритм работы будет зависеть от настройки мультимонитора. Устанавливается промежуток времени работы сепаратора $T1$. Если за это время происходит количество частичных прострелов $N1$, сепаратор выполняет один полный прострел. Если за другой установленный временной промежуток $T2$, сепаратор производит полных прострелов $N2$, выйдет сигнализация по сильному обводнению топлива. Все уставки, временные отрезки и переменные могут быть настроены в мультимониторе.



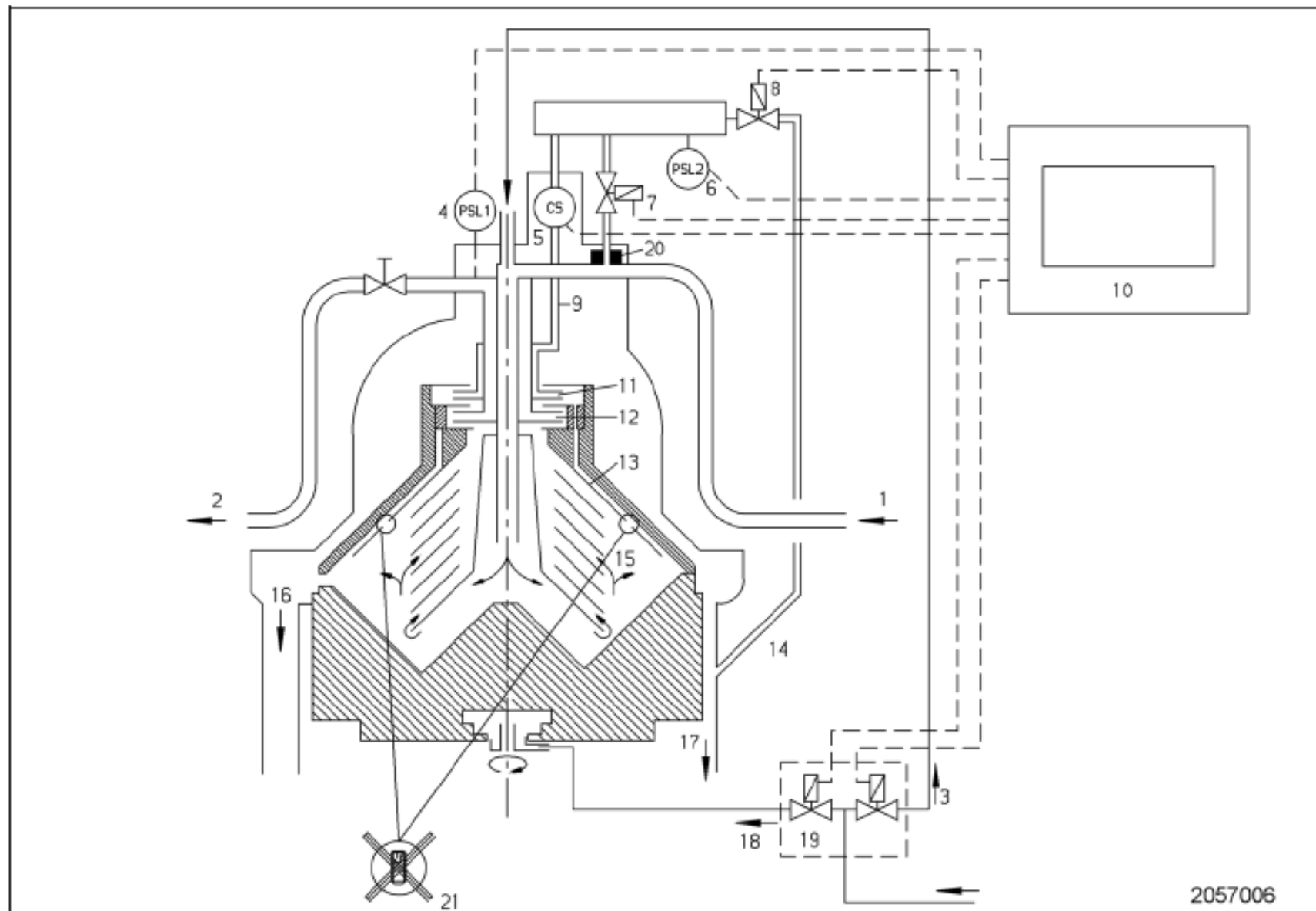
Примечание. В заключение темы отметим, что у другой ведущей фирмы по производству сепараторов «Вестфалия», конечно же, имеется своя система работы кларификатора с контролем содержания воды под названием «Unitrol». Она больше схожа с схемой “ALCAP”.

Separator with WMS and SMS for lube oil treatment (design -0196-)



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Dirty oil feed | 11 Sensing liquid pump |
| 2 Clean oil discharge | 12 Centripetal pump (clean oil) |
| 3 Displacement water | 13 Separating disk |
| 4 Pressure switch (clean oil) | 14 Dirty water discharge |
| 5 Conductivity sensor | 15 Solids holding space |
| 6 Pressure switch | 16 Solids discharge |
| 7 Solenoid valve circuit | 17 Operating water discharge |
| 8 Solenoid valve water discharge | 18 Operating water feed |
| 9 Partial flow | 19 Solenoid valve block |
| 10 Control unit | 20 Throttle |
| | 21 Control holes (open!) |

Separator with WMS and SMS for lube oil treatment (design -0196-)



2057006

WMS - water managing system SMS - sludge "--"

Сепаратор типа S.

Сепараторы типа S – это последнее поколение судовых сепараторов, реализующих технологическую концепцию ALCAP.

Они имеют ременной привод, модернизированную конструкцию барабана, более развитую поверхность набора тарелок, улучшенную напорную часть для отвода воды и более совершенную систему автоматического управления.

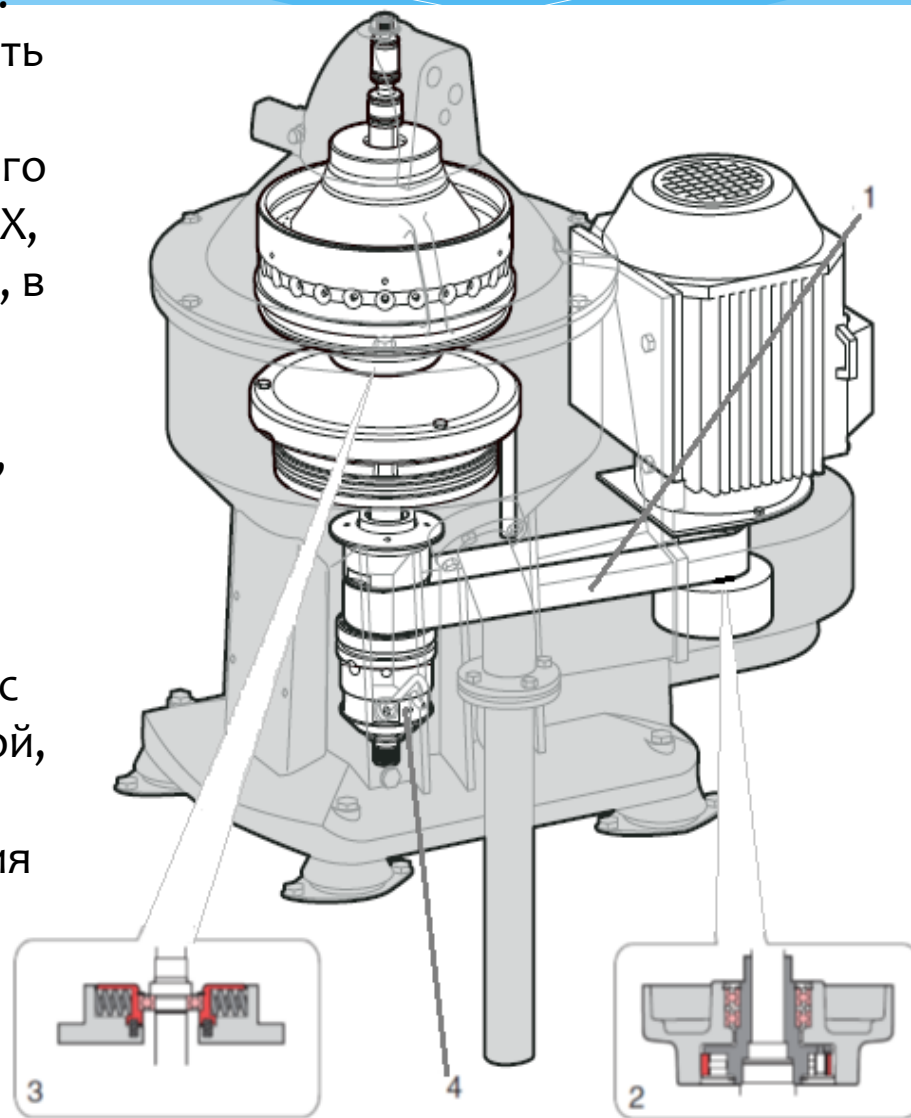


Кинематика сепаратора типа S.

Основной принцип остался тот же, что и у предыдущих сепараторов с ременным приводом (1). См. рис. Т.е. ременной шкив на валу электродвигателя оснащен центробежной муфтой (2) с фрикционными накладками, что обеспечивает плавный пуск и плавное ускорение, а также предотвращает перегрузку ремня и двигателя.

Для предотвращения преждевременного износа подшипников и опор вертикального вала постель (гнездо, седло, “top bearing seat”) верхнего подшипника, демпфируется как по вертикали, ложась в опору на три вертикальные цилиндрические пружины, так и по горизонтали, когда эта постель удерживается в опоре через 6 горизонтальных витых композитных (состав: резина-сталь) пружин(3). Плоская ременная передача имеет передаточное отношение, которое увеличивает скорость вращения чаши в несколько раз по сравнению со скоростью вращения двигателя.

Подшипники вала также смазываются масляным туманом. Но отличие в том, что вертикальный вал (другие названия: шпиндель, веретено) перестал выполнять роль насоса для подкачки воды на закрытие барабана. Вместо специального контейнера с водой, как в модели ММРХ, крепящегося к низу станины (см. рис.), в данной модели нижняя часть рамы представляет собой картер-ванну, куда заливается около 3 л смазочного масла, забираемого масляным насосом(4), закрепленным на нижнем торце вертикального вала. Надежная смазка подшипников обеспечивается насосом с крыльчатой вставкой (см. рис. ..) и дюзой, который вместе с вентилятором и дефлектором (название приспособления для изменения направления потока) создает заданное проектом движение масляного тумана



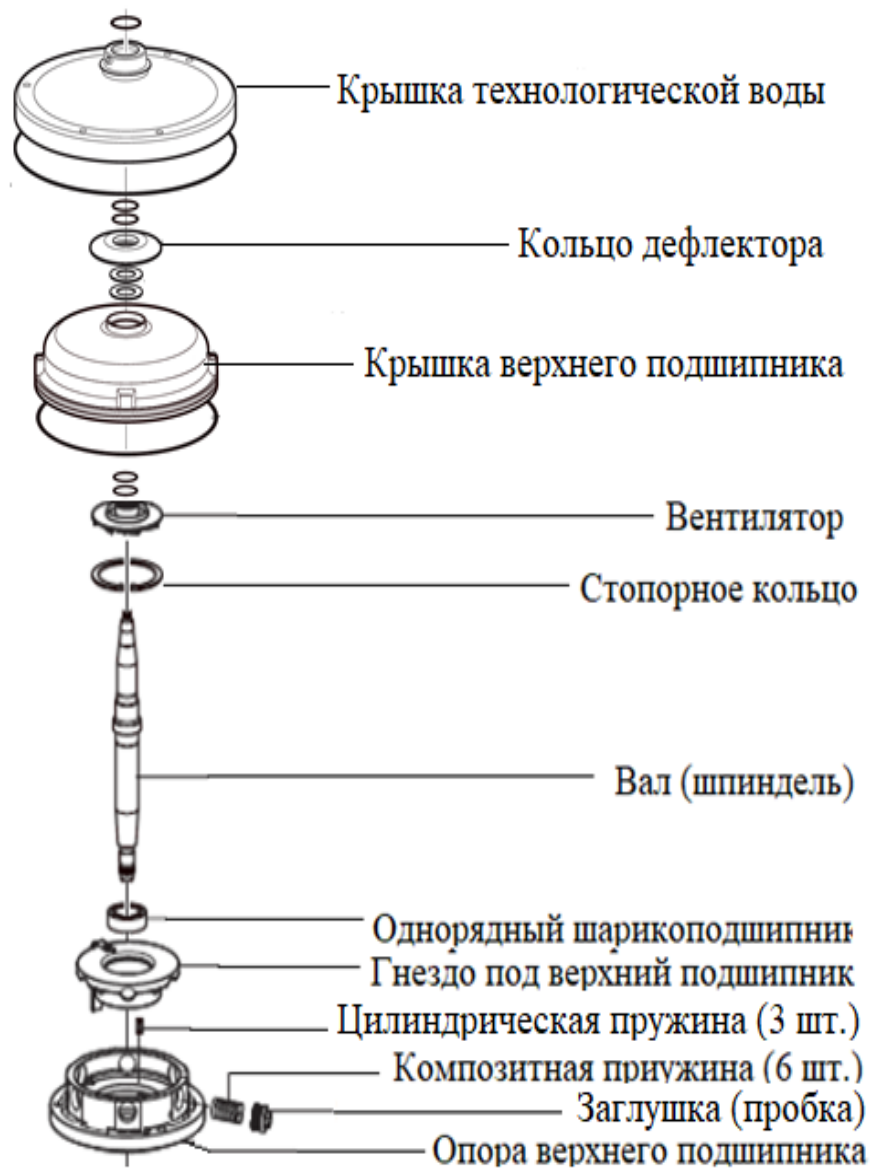


Рис. Основные детали устройства опоры и привода вертикального вала.

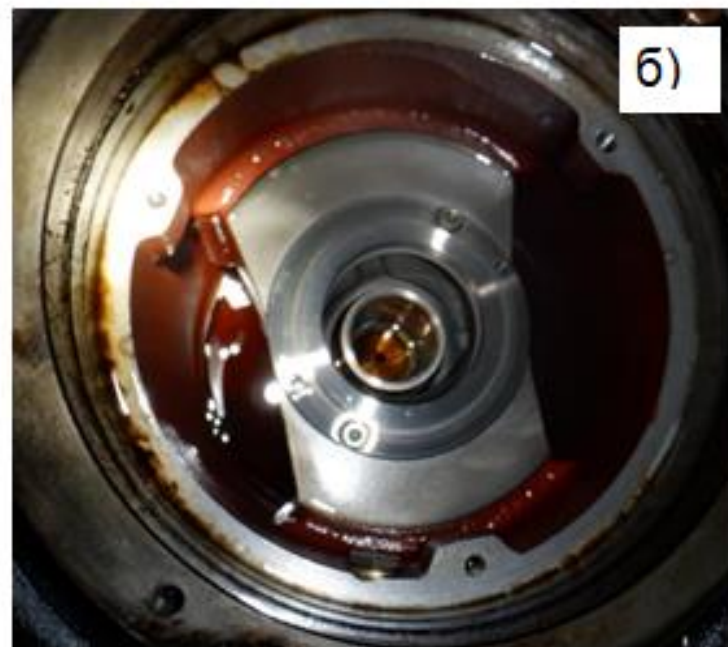
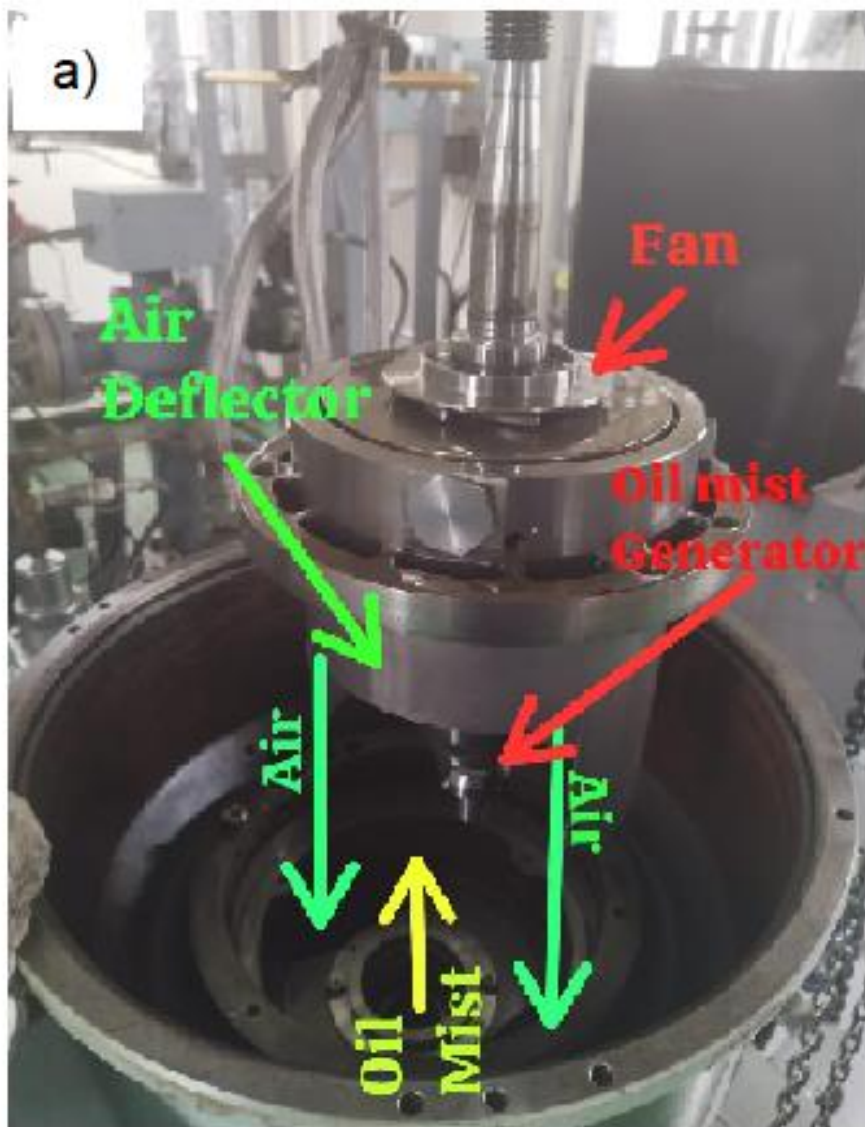


Рис. а) Детали создания потока масляного тумана;
 б) Нижняя часть рамы с держателем подшипника



Шкив электромотора также как и на предыдущей версия снабжен фрикционными башмаками, обеспечивающими мягкий старт и плавный разгон, а также защиту мотора и ремня от перегрузки. Но при этом ремень не имеет приспособления для регулировки натяжения, которое здесь обеспечивается за счет наклонно-шарнирного процесса установки электромотора, см. рис. ..а). – «по мере затягивания верхних гаек наклон выравнивается, а ремень приобретает заданное конструкцией натяжение». При этом ремень находится в средней части станины, см. рис. б), таким образом, не подвергаясь воздействию масляного тумана, смазывающего подшипники выше и ниже

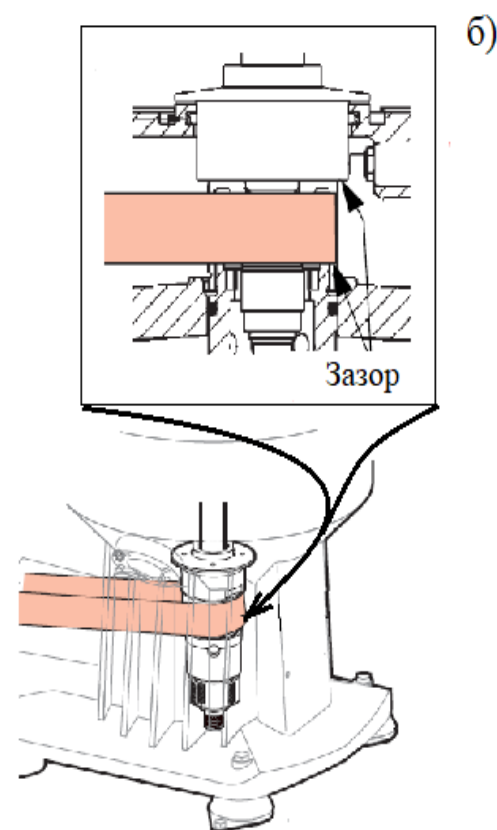
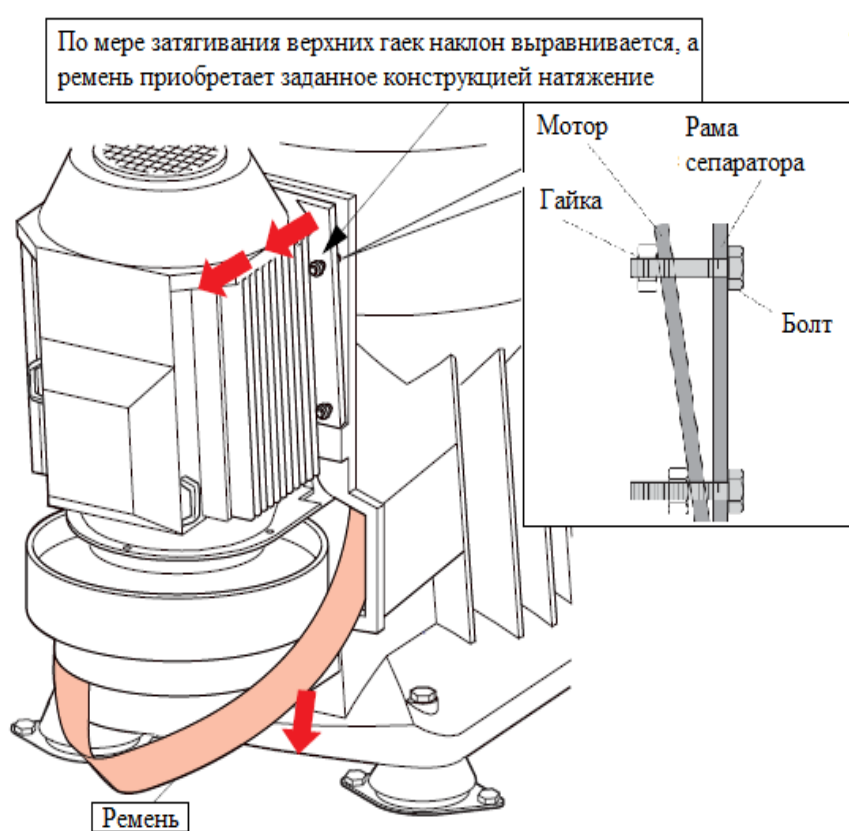




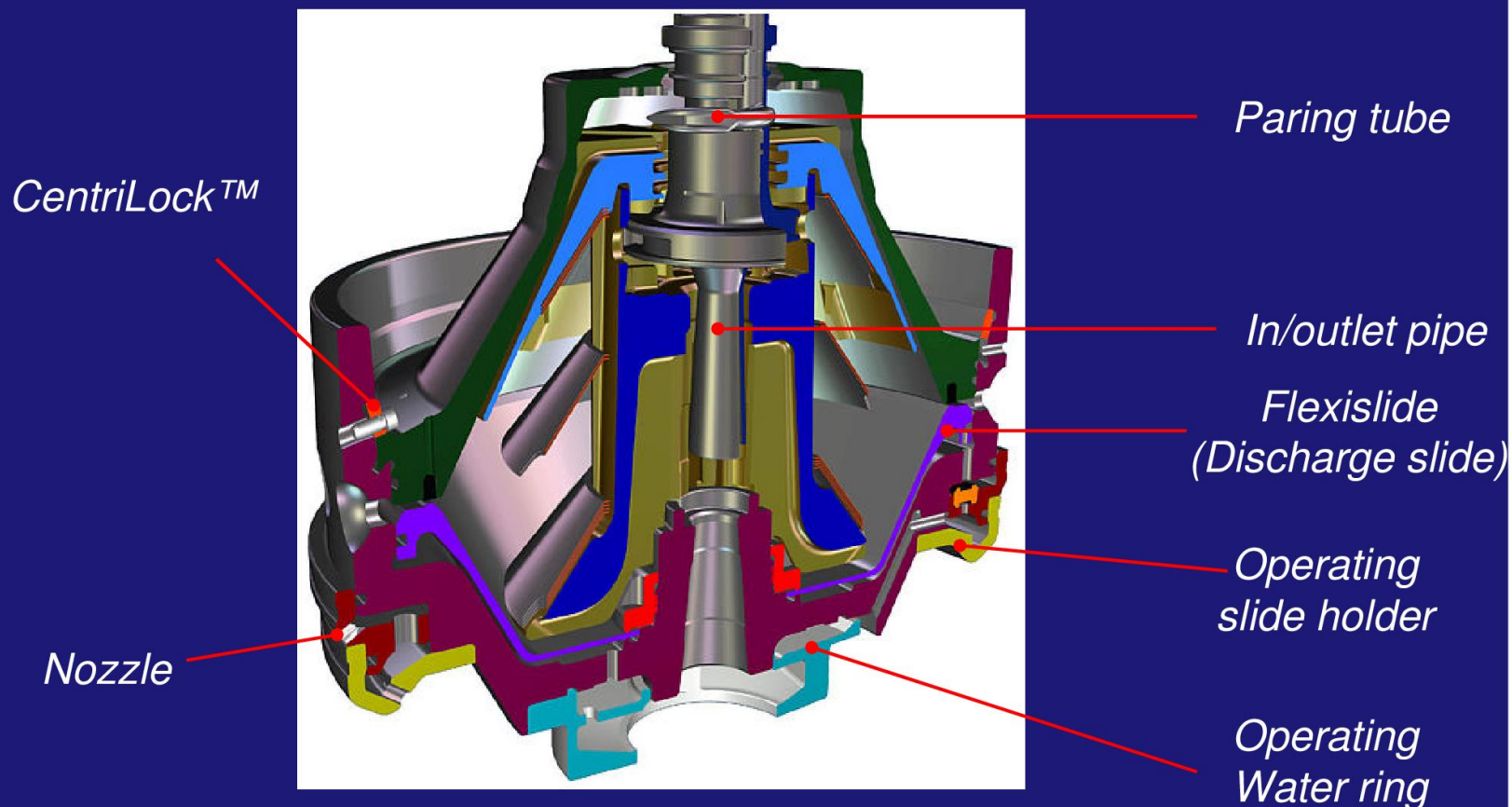
Рис. Плоский ремень на шкиве электромотора а) и на шкиве вала барабана б), здесь слева-вверху - датчик скорости.

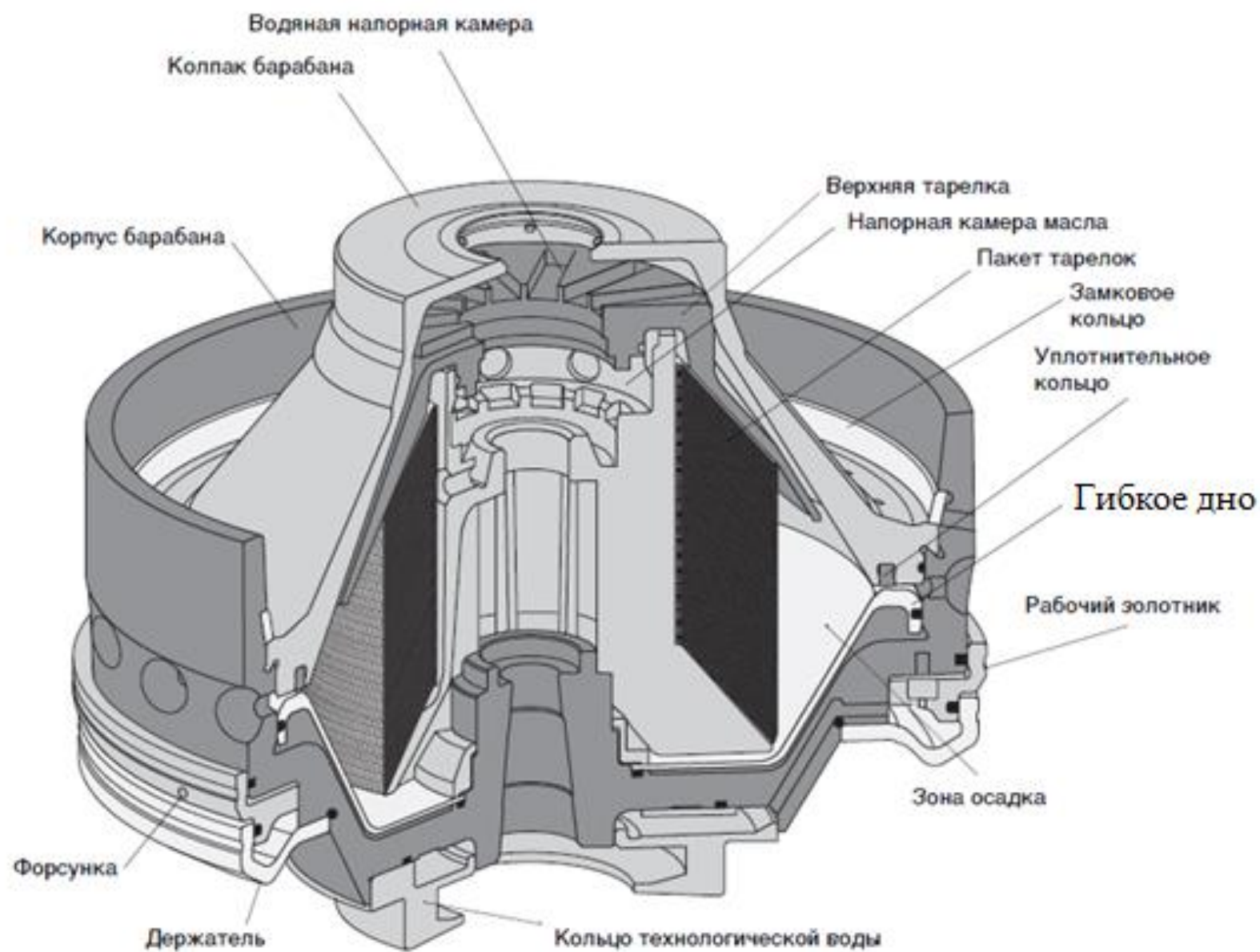


Невозможность замены ремня без демонтажа вертикального вала можно назвать недостатком подобной конструкции. Однако опыт эксплуатации показывает, что обычно не приходится специально заниматься подобными работами, т.к. фирменные ремни нормально «ходят» предписанные инструкцией 18 месяцев/12000 часов до замены во время полной переборки самого сепаратора.

Информационно: стандартно у этих моделей частота вращения электромотора 3000 мин^{-1} (при 50Гц), а частота вращения барабана от 9000 до более 12000 мин^{-1} (у моделей меньшей производительности и, соответственно, меньших размеров, скорость вращения больше).

The S-separator bowl







Сепаратор типа S.

Сепараторы типа S – это последнее поколение судовых сепараторов, реализующих технологическую концепцию ALCAP.

Они имеют ременной привод, модернизированную конструкцию барабана, более развитую поверхность набора тарелок, улучшенную напорную часть для отвода воды и более совершенную систему автоматического управления.

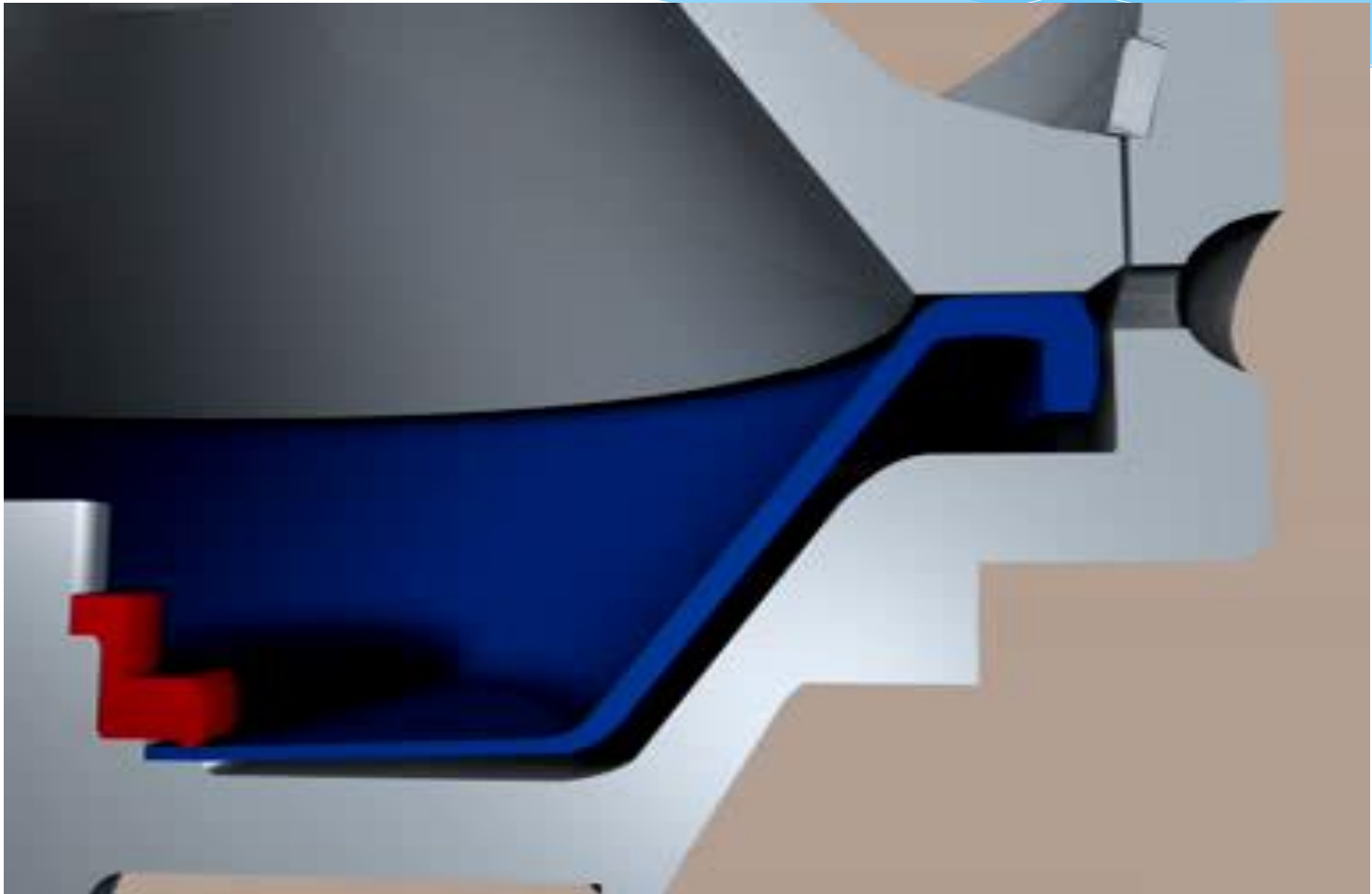
Барабан S- сепаратор имеет ряд отличий (см. рис. след. слайдов). Так **колпак фиксируется на корпусе с помощью защелкивания в паз замкового кольца, а не путем затяжки по резьбе большого стопорного кольца, как предусмотрено в сепараторе FORX.**

Такое соединение исключает использование ударного инструмента для сборки/разборки барабана, достаточно специального устройства и шестигранного ключа. Это предотвращает механический износ и деформацию деталей.

CentriShoot

Фиксированное гибкое дно барабана сепаратора

- * Отсутствие трения металл о металл
- * Нет причин для поломки барабана сепаратора



CentriLock

- * Сокращение расходов по ремонту барабана
- * Не требуется кувалда
- * Отсутствует износ резьбы
- * Отсутствует износ барабана



Удалось отказаться также от напорного бака для воды управления.
Вода на открытие и закрытие барабана подводится от системы пресной воды через единый вход.
Управляющее действие магнитных клапанов определяется разницей их сечения.

Продление срока службы барабана сепаратора

Уменьшение износа при применении CentriShoot и CentriLock исключает необходимость ремонта барабана сепаратора при нормальной эксплуатации.



CentriShoot



CentriLock

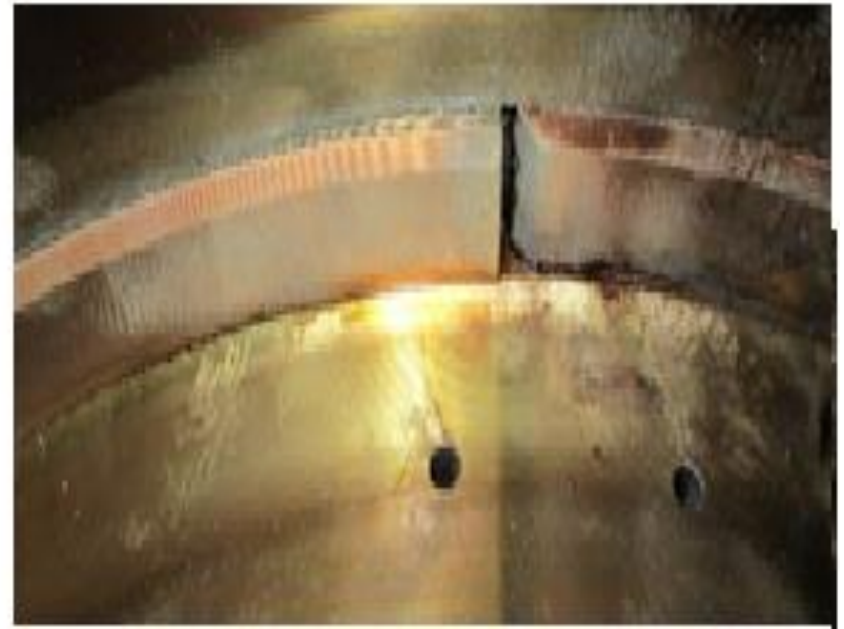
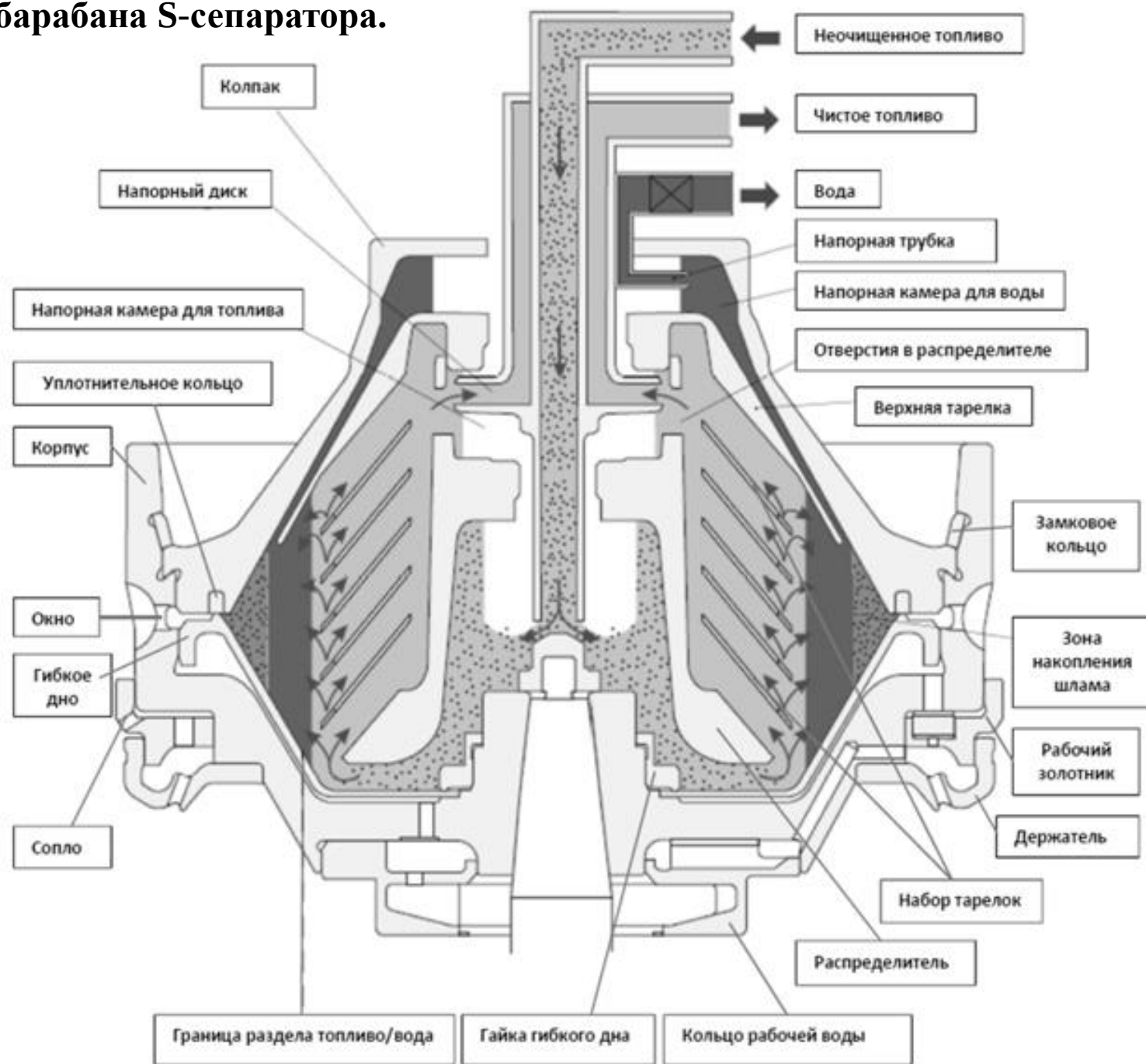
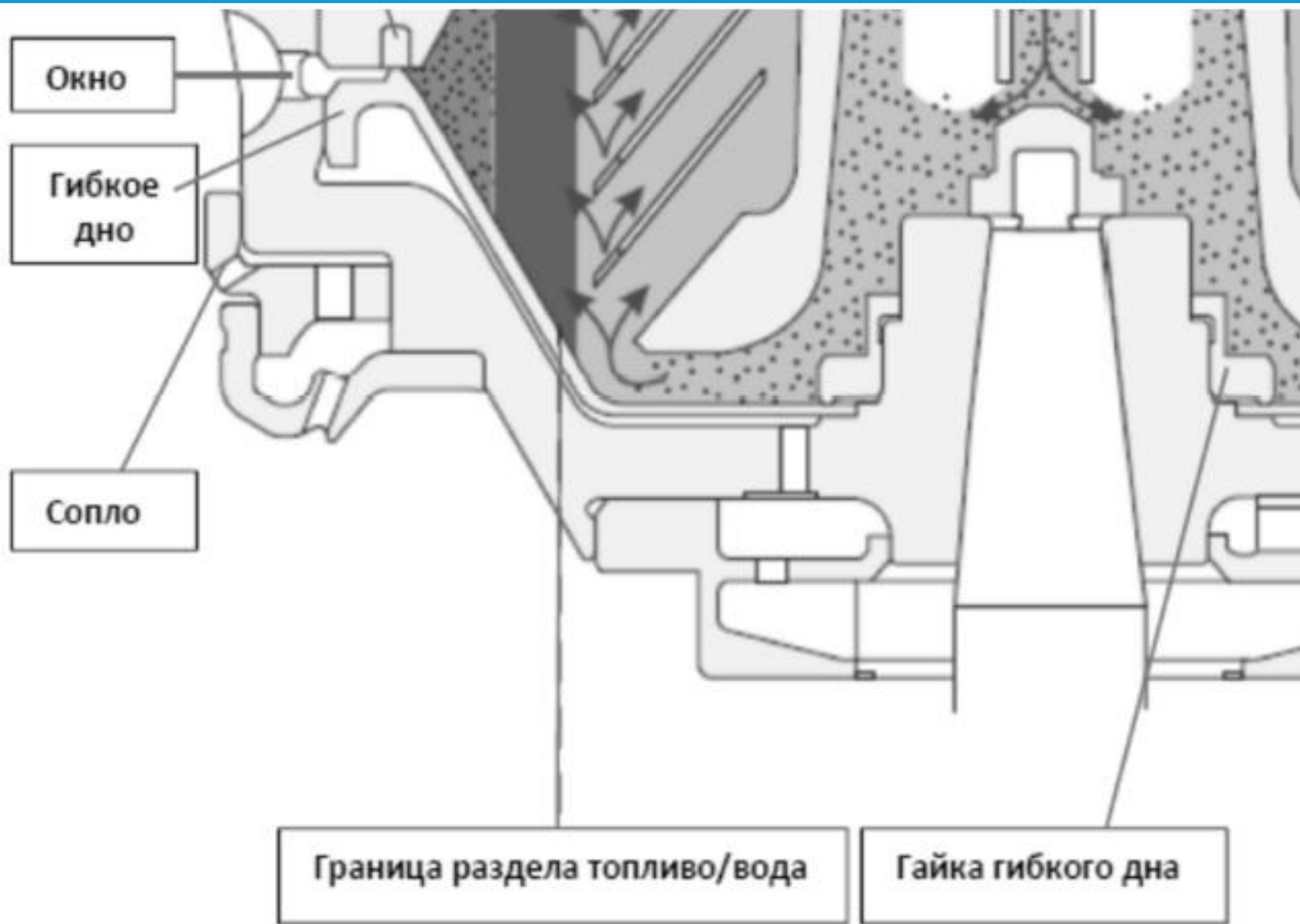
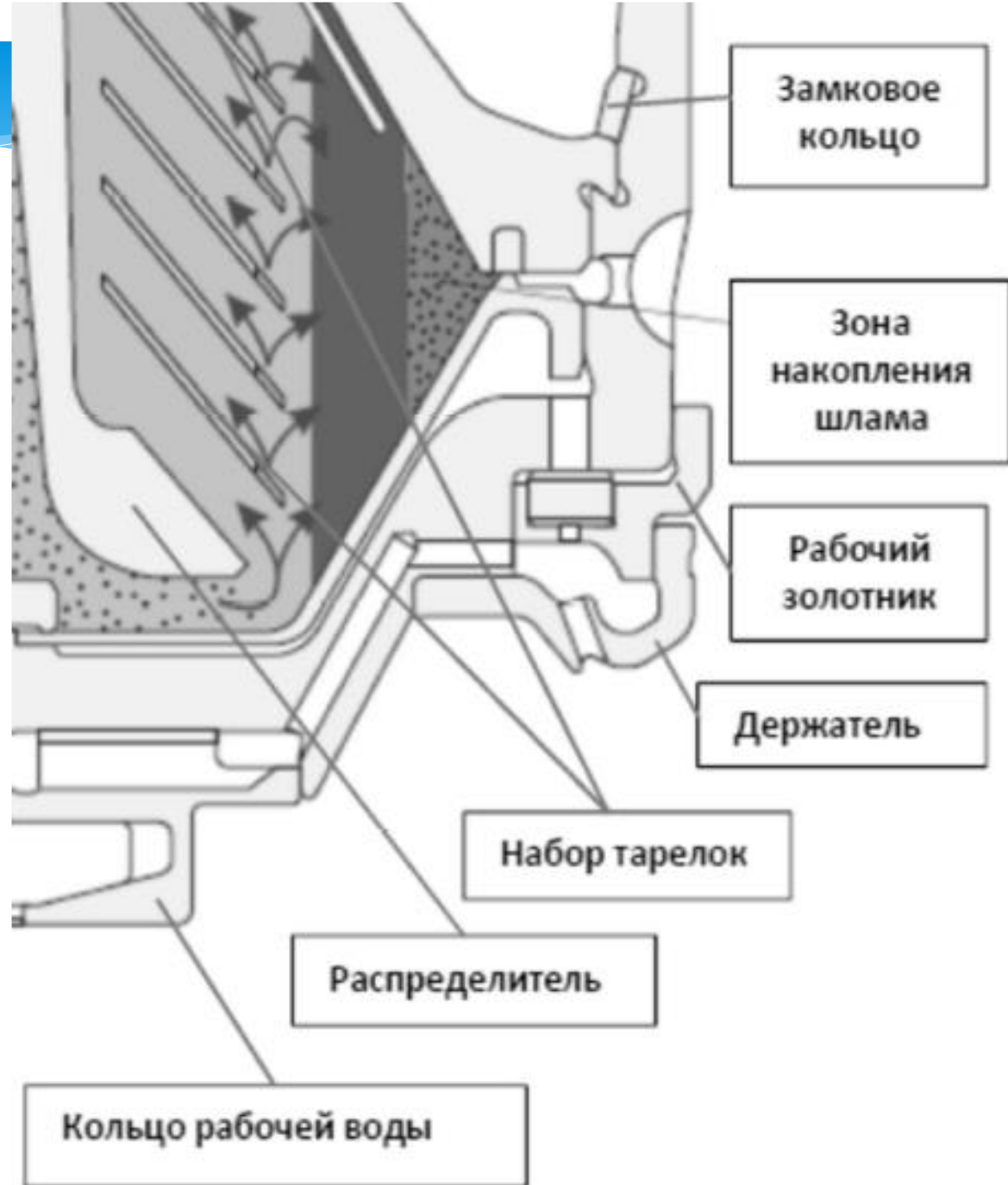
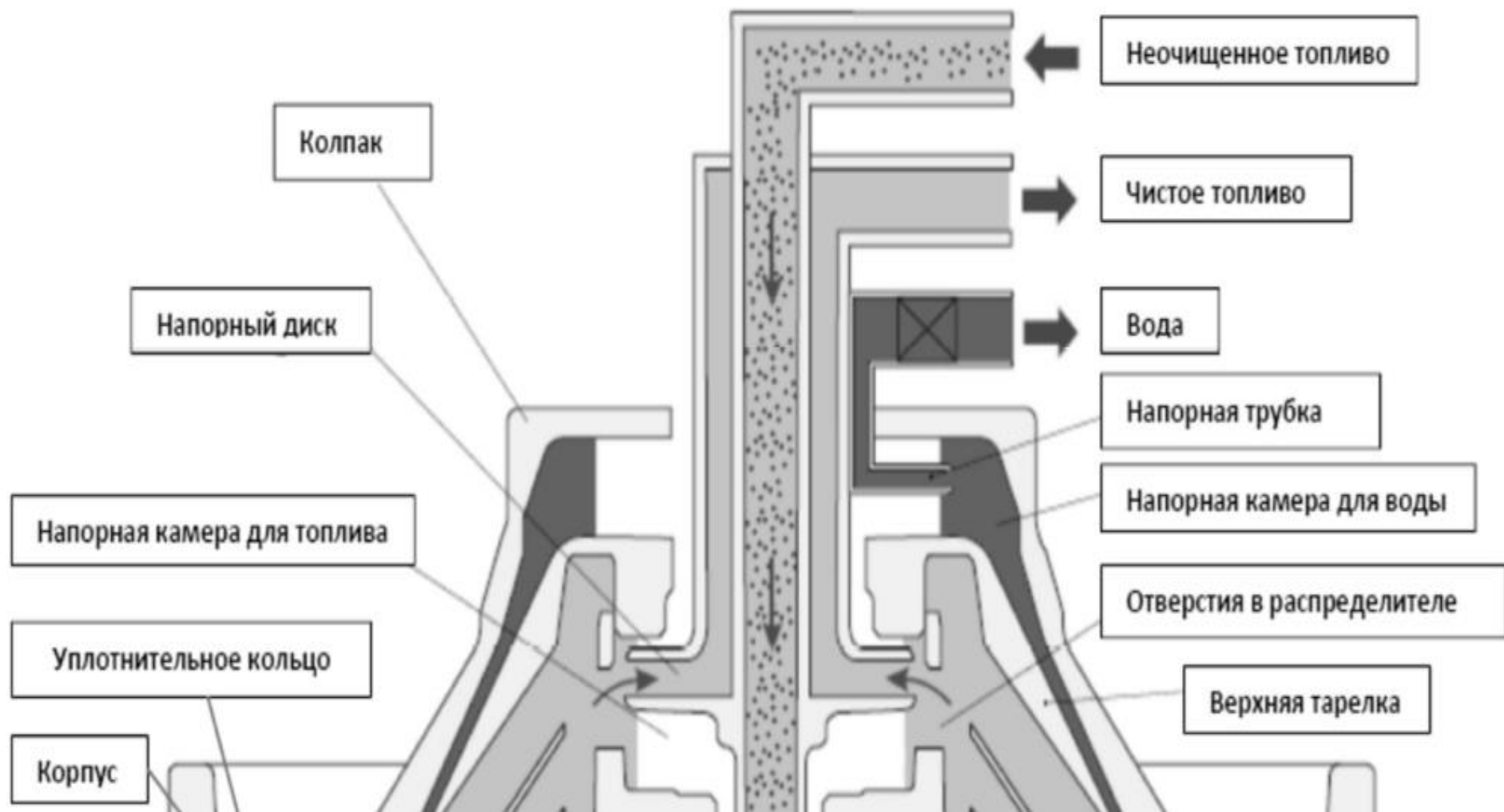


Схема барабана S-сепаратора.









Процесс выгрузки барабана S-сепаратора.

По сути механизм выгрузки барабана S-сепаратора подобен рассмотренному ранее для сепаратора типа FOPX, однако **вместо пружин используется гидравлика.**

Кроме того в системе выгрузки барабана применено патентованное **гибкое подвижное дно вместо скользящего подвижного дна саморазгружающихся сепараторов** предыдущего поколения.

Это значительно упрощает механизм выгрузки. По краю центрального отверстия гибкое дно защемляется гайкой в корпусе барабана. Свободный край на периферии буртом упирается на уплотнительное кольцо и закрывает разгрузочные окна. Во время выгрузки внешняя часть подвижного дна отгибается наружу и открывает проход для отстрела.

Удалось отказаться также от напорного бака для воды управления. Вода на открытие и закрытие барабана подводится от системы пресной воды через единый вход.

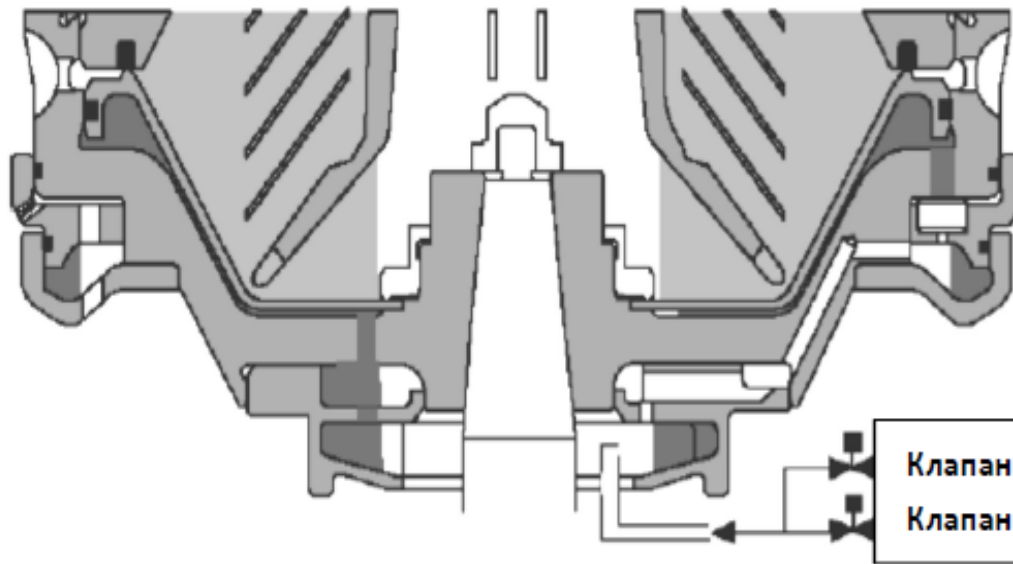
Управляющее действие магнитных клапанов определяется разницей их сечения. Расход воды на открытие барабана (клапан 15) в 4 раза выше, чем на закрытие (клапан 16).

Рис. след. слайдов наглядно представляют процесс периодической выгрузки работающего сепаратора. В данной иллюстрации мы опускаем процесс закрытия барабана после полной остановки сепаратора.

Отметим только, после старта и разгона сепаратора подъем рабочего золотника осуществляется за счет подачи воды с высоким расходом через клапан 15. Так силовое действие пружин замещается на гидравлическое.

(Описание – слайд за рисунками)

Рис. Процесс выгрузки барабана S-сепаратора:

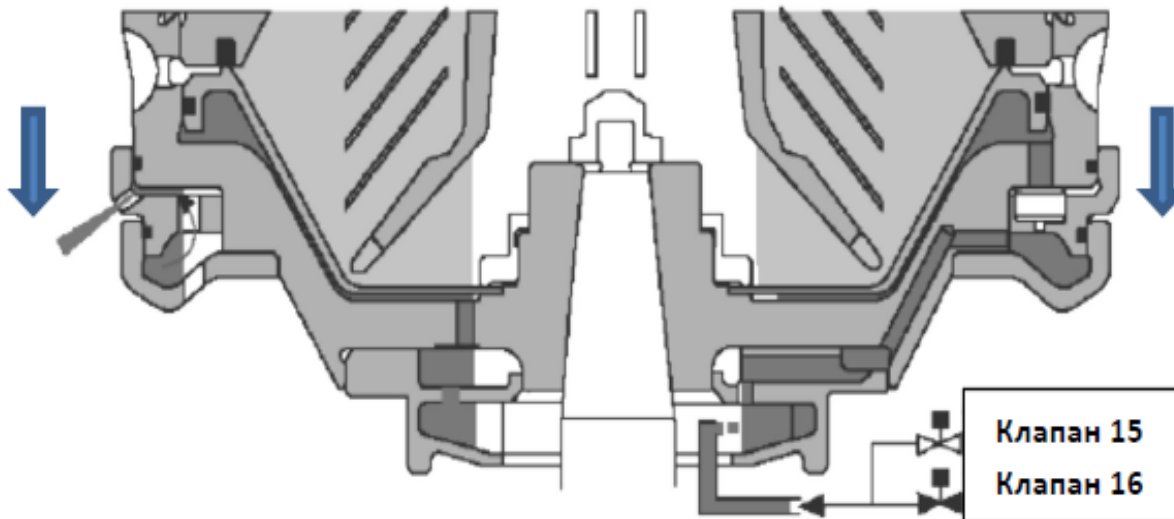


А. Нормальная работа

Барабан закрыт

Клапан 16 открывается периодически

Клапан 15
Клапан 16



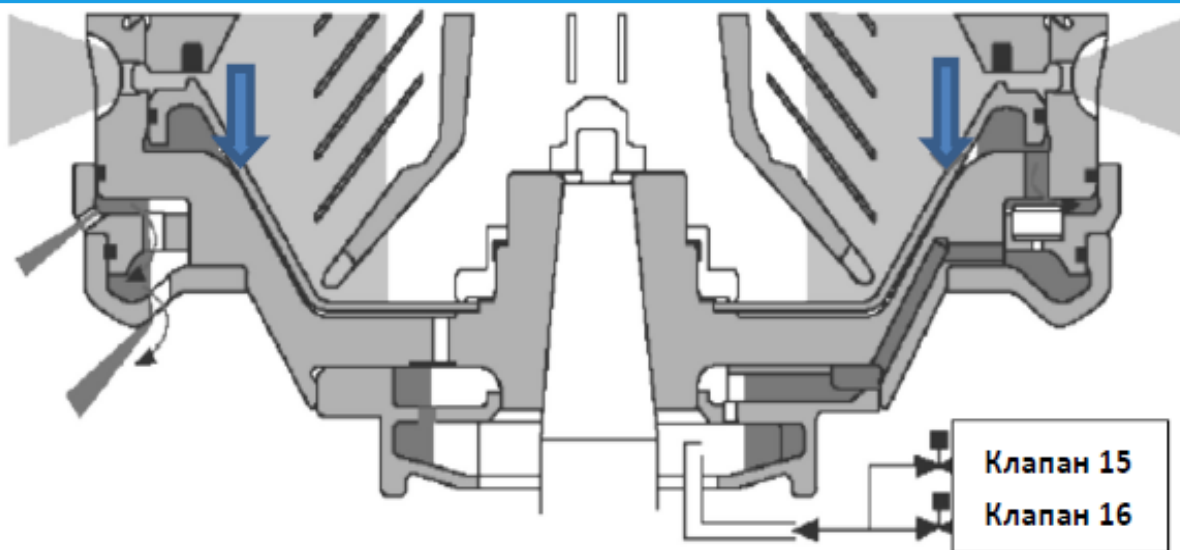
Б. Открытие барабана

Клапан 15 открыт

Камеры рабочего золотника наполняются

Рабочий золотник сдвигается вниз

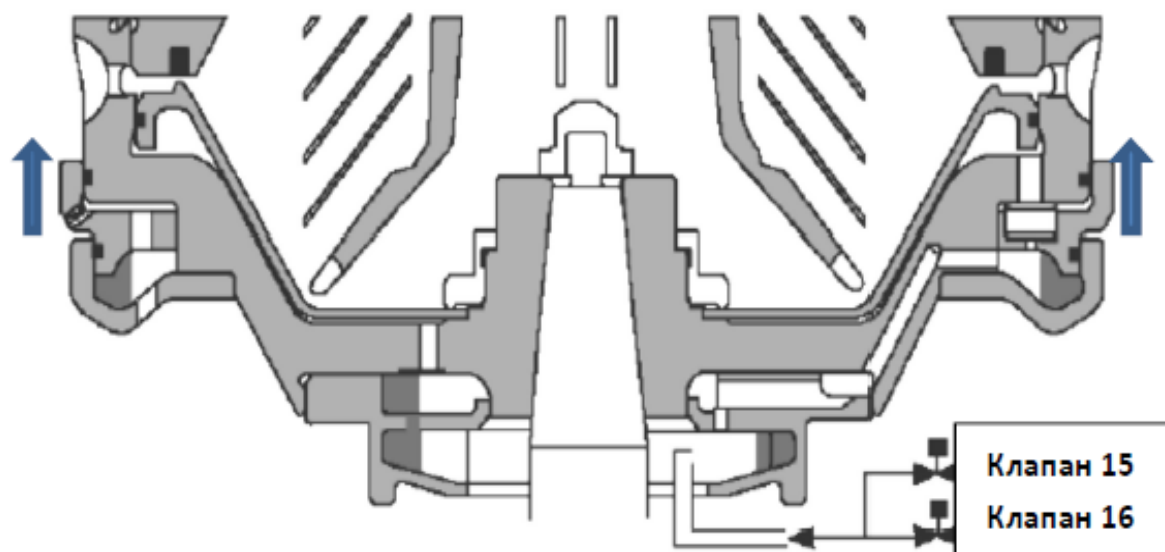
Клапан 15
Клапан 16



В. Отстрел

Подвижное дно
отгибается наружу

Клапан 15 закрывается



Г. Заккрытие барабана

Барабан пуст

Рабочий золотник
сдвигается вверх

Барабан готов к
закрытию

Описание вышеприведённых рисунков

А. В период между выгрузками клапан 16 кратковременно открывается для компенсации возможных протечек запирающей воды. Перед выгрузкой содержимое барабана замещается кондиционной водой, и подвод топлива прекращается.

Б. При открытии клапана 15 вода заполняет сначала нижнюю камеру рабочего золотника, а затем через отверстие в золотнике верхнюю. Поскольку эффективная площадь золотника сверху за счет большего диаметра камеры превышает площадь снизу, возникает сила, сдвигающая рабочий золотник вниз.

В. Рабочий золотник сдвигается вниз, пробки открывают дренаж из-под гибкого дна. Дно отгибается наружу, идет отстрел. Клапан 15 закрывается, излишки воды удаляются через сопло и отверстие в держателе.

Г. Барабан осушается полностью (подвод топлива закрыт). Остатки воды управления оказываются запертыми в кармане на периферии нижней камеры рабочего золотника. За счет этого золотник смещается вверх, пробки закрываются и герметизируют пространство под подвижным дном. Барабан готов к закрытию.

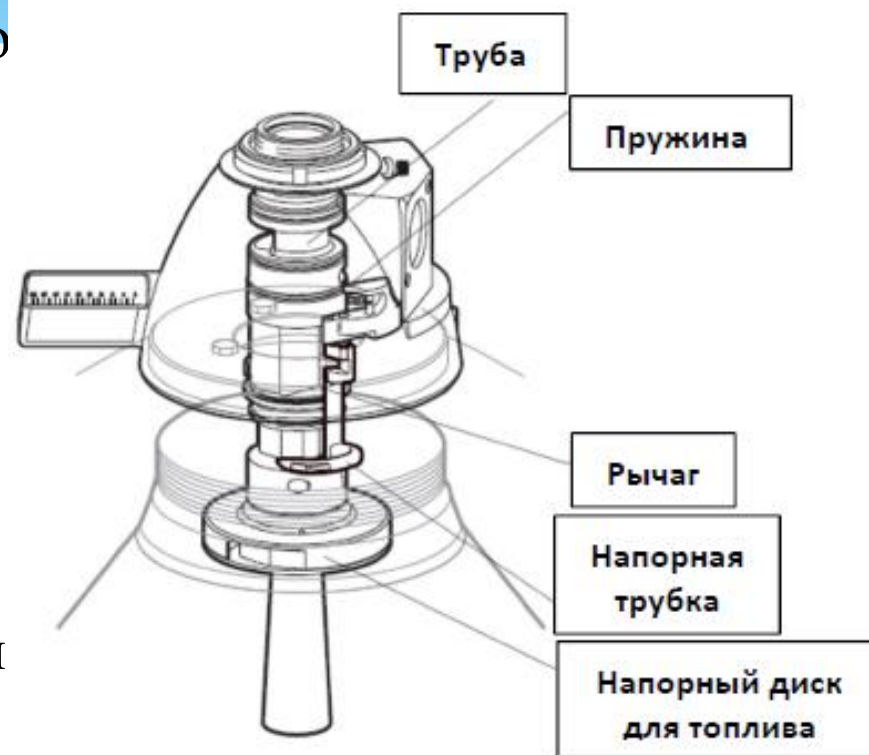
В S-сепараторе отсутствуют диск контроля расхода и напорный диск для периодически дренажный клапан.

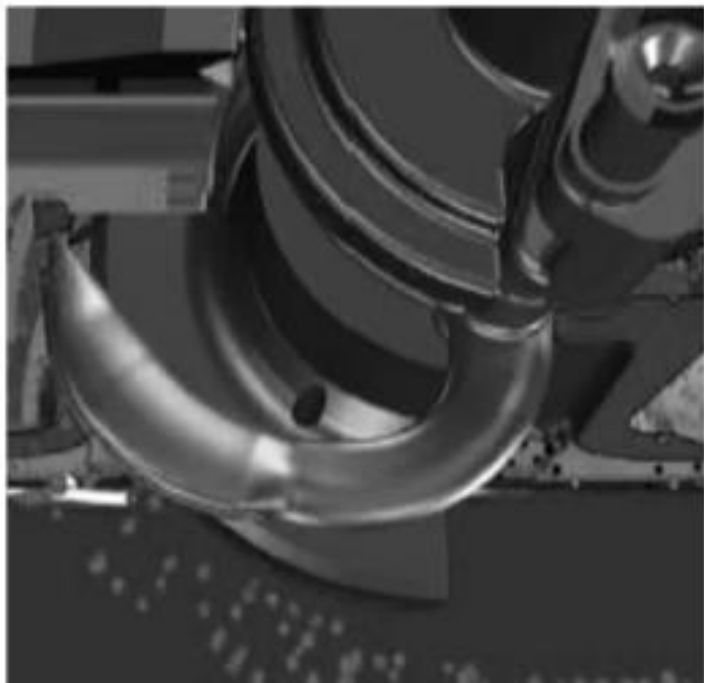
Их функцию выполняет поворотная напорная трубка. Конец трубки (рис.), обращенный к напорной камере, изогнут по профилю водяного кольца и скользит по его п

выполнен в виде ковша,

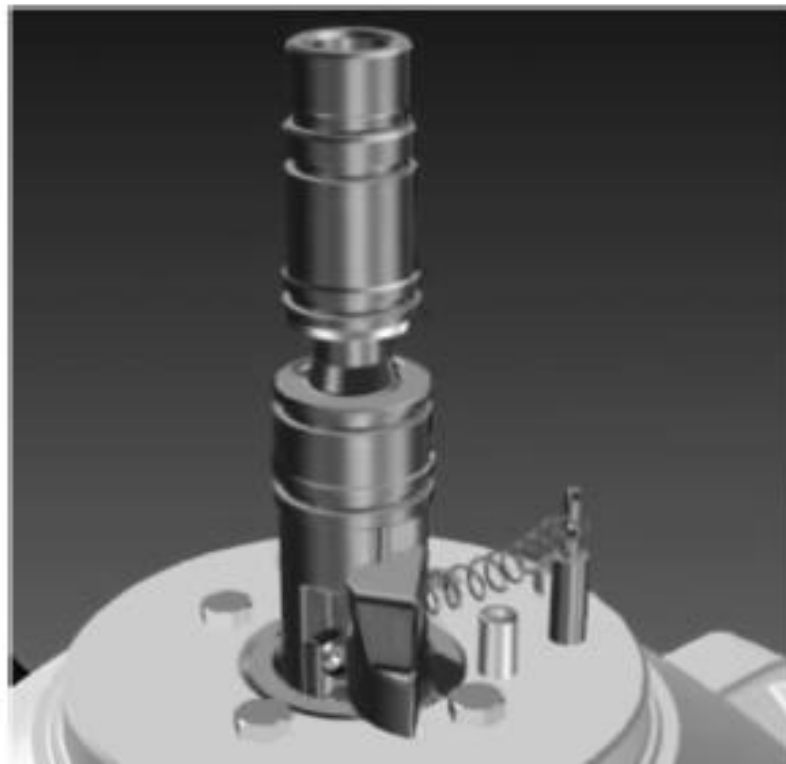
загребаящего воду с поверхности

кольца. Другой конец трубки связан с подпружиненным рычагом, компенсирующим момент от реакции поверхности движущегося водяного кольца. Таким образом положение трубки будет определяться балансом моментов.





а)



б)

в)

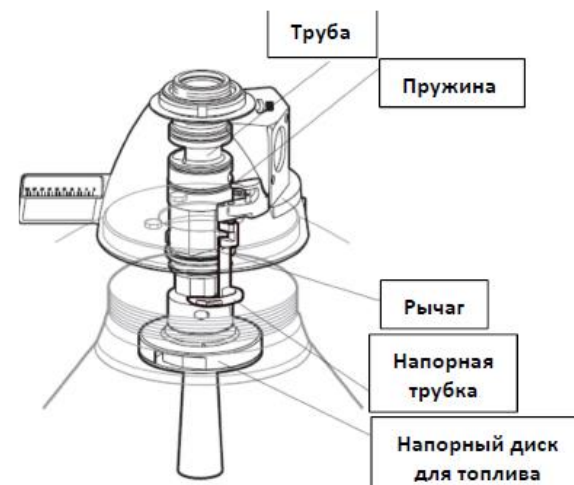
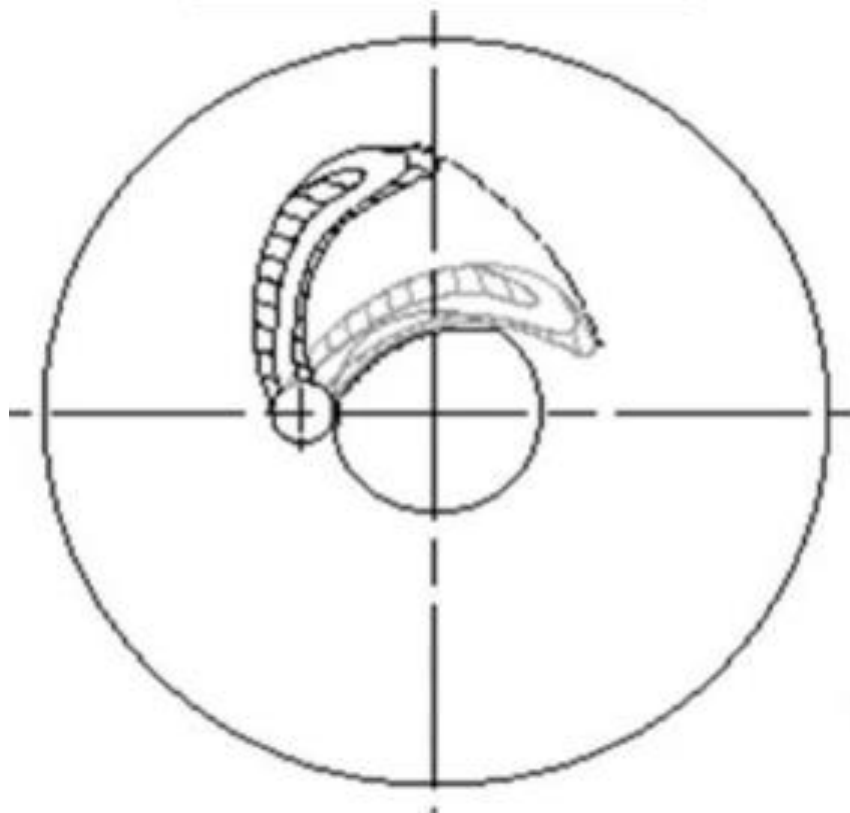


Рис. Напорная трубка (а), рычаг с пружиной (б), труба в сборе (в).



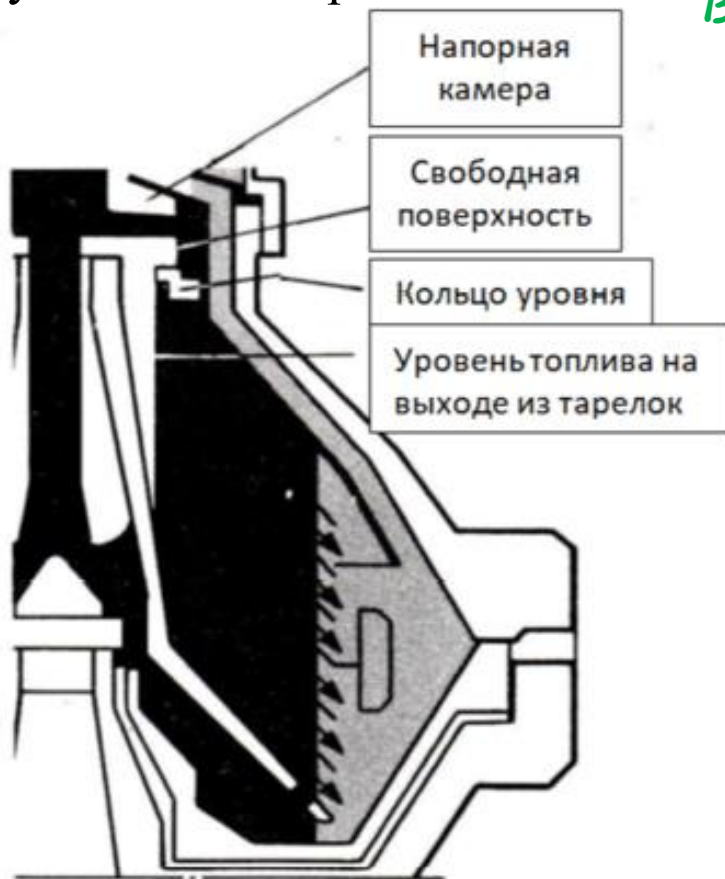


**Крайние
положения
напорной трубки**

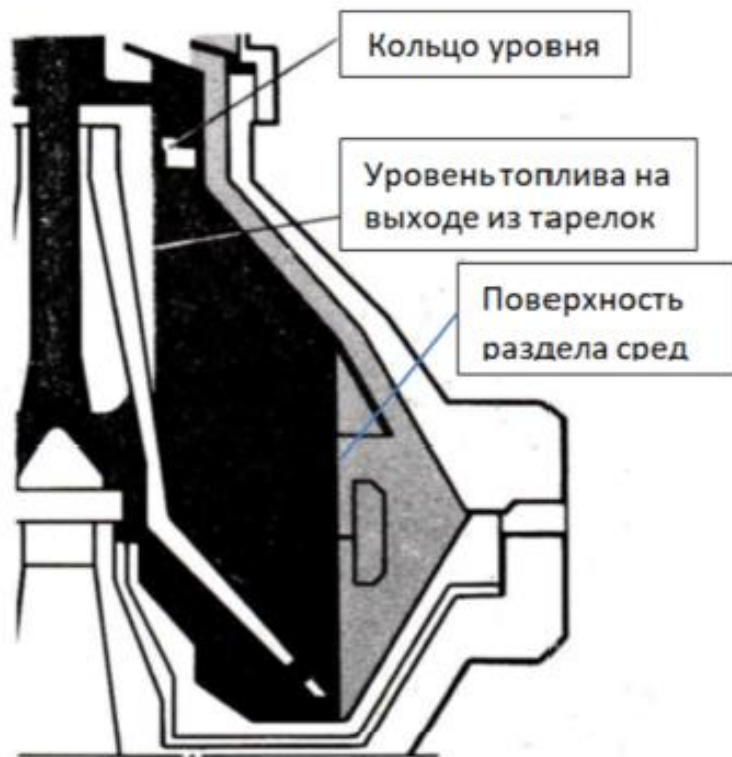


Касаясь традиционных сепараторов, любое повышение противодавления топлива приводит к соответствующему повышению давления воды, поскольку камеры напорных дисков становятся более наполненными. Например, когда в сепараторе FORX противодавление топлива повышается, тут же растет давление воды, когда уровень воды достигает отверстий для рециркуляции в напорном диске.

Вспомним предыдущий слайд



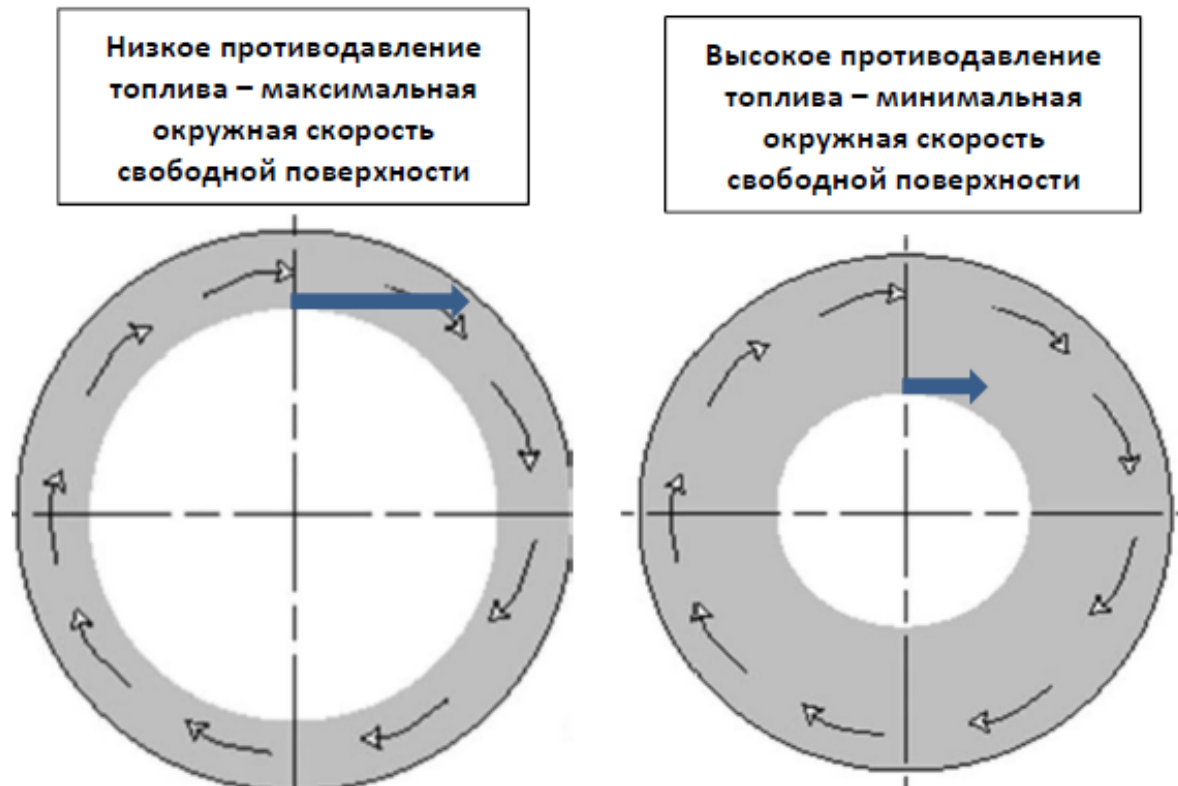
Нормальная работа сепаратора



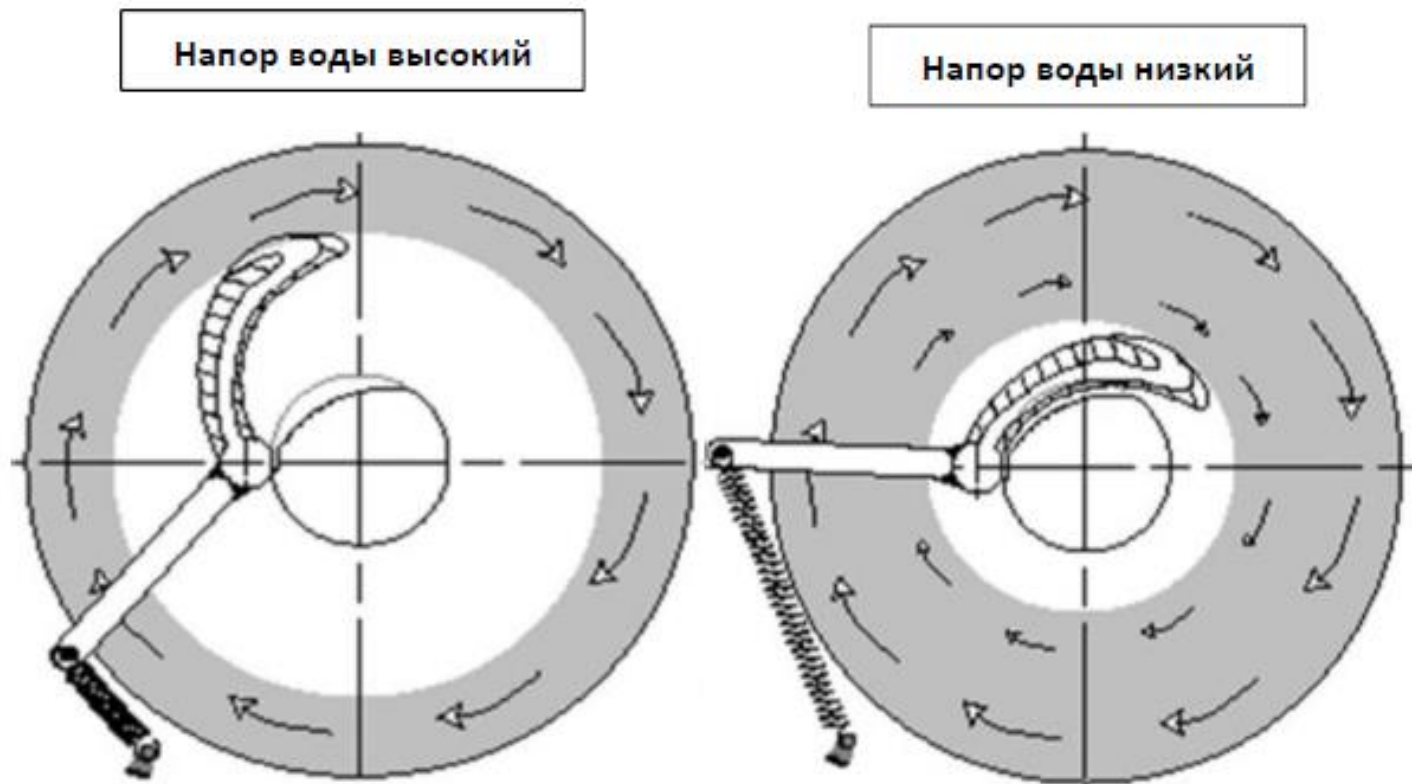
Работа с высоким противодавлением

В сепараторе с напорной трубкой процесс обратный, при увеличении давления топлива давление воды падает.

Толщина водяного кольца в напорной камере зависит от противодействия топлива и может изменяться от минимальной при низком противодействии до максимальной при высоком (рис.).



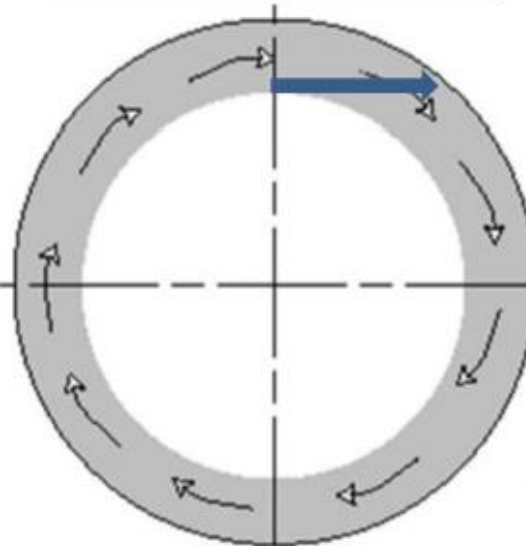
С ростом уровня топлива в напорной камере для воды, напорная трубка будет скользить по свободной поверхности водяного кольца все меньшего диаметра с меньшим углом атаки кончика напорной трубки. С уменьшением диаметра слоя воды падает окружная скорость потока воды на свободной поверхности, что приводит к уменьшению напора (давления) в линии **отвода воды**.



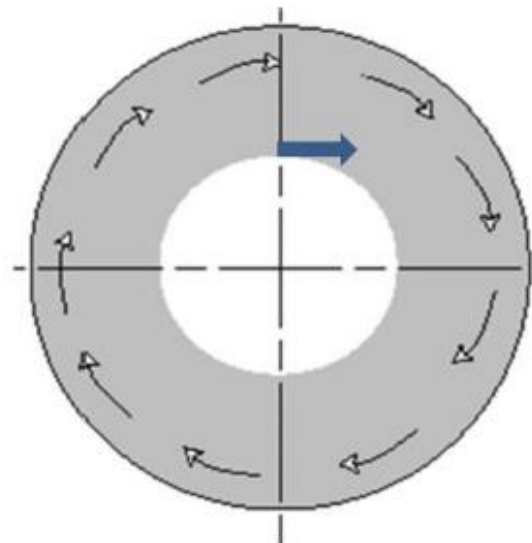
Крайние
положения
напорной трубки



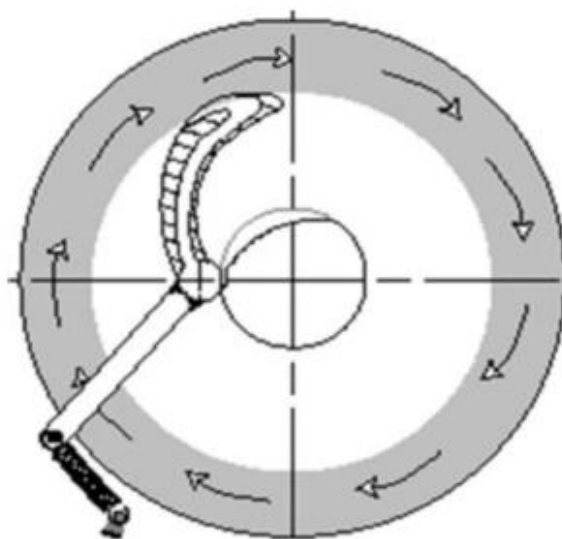
Низкое противодействие
топлива – максимальная
окружная скорость
свободной поверхности



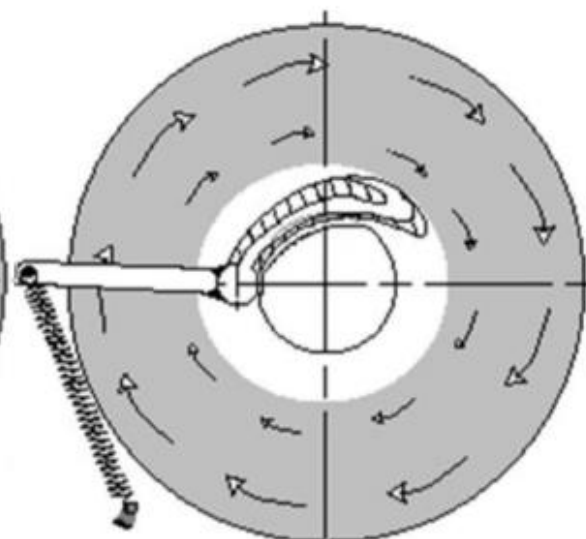
Высокое противодействие
топлива – минимальная
окружная скорость
свободной поверхности



Напор воды высокий

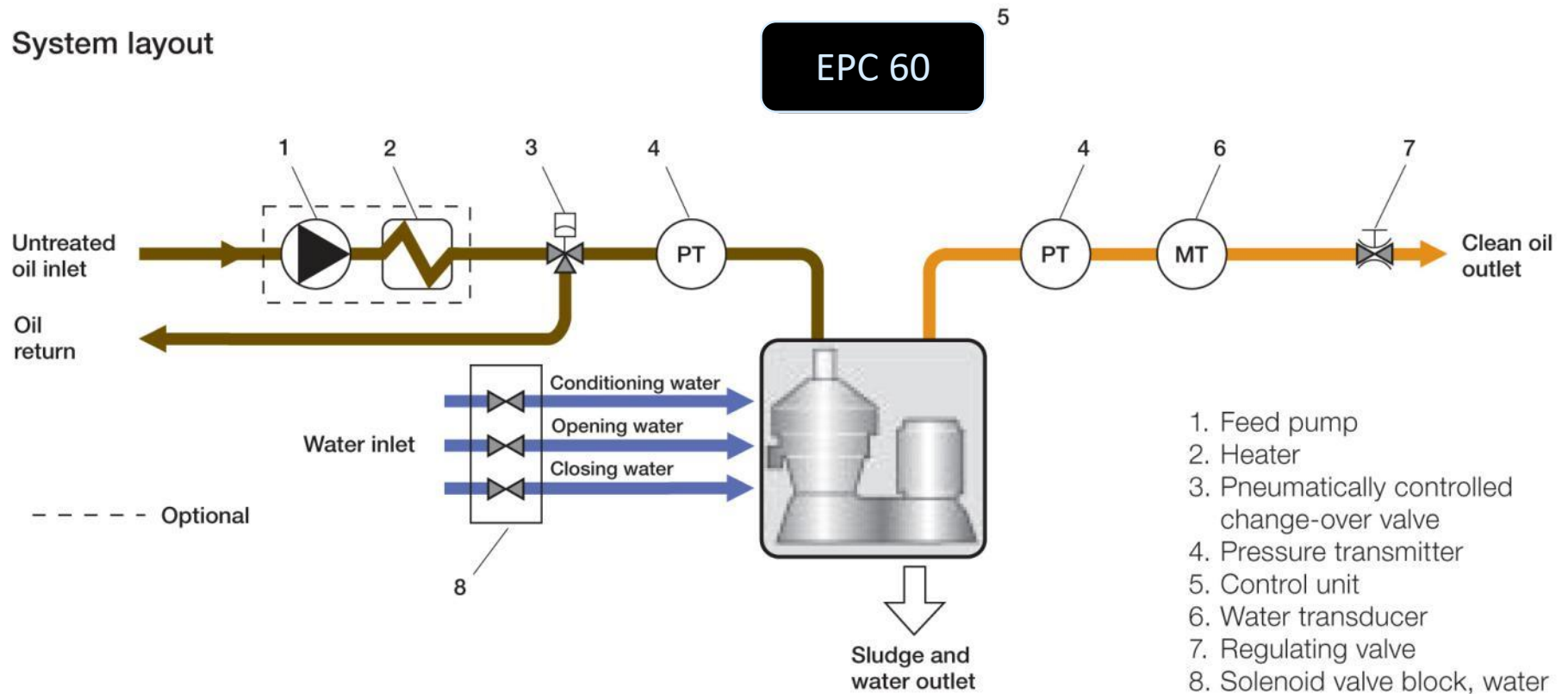


Напор воды низкий



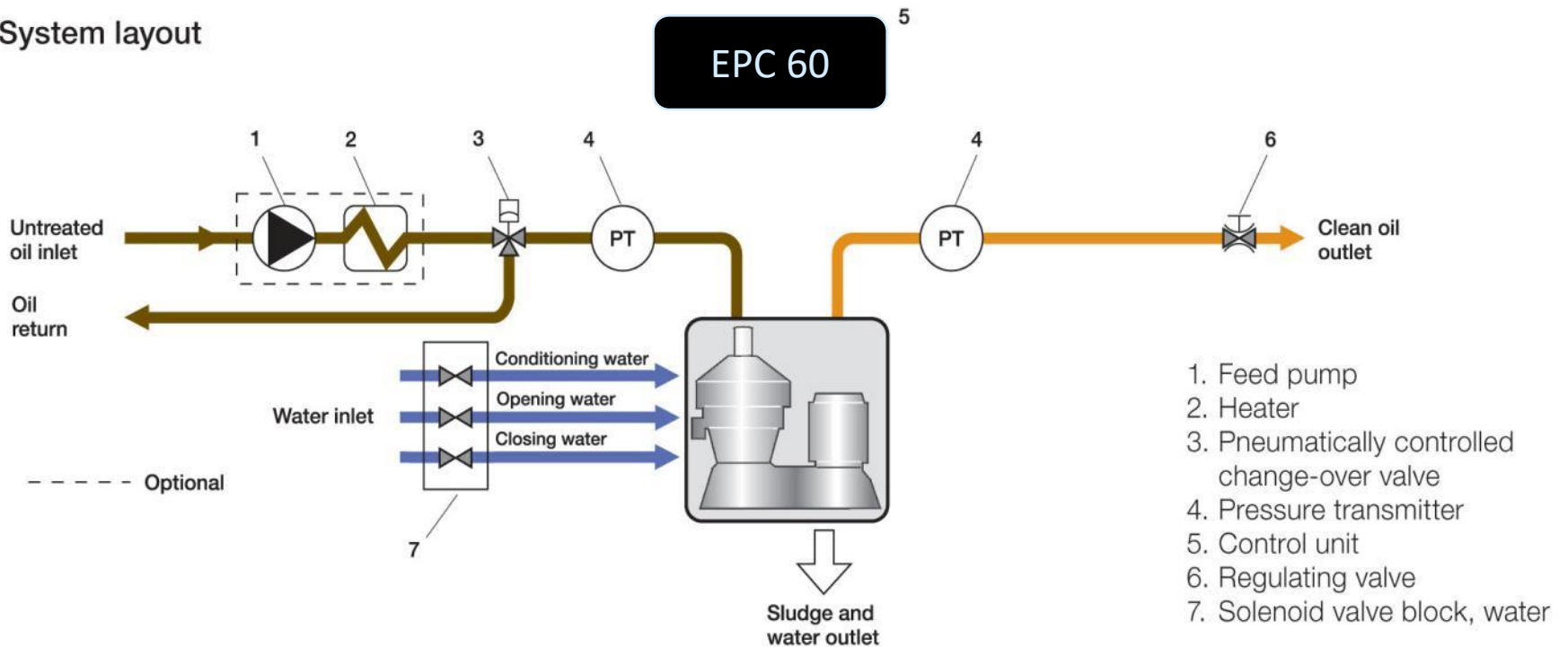
System layout S 805/815

System layout



System layout P 605/615

System layout



Сепараторы типа Р

Сепаратор типа Р создан без использования технологии Alcar, и имеет ручную настройку гравитационного диска. Это экономичный вариант для очистки смазочного масла и дизельного топлива однородной плотности.

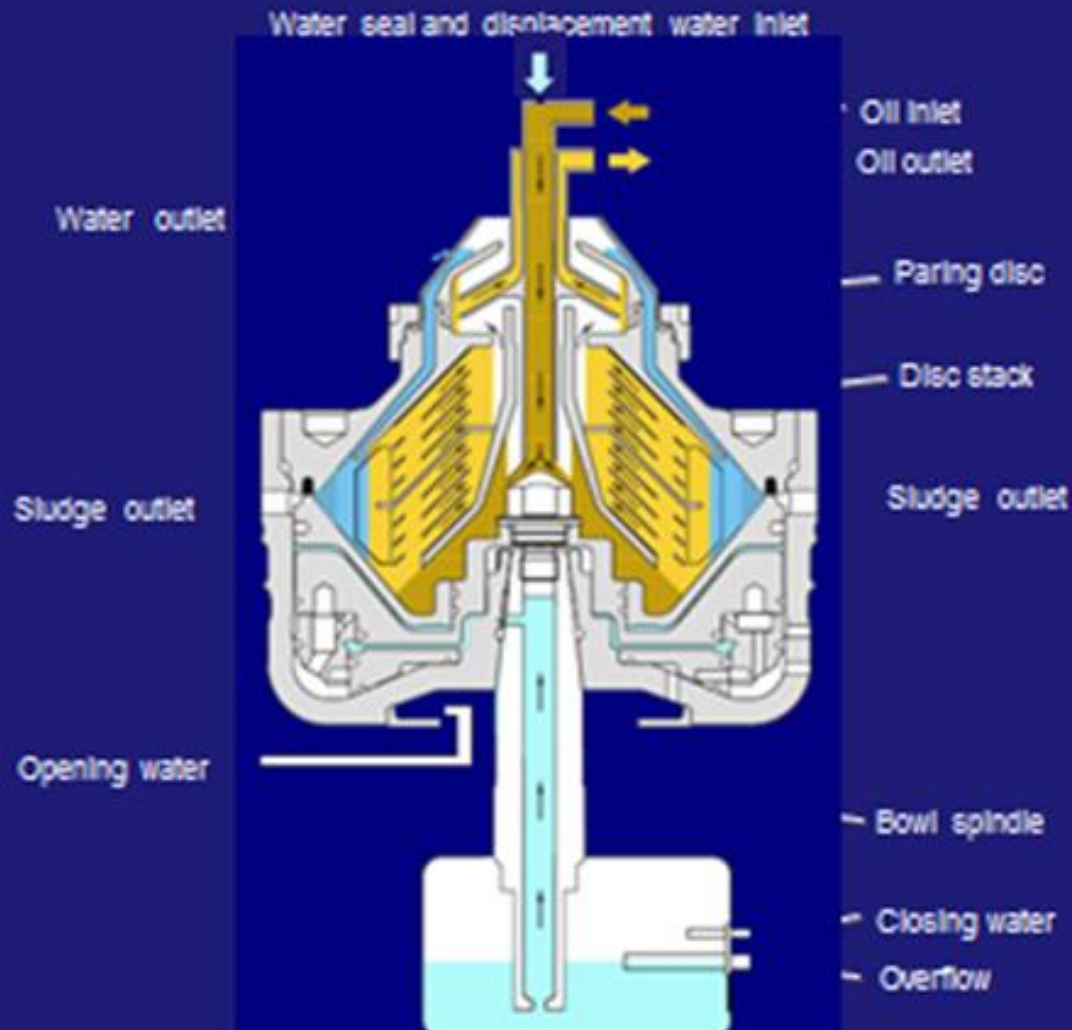
Он специально разработан для очистки минеральных масел от воды и твердых твердых частиц (шлама). Очищенное масло выгружается непрерывно, а осадок выгружается через определенные промежутки времени. Сепаратор работает со следующими типами смазочных масел и топлива низкой вязкости масла:

- Дистиллят, вязкость 1,5 - 5,5 сСт/40 °С
- Морское дизельное топливо, вязкость 13 сСт/40 °С
- Промежуточный мазут и тяжелый мазут (вязкость 30-600 сСт/50 °С)
- Смазочное масло типа R&O, детергентное или для паровых турбин.

Сепаратор может работать как в качестве пурификатор или кларификатор.

В ряде источников, но больше в рекламно-торгового характера, указывается, что «и сепараторах S и Р используется одна и та же механическая платформа с оптимизированным барабаном и революционными техническими решениями CentriShoot и CentriLock». Однако имеющиеся в наличии инструкции по сепараторам типа Р ясно указывают, что это, в сущности, сепаратор модели MMRX, описанный выше.

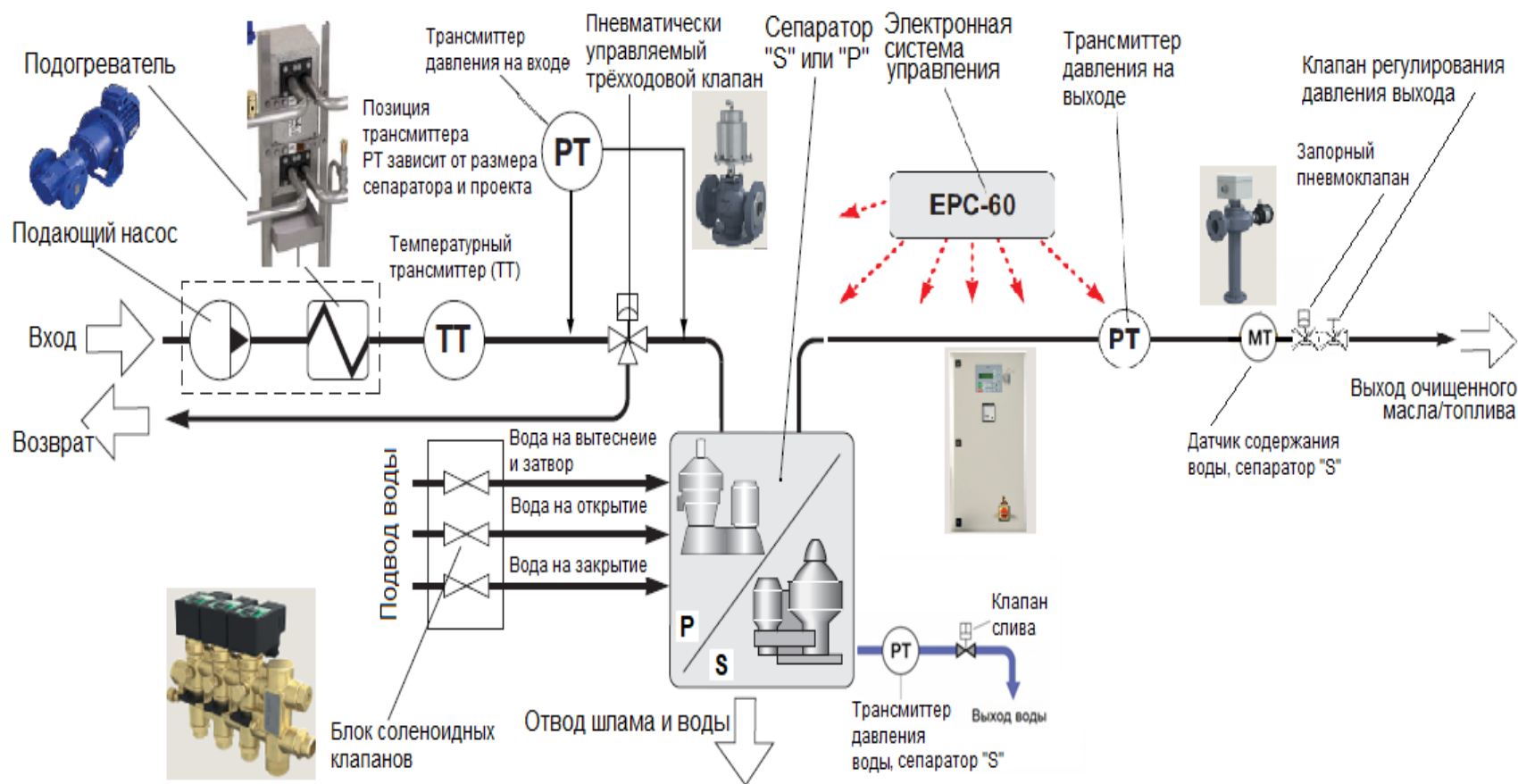
Working principle P 605/615



Сепараторы S и P Flex

Серия Flex отражает новый подход Альфа Лаваль к поставкам систем сепарации. Это модульная сепарационную систему с системным контроллером EPC 60, которая лучше приспособлена к условиям конкретного машинного отделения.

Автоматические сепараторы типа S в ней используются для очистки топлива и защиты двигателя от каталитических и других твердых частиц, а сепараторы типа P, в которых регулировка выполняется с помощью гравитационного диска, обеспечивают экономичную очистку смазочного масла и дизельного топлива. При использовании новых систем сепарации S и P Flex смешанную установку можно даже встроить в отдельный модуль.



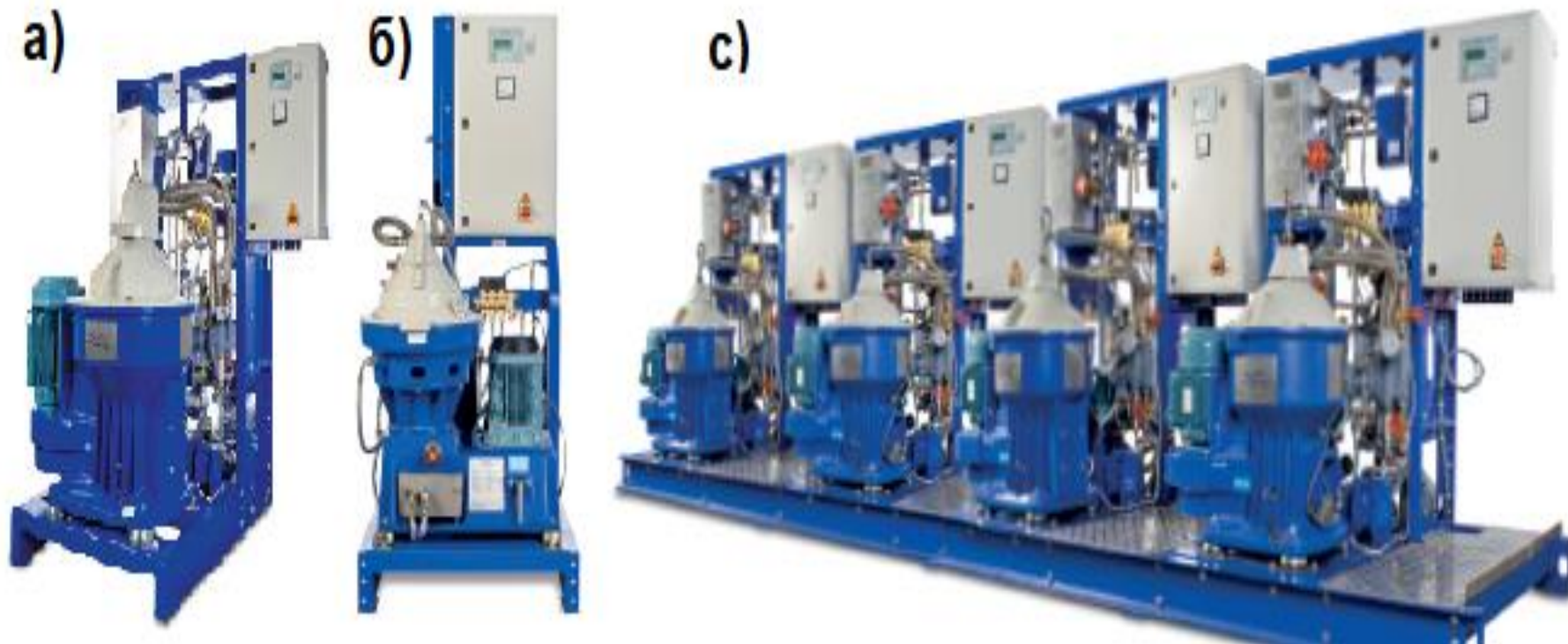


Рис. а) одиночный Флекс модуль с сепаратором модели «S» насосом и подогревателем;
б) тоже с сепаратором модели «Р»;
с) счетверенный (quadruple) Флекс модуль.

Простота эксплуатации и обслуживания
Контроллер ЕРС 60 на базе PLC разработан для запуска и остановки, а также интуитивно понятной навигации по меню. Информация о параметрах и аварийных сигналах легко доступна, что упрощает как эксплуатацию, так и поиск и устранение неисправностей. Кроме того, ЕРС 60 имеет модульную конструкцию, которая позволяет быстрее поиск неисправностей и замену плат ввода/вывода.

Системы и модули Flex на могут управляться и контролироваться дистанционно из ЦПУ. Разнообразные различные функции сигнализации в стандартной комплектации, а дополнительные платы ввода/вывода могут могут быть добавлены к контроллеру ЕРС 60 для чтобы расширить его эксплуатационные и возможности мониторинга.

Российские судовые сепараторы

На рис. можно видеть отечественный сепаратор модели СЦ-3 Пермского ФГУП Маш. завода им. Ф.Э. Дзержинского,, находящий пока больше применение на небольших судах отечественной постройки (буксиры, речные суда)



Модель СЦ-3

Для комплектования топливных систем судовых энергетических установок промышленность выпускает самоочищающиеся центробежные сепараторы типа СЦ и самоочищающиеся СЦС и СЛ.

Сепараторы типа СЦ предназначены для очистки только дизельного топлива, а СЦС и СЛ для очистки как дизельного, так и тяжелого топлива. Основные характеристики указанных сепараторов приведены в табл. 8. Номинальная производительность сепараторов принята при работе на турбинном масле 46. Центробежные самоочищающиеся сепараторы СЦ-1,5 и СЦ-3 разработаны в 1960—1961 гг. на базе ранее выпускаемых сепараторов НСМ-3 и НСМ-4.

Индексация:

фирмы «Лаваль»
отечественная
фирмы «Лаваль»
отечественная

МАРХ-204
СЛ1
МАРХ-309
СЛ4

МАРХ-206
СЛ2
МАРХ-210
СЛ5

МАРХ-207
СЛ3
МАРХ-313
СЛ6

В настоящее время освоен выпуск сепараторов СЛ3. Сепаратор модели МАРХ-309 (СЛ4) фирмой «Лаваль» был выпущен первым и к моменту покупки лицензии устарел по конструктивным, технологическим и эксплуатационным характеристикам. Поэтому эту модель сепаратора отечественная промышленность не осваивала, а вместо нее начала выпуск сепаратора СЛ5, близкого по производительности к модели МАРХ-309, но с улучшенными техническими характеристиками.

К сожалению, этот завод сейчас переживает
не лучшие времена.

Однако при достаточном инвестировании, к тому же уже
имея опыт производства лицензированных сепараторов от
Альфа-Лаваль, а также обратившись, например, к успешным
разработкам Махачкалинского ЗАО «Сепаратор» по
производству современных пищевых сепараторов, хочется
надеяться, что в стране будет налажено должное
производство и выполнено импортозамещение этих крайне
необходимых для судоходства агрегатов

Сепарация смазочного масла дизелей

Сепарация смазочного масла

1. **Тип сепаратора** для очистки масла:
только сепаратор с автоматической выгрузкой шлама
может быть использован для сепарации смазочного масла
при работе двигателя на тяжелом топливе.

2. **Производительность** сепарационной системы:
определяется по формуле

$$Q = K \times P \text{ (л/ч)}$$

где P - мощность двигателя (л.с)

K - коэф. размера,

$$K = V \times Z / T, \text{ где}$$

V - номинальный объем масла, равный 1л/л.с;

Z - кратность циркуляции через сепаратор за 24ч.

T - эффективное время работы сепаратора за 24ч.

...Сепарация смазочного масла

3. Температура сепарации:

для тронкового двигателя (SAE 40) 95°C

для крейцкопфного двигателя (SAE 30) 90°C

Точность поддержания температура должна быть в пределах **+/- 2°C** и

может быть обеспечена только
регуляторами непрямого действия.

Падение температуры на 2 °C снижает эффективность сепарации на 50%

... Сепарация смазочного масла

4. Промежутки выгрузки шлама.

Зависят от многих составляющих и определяются по опыту эксплуатации.

Слишком долгие интервалы между выгрузками могут вызывать накопление шлама и его спекание, что в свою очередь может вызвать дисбаланс барабана.

Рекомендуются следующие исходные промежутки выгрузки шлама:

для тронкового двигателя каждые 30 мин

для крейцкопфного двигателя каждый час

Сепарация смазочного масла

Если при работающем двигателе сепарация масла *не происходила в течение суток*, то исходный интервал выгрузки должен быть установлен на 5 мин, до тех пор, пока весь объем масла не пройдет дважды через сепаратор.

Очистка смазочного масла

- Относительно низкая плотность и устойчивый процесс
- Смазочное масло тронкового двигателя
 - Большое кол-во присадок, сильное загрязнение , образование эмульсии при присутствии воды
- Смазочное масло крейцкопфного двигателя
 - Меньшее кол-во присадок, низкое загрязнение, менее чувствительно к образованию эмульсии

Следующие слайды –
дополнительно о работе
напорного диска,
противодавлении и кольце
уровня у сепараторов «Альфа
Лаваль»

Обычно водяной затвор пополняется за счет воды, сепарируемой из топлива. Для поддержания равновесного положения между количествами воды, отбираемой из топлива (поступающей в зону гидравлического затвора) и уходящей из него, на выходе установлен гравитационный диск. Поскольку давление на границе раздела топлива с водой, а значит, и положение границы зависят от плотности топлива, размеры диска подбирают в соответствии с ней. Неправильно подобранный диск приведет к смещению поверхности раздела и нарушению эффективности сепарации.

Необходимость в регулировании водяного затвора путем подбора гравитационного диска в новых моделях сепараторов АЛКАП («Альфа-Лаваль») и Унитрол («Вестфалия») полностью исключена, так как в них осуществлен непрерывный контроль за выходящим из сепаратора топливом и при появлении в нем воды автоматически увеличивается проходное сечение клапана, осуществляющего разгрузку барабана от воды. Вода отводится непрерывно с помощью напорного диска по каналу 3.

Конструктивно сепараторы ALCAP являются кларификаторами, где количество отделяемой воды ограничено объемом барабана, не занятым набором тарелок.

Поэтому на выходе воды из сепаратора установлен автоматически управляемый электромагнитный клапан, позволяющий при открытии удалять из барабана лишнюю воду.

Количество и периодичность отвода воды контролируется блоком управления по сигналу, поступающему от датчика содержания воды в очищенном топливе.

Если содержание воды становится более 0,2%, система контроля дает команду на удаление воды из сепаратора через дренажный клапан или если этого не достаточно, то инициирует разгрузку барабана.

Так реализуется постоянный контроль качества сепарирования.

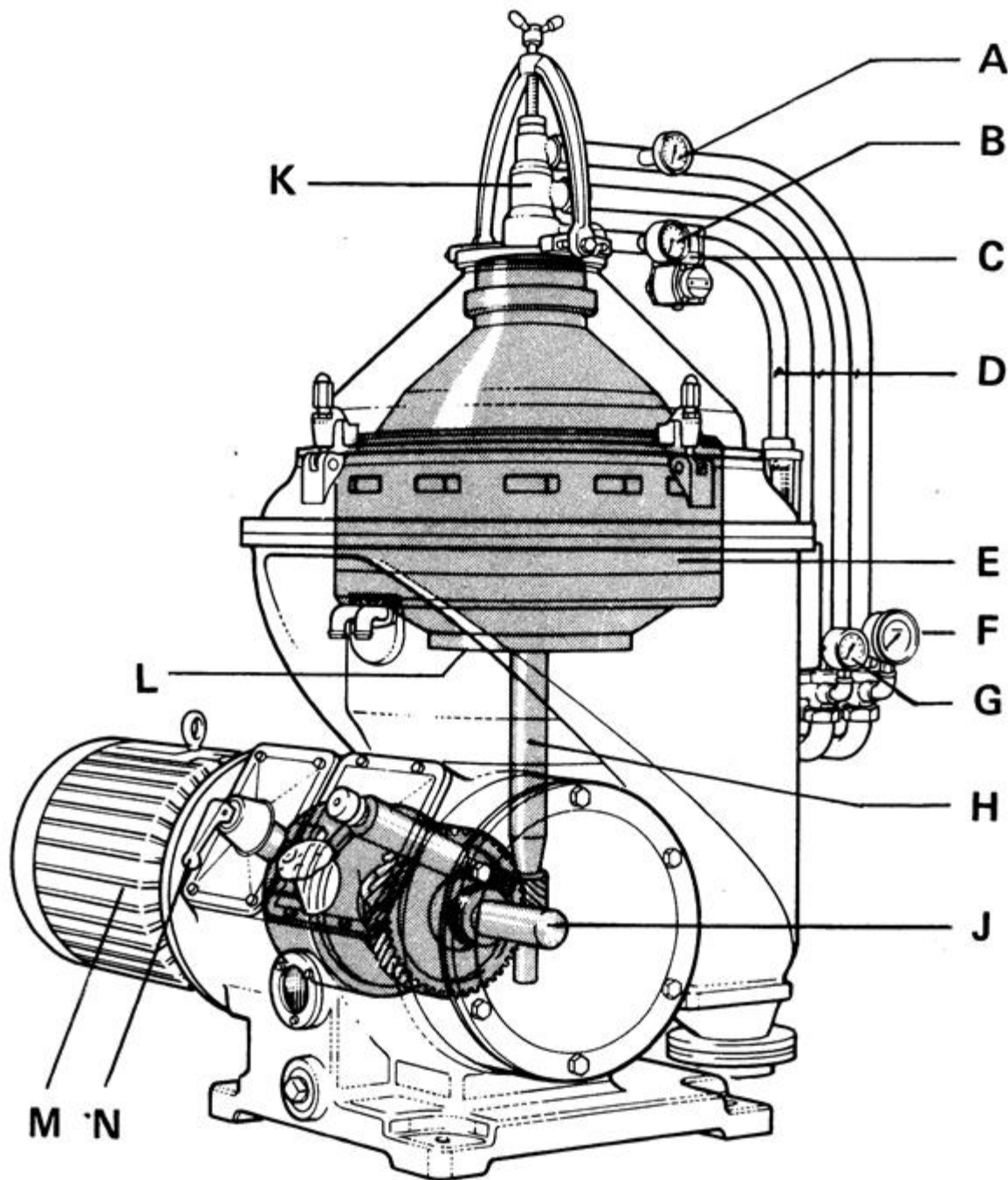


Рис. Общий вид сепаратора тиа FORX.

- А – термометр;
- В – манометр;
- С – дренажный клапан;
- Д – трубы подвода/отвода;
- Е – барабан;
- Г – расходомер;
- Г – манометр;
- Н – вертикальный вал;
- Ж – горизонтальный вал;
- К – устройство подвода/отвода;
- Л – напорный диск управления открытием/закрытием барабана;
- М – электромотор;
- Н – тормоз

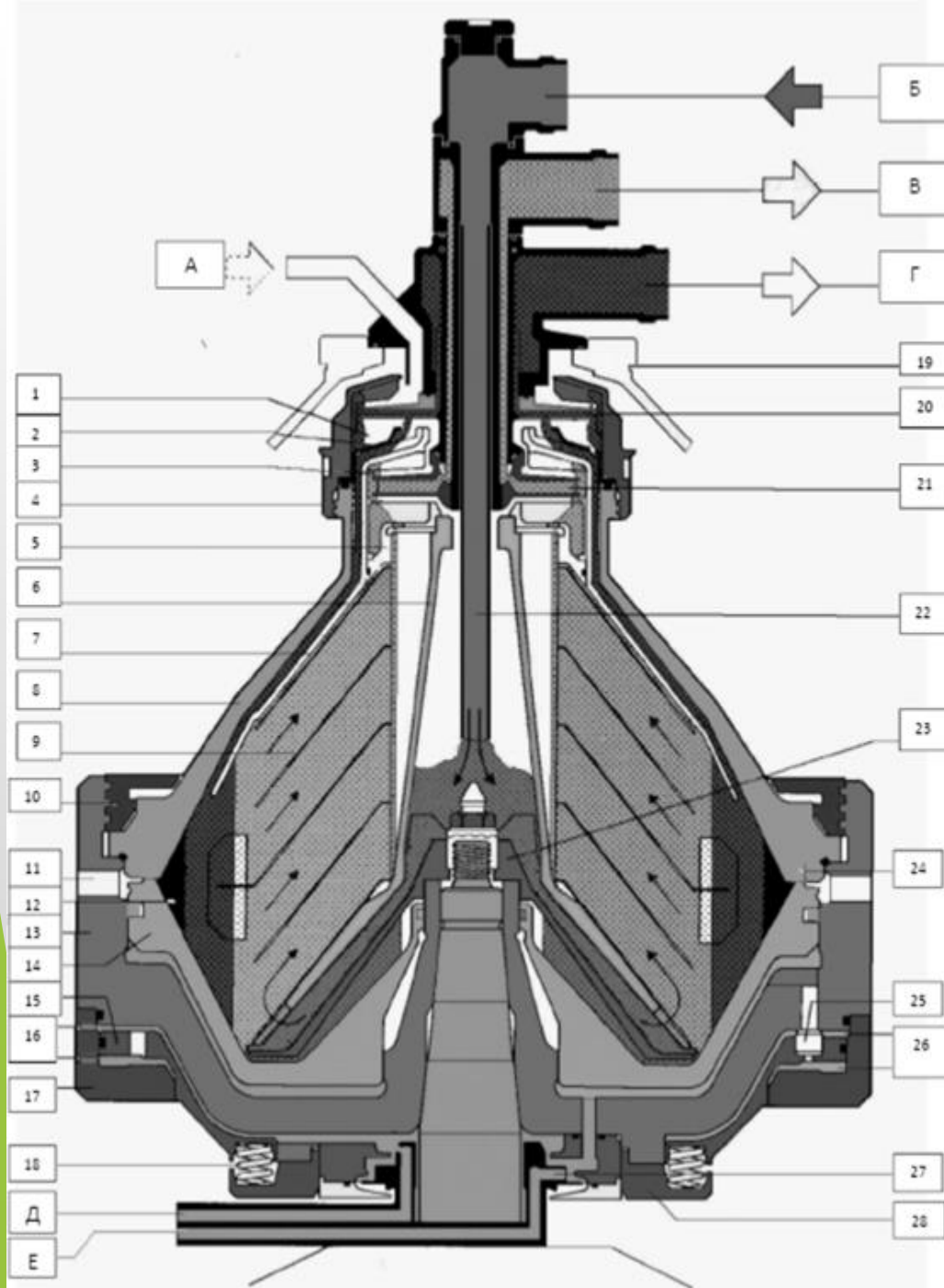


Рис. Барабан сепаратора FOPX

1 – верхняя напорная камера (для воды);
 2 - диск контроля расхода; 3 – нижняя напорная камера (для топлива); 4 – крышка напорной камеры для воды с малым стопорным кольцом;
 5 – кольцо уровня топлива; 6 – распределитель;
 7 – верхняя тарелка; 8 – колпак; 9 – набор тарелок; 10 – большое стопорное кольцо;
 11 – окно для разгрузки; 12 – зона накопления шлама; 13 – корпус; 14 – подвижное дно;
 15 – рабочий золотник с пробками; 16 – сопла;
 17 – дозирующее кольцо; 18 - пружина;
 19 – колпак станины; 20 – напорный диск для воды (верхний); 21 – напорный диск для топлива (нижний); 22 – труба подвода топлива;
 23 – распределительный конус;
 24 – уплотнительное кольцо крышки барабана;
 25 – пробка запирающего клапана;
 26 – камеры дозирующего кольца; 27 - напорный диск воды управления;
 28 – пружинная опора.

А - вход воды замещения ; Б - вход неочищенного топлива; В - выход очищенного топлива; Г - выход отсепарированной воды; Д - вход воды управления открытием; Е - вход воды управления закрытием и компенсации протечек

В том месте, где в классическом сепараторе располагается гравитационный диск, установлен диск контроля расхода. Диаметр отверстия по центру сравним с диаметром диска для режима кларификации. Для контроля расхода воды в период ее сброса в диске выполнено отверстие. Отверстие располагается на расстоянии от центра, приблизительно соответствующем диаметру гравитационного диска наибольшего размера классического сепаратора (смотри рис.).



Рис. Диск контроля расхода (а и б),
гравитационные диски классического сепаратора(в)

На рис. (а,б,в) представлены кольцо уровня, фрагмент поперечного сечения камеры напорного диска для топлива и схематичное изображение этой области.

Последовательный процесс наполнения камеры напорного диска и входа топлива в проточную часть изображен на рис.(г).

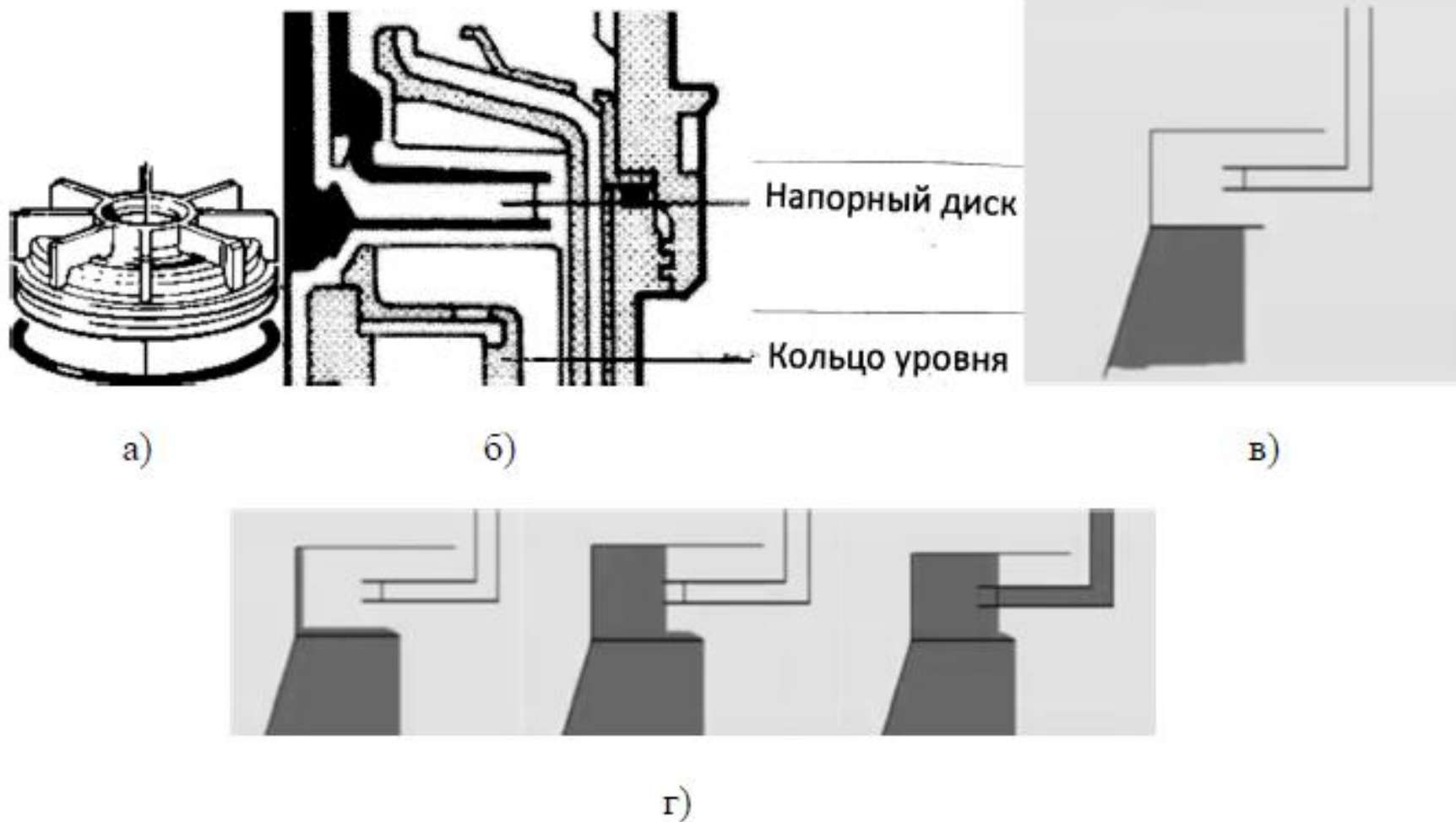


Рис. Кольцо уровня (а), камера напорного диска (б), схема напорного диска (б), стадии наполнения камеры напорного диска (г).

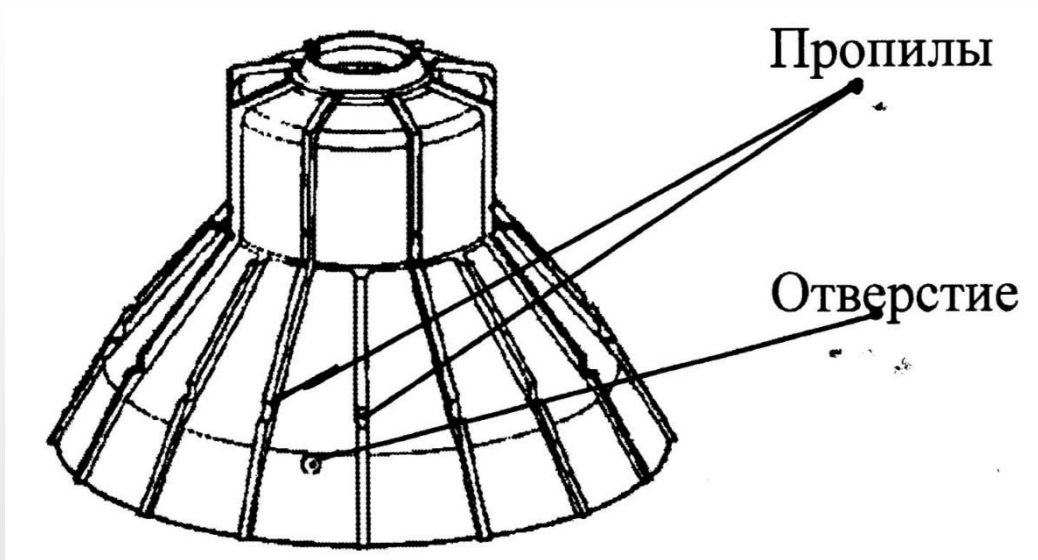


Рис. Верхняя тарелка

На начальном этапе топливо не только поднимается вверх, перетекает через кольцо уровня, заполняет камеру напорного диска и отводится напорным диском в патрубок трубопровода отвода чистого топлива, но и через отверстие и пропилы в ребрах на наружной стороне верхней тарелки заполняет пространство между колпаком барабана и верхней тарелкой .

Так топливо попадает в верхний напорный диск для воды и далее в патрубков отвода воды, вытесняя воду в гидрозатвор, и стоит перед закрытым клапаном для дренажа. Находясь в замкнутом пространстве камеры верхнего напорного диска, жидкость нагревается от трения. Для поддержания допустимого температурного уровня организована циркуляция жидкости в камере напорного диска для воды (рис. а). С этой целью снизу диска сделан ряд отверстий (рис. б). Из отверстий в напорном диске поток движется под диск контроля расхода и возвращается в напорный диск через отверстие контроля расхода

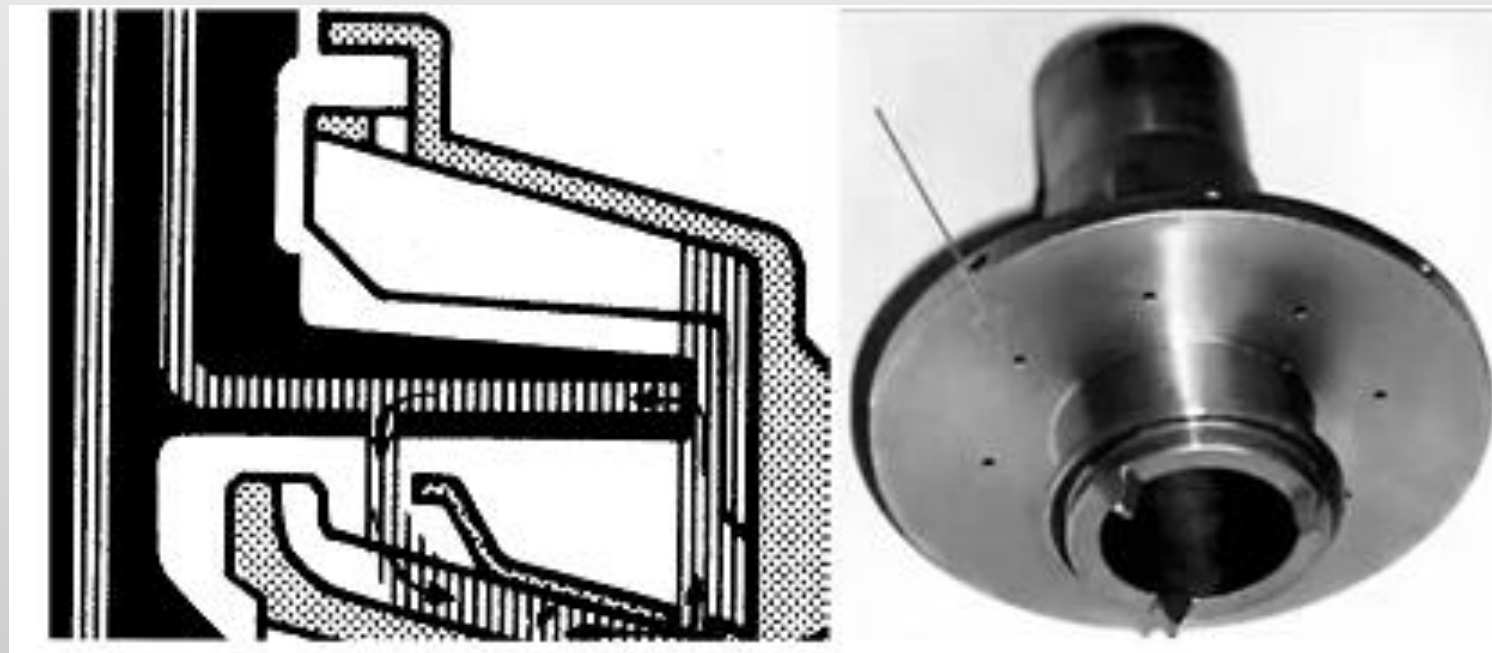


Рис. Циркуляция в камере напорного диска для воды.

С течение времени вода, отделенная из потока топлива, накапливается на периферии барабана, уровень ее растет и поверхность раздела жидких сред достигает внешнего края набора тарелок. Вода начинает попадать в поток очищенного топлива.

Датчик воды моментально регистрирует наличие воды в топливе и по достижении критического значения концентрации воды дает сигнал системе управления на открытие дренажного клапана.

Вода и топливная эмульсия, накопленная на периферии барабана, устремляются в канал между колпаком барабана и верхней тарелкой. Через отверстие в диске контроля расхода вода попадает в камеру напорного диска для воды. Напорный диск отводит воду и эмульсию из сепаратора. Время открытия дренажного клапана зависит от объема вытесняемой воды (от края набора тарелок до среза верхней тарелки) и от размера отверстия в диске контроля расхода и управляется микропроцессором.

После закрытия дренажного клапана топливо через отверстие в верхней тарелке поступает в пространство между тарелкой и колпаком барабана и постепенно вытесняет воду, оставшуюся в верхней напорной камере, обратно в барабан. Благодаря этому предотвращается образование водяного пара и прорыв его через верхнюю напорную камеру, что может вызвать перелив топлива через верх барабана.

Одним из показателей нормальной работы сепаратора FOPX является **низкое давление воды перед закрытым дренажным клапаном. Показание манометра не должно превышать 0,1 МПа.** Причиной повышенного давления воды является высокое противодействие топлива на выходе из сепаратора из-за большого гидравлического сопротивления трубопровода, в результате чрезмерной производительности или из-за высокой вязкости топлива (низкой температуры сепарирования). При росте противодействия уровень топлива в напорной камере тоже растет, т.е. свободная поверхность топлива смещается ближе к центру.

При определенной величине противодействия работа кольца уровня нарушается, уровень в напорной камере смещается к центру и сливается с уровнем топлива на выходе из тарелок, образуя единую поверхность

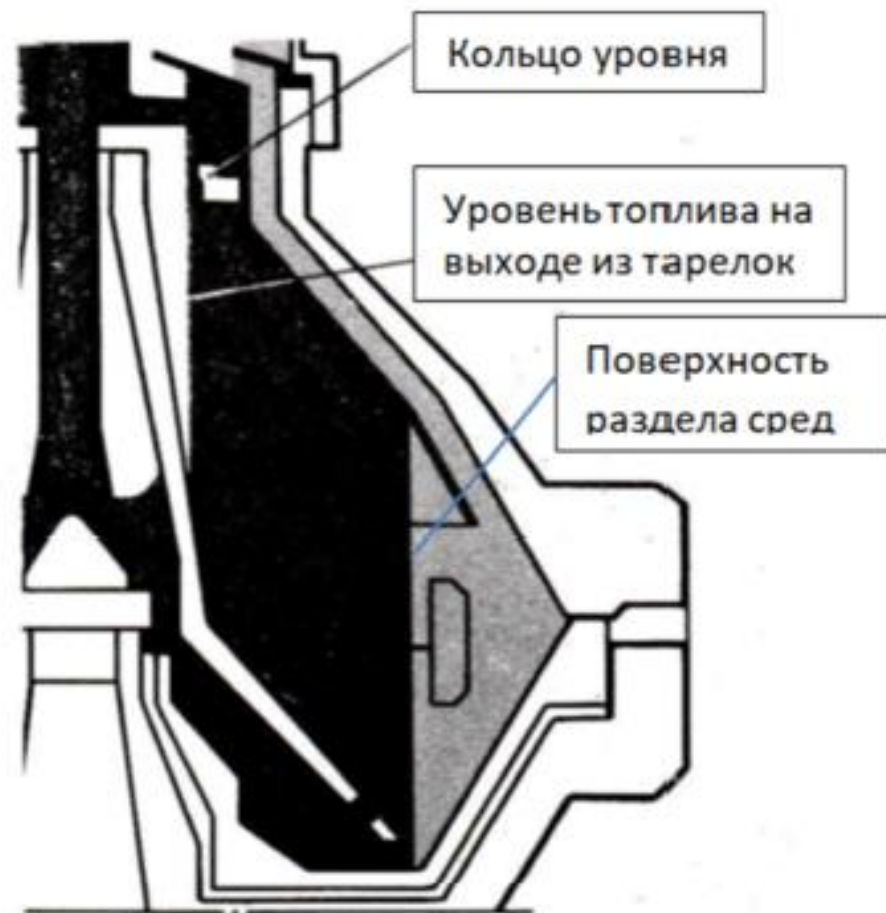
(см. рис. след. слайд).

При определенной величине противодействия работа кольца уровня нарушается, уровень в напорной камере смещается к центру и сливается с уровнем топлива на выходе из тарелок, образуя единую поверхность
(см. рис. след. слайд).

В конечном итоге расположенный выше диск контроля расхода может оказаться полностью заполненным топливом, и оно начнет поступать в верхнюю напорную камеру не через отверстие в диске контроля расхода, а путем перелива через край диска по внутреннему диаметру. В результате напорный диск для воды окажется глубоко погруженным во вращающееся топливо, что и приведет к повышению давления в патрубке выхода воды и соответствующему изменению показания манометра.



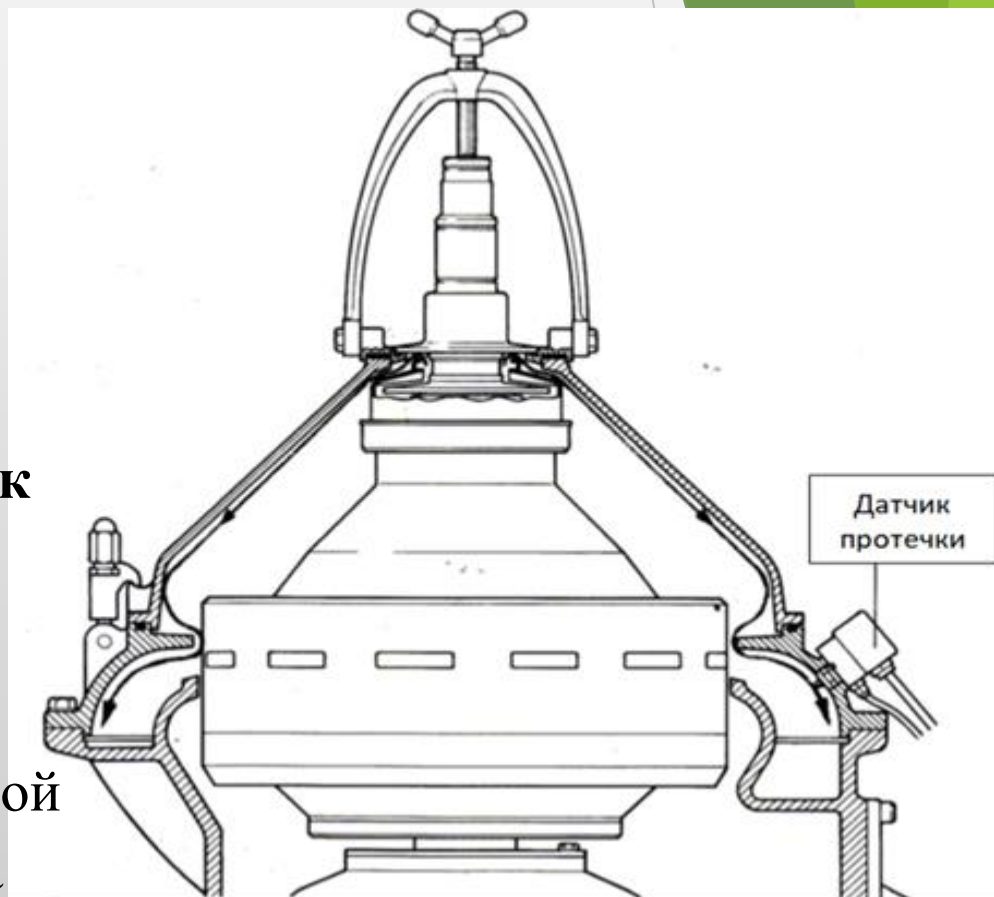
Нормальная работа сепаратора



Работа с высоким противодавлением

В конечном итоге расположенный выше диск контроля расхода может оказаться полностью заполненным топливом, и оно начнет поступать в верхнюю напорную камеру не через отверстие в диске контроля расхода, а путем перелива через край диска по внутреннему диаметру. В результате напорный диск для воды окажется глубоко погруженным во вращающееся топливо, что и приведет к повышению давления в патрубке выхода воды и соответствующему изменению показания манометра.

. Если противодавление в магистрали отвода топлива будет слишком высоким, топливо перельется через зазор в крышке водяной напорной камеры. **С целью недопущения потери топлива сепаратор имеет датчик протечки**, установленный на корпусе сепаратора. При срабатывании датчика выходит сигнал неисправности, трехходовой клапан переводит подачу топлива на рециркуляцию.



15.02.2025

последует

... продолжение