



Е. П. МАСЮТКИН - к.т.н., профессор, ректор

Керченский государственный морской технологический университет, Украина

Э. В. ПРОСВИРНИНА - инженер

Керченский государственный морской технологический университет, Украина

Б. А. АВДЕЕВ - ассистент

Керченский государственный морской технологический университет, Украина

В. Б. ГУЛЕВСКИЙ - к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина

ОЧИСТКА ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ ОТ МАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрены причины загрязнения технических жидкостей магнитными примесями, произведен анализ возможных решений данной проблемы.

Ключевые слова: магнитные примеси, очистка, магнитные сепараторы, фильтры, гидроциклоны, отстойники.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Загрязнение технических жидкостей (далее *тж*) примесями приводит к снижению эффективности и качества обработки материалов и, соответственно, к частой их замене. Кроме того, примеси в *тж* могут являться причиной поломки оборудования. Под *тж* понимаются маловязкие жидкости, предназначенные для обеспечения выполнения машинами и механизмами рабочих функций. *Тж* подразделяют на амортизаторные, антиобледенительные, гидравлические, охлаждающие, промывочные, пусковые, моторные, разделительные, смазочно-охлаждающие и тормозные, трансмиссионные, антифризные, энергетические и др.

Эффективная очистка *тж* в процессе их эксплуатации обеспечивает многократное (до 10 раз и более) увеличение срока их использования без замены, повышает эффективность и надежность работы оборудования [1]. В целом ежегодно в биосферу попадает около 6 млн т нефтепродуктов, из них более половины приходится на отработанные смазочные материалы [2]. В связи с тем, что магнитные примеси в *тж* встречаются практически повсеместно и в огромных количествах, то целесообразно применять магнитное

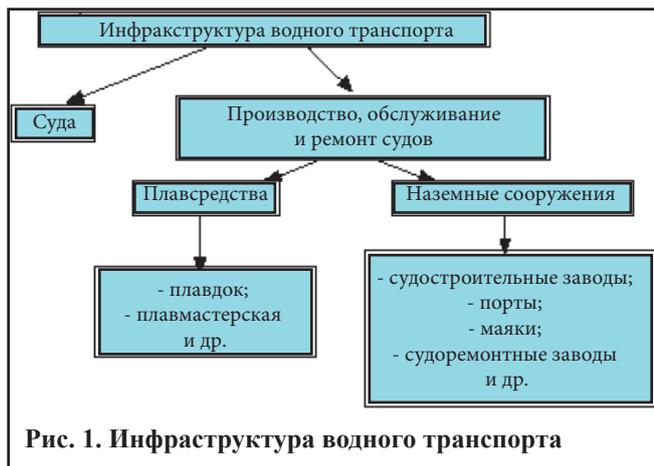
поле для повышения эффективности очистки.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Украина имеет благоприятные предпосылки для развития морского транспорта; на юге ее территорию омывают воды Черного и Азовского морей, которые практически не замерзают. На береговой линии, имеющей длину более 2 тыс. км, расположено 18 портов [3]. Поэтому развитие и модернизация объектов морского хозяйства является важной задачей для современной Украины.

К инфраструктуре водного транспорта относят суда, порты, судостроительные и судоремонтные заводы (*рис. 1*). Судно – сложный инженерный комплекс, и его производство, обслуживание, ремонт требуют широкого спектра работ различного направления.

Состояние инфраструктуры водного транспорта Украины делает проблему ресурсо- и энергосбережения особо актуальной. Одной из задач в данной отрасли является извлечение механических примесей из *тж* и в смазочно-охлаждающих жидкостях (*сож*). Когда *тж* не отвечает требованиям, которые к ним предъявляются, они заменяются с последующей регенерацией или утилизацией. Утилизация имеет существенные



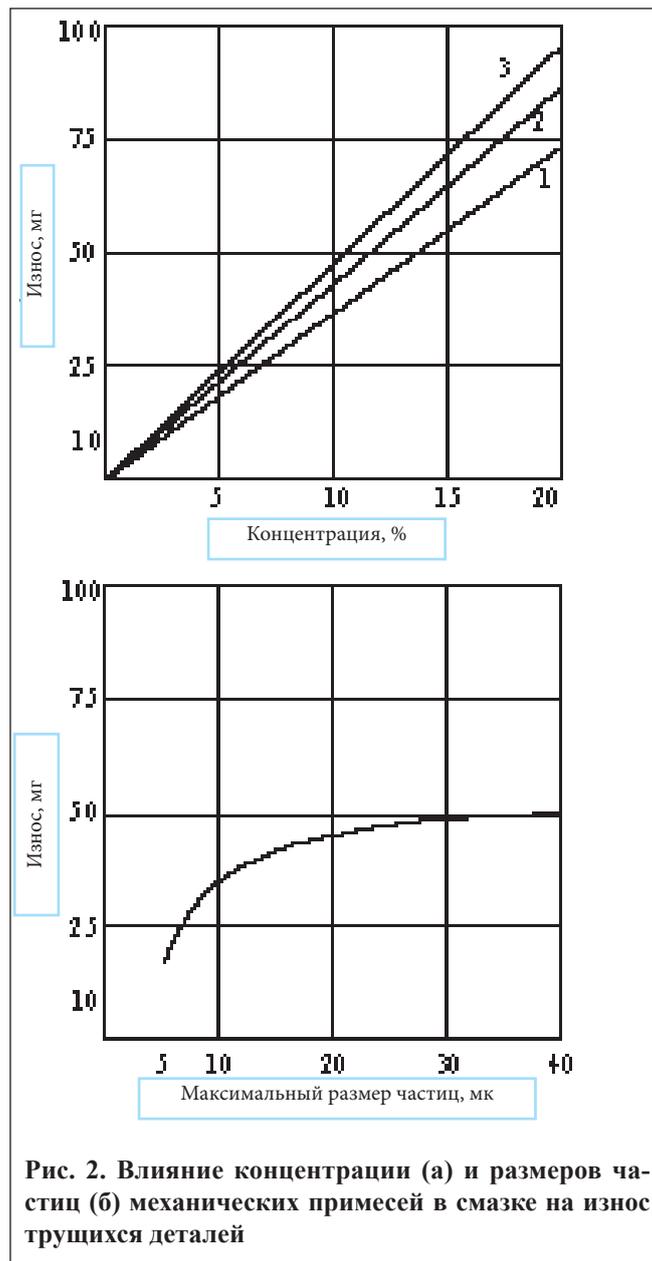
недостатки: высокая стоимость технических жидкостей, ухудшение экологической ситуации и ужесточение требований к охране окружающей среды. Наилучший способ – это эффективная очистка *тж* в процессе работы и, тем самым, увеличение срока ее службы и оборудования. При этом способе также поддерживается качество рабочего инструмента и обработанных поверхностей. Он наиболее широко распространен на машиностроительных предприятиях всего мира, поскольку является эффективным, выгодным и меньше воздействует на окружающую среду [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Совершенствование техники и технологии применения *тж* способствует переходу к ресурсосберегающему и экологически чистому производству. Важность проблемы рационального применения смазочно-охлаждающих технологических средств определяется не только экономическими соображениями, хотя по оценкам специалистов и опыту промышленности затраты на *сож* часто значительно (до 4 раз) превышают расходы на режущие инструменты и достигают 17 % себестоимости изготовления деталей машин [1], но и экологическими, т.к. смазочно-охлаждающие технологические средства являются загрязнителями окружающей среды, а на их изготовление затрачивают значительное количество дефицитного сырья. На рис. 2 представлены зависимости между концентрацией твердых частиц и износом трущихся деталей в подшипнике скольжения [5]. Очевидно, что для сбережения оборудования требуется постоянная эффективная очистка *сож*.

Ниже приведены основные области, где затрагивается данная проблема [1, 2, 4, 6]:

1. Металлообработка. *Сож* или охлаждающие эмульсии являются важными компонентами



в процессе обработки металлов резанием. *Сож* препятствуют износу режущих инструментов, снижают температуру металла, в какой-то степени очищают зону резания и значительно повышают качество готовой продукции. Но смазочно-охлаждающие жидкости с течением времени загрязняются и теряют свои свойства, поэтому их необходимо заменять. В связи с тем, что данные масла являются дорогими, поэтому целесообразно проводить очистку и использовать *сож* вторично.

2. Мойка и очистка. В судоремонте необходима чистка днища кораблей, удаление ржавчины с их корпуса. Отработанная вода вместе с абразивом, токсичной краской и ржавчиной попадает в море, что создает непоправимый вред окру-



жающей среде и в особенности морской флоре и фауне.

3. Гидромашины. В следствии попадания примесей в рабочую жидкость увеличивается износ рабочих частей гидромашин.

4. Объекты водоснабжения предприятий. Наличие у воды окраски (желтизны), темного осадка, взвесей окислов железа является причиной нарушения технологии производства. Металлические частицы загрязняют пропускное оборудование, снижают моторесурс насосов и другого оборудования, работающие с водой, выводя их из строя раньше установленного ресурса.

6. Смазка трущихся поверхностей. Дизели, подшипники, трансмиссии, втулки, поршни и т.д.

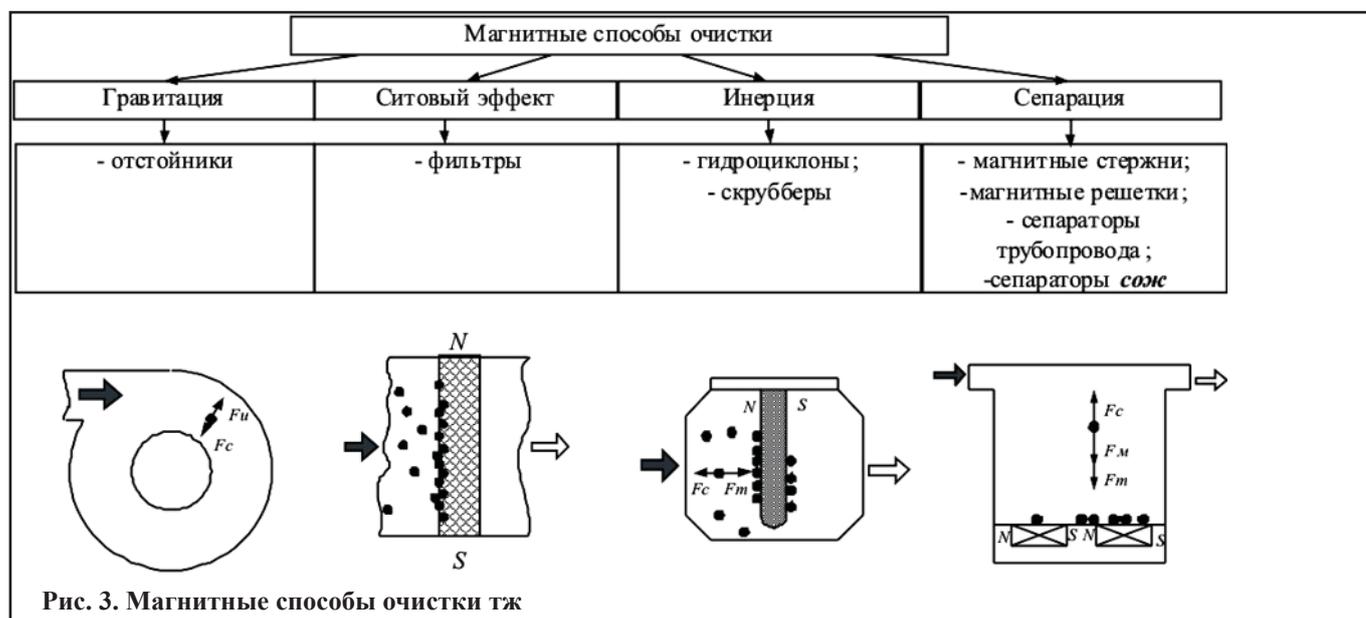
5. Другие области применения. Практически в любой сфере промышленности можно встретить техническую воду и промышленные стоки, которые можно очищать и эффективно использовать вторично.

Механические примеси попадают в гидросистему в результате недостаточной очистки и промывки деталей и узлов при изготовлении (металлическая стружка, оборвавшиеся заусенцы, остатки абразива, окалина и др.). Они содержатся в рабочих жидкостях в момент заливки в систему, попадают при монтаже и ремонтных работах, образуются при износе и коррозии деталей в процессе работы, проникают в виде пыли через воздушники и неплотности. Ниже представлены основные способы попадания загрязняющих веществ в гидросистемы [7]: начальные, внеш-

ние, внутренние, сборочные, послеремонтные, продукты износа.

Существуют две системы очистки *тж* в зависимости от ее количества и конфигурации оборудования: централизованные и мобильные. Централизованные системы применяются на больших производствах и располагают стационарными трубопроводами с единой емкостью технических жидкостей. Локальные системы располагаются у отдельных станков, или же могут перемещаться от одного оборудования к другому. Для малых предприятий и плавмастерских целесообразней иметь локальные системы очистки. Очистку и дезинфекцию циркуляционной системы рекомендуют осуществлять при каждой плановой смене сож согласно ГОСТ 12.3.025-80, но не реже 1 раза в 1 - 3 месяца [8].

В связи со спецификой инфраструктуры водного транспорта, можно сформулировать следующие требования к очистительному оборудованию [9, 10]: высокая производительность и эффективность очистки, низкие гидравлические сопротивления, удобность и простота при монтаже и эксплуатации, многофункциональность (аппараты должны обеспечивать фильтрацию жидкостей различного состава), широкий диапазон улавливаний твердых загрязнений (стружка, окалина и различные частицы после механической обработки), возможность самоочистки (регенерации), минимальные габариты, широкий диапазон рабочего давления, долгий срок службы, быстрая окупаемость.



На рис. 3 представлены четыре базовых принципа очистки вязких сред [9]: отстаивание под действием сил гравитации (3); сепарация под действием внешнего воздействия (силы, действующей на магнитные частицы 1, и силы взаимодействия между собой, определяемой законом Кулона для «магнитных масс» 2); ситовый эффект, задерживающий примеси больше, чем размер «поры», и инерционный, основанный на действии центробежных сил (4).

Базовые силы, действующие на частицу:

$$F_g = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g \quad (1)$$

или с учетом архимедовой силы:

$$F_g = (\rho - \rho_n) \cdot V \cdot g, \\ F_i = \mu_0 \cdot \alpha \cdot V \cdot H \cdot \text{grad } H; \quad (2)$$

$$F_e = \frac{4 \cdot \pi \cdot M_1 \cdot M_2}{\mu_0 \cdot \mu_c \cdot R_e^2}; \quad (3)$$

$$F_c = \frac{m \cdot U^2}{R}, \quad (4)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, равная $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$, Гн/м;

α – магнитная восприимчивость тела, б/р;

V – объем тела, м³;

$H, \text{ grad } H$ – напряженность поля и его градиент, А/м и А/м²;

M_1, M_2 – «магнитные массы» частиц, м²кг/с²А;

μ_c – магнитная проницаемость среды, в которой находятся частицы, Гн/м;

R_k – расстояние между частицами, м;

m – масса тела, кг;

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с²;

ρ – плотность тела, кг/м³;

ρ_c – плотность среды, кг/м³;

U – скорость движения тела, м/с;

R – радиус, по которому движется частица.

Всем силам, представленным выше, препятствует сила сопротивления среды:

$$F_c = -3 \cdot \pi \cdot d \cdot \eta_c \cdot U, \quad (5)$$

где d – диаметр тела, м;

η_c – динамическая вязкость среды, Па·с.

К отстаиванию под действием сил гравитации можно отнести отстойники, применяемые для улавливания из *тж* средне- и мелкодисперсных примесей [10]. Отстойники могут быть аппаратами периодического, полунепрерывного и непрерыв-

ного действия. Отстойники периодического действия в большинстве случаев представляют собой низкие резервуары без перемешивающих устройств. В этих аппаратах подача суспензии, слив осветленной жидкости и удаление осадка происходят периодически. В аппаратах полунепрерывного действия подача суспензии и слив осветленной жидкости происходят непрерывно, а осадок по мере накопления периодически удаляется из отстойника через нижние спускные устройства. При этом выбирают такое значение скорости протекания суспензии, чтобы частицы успевали осесть на дно отстойника прежде, чем жидкость выйдет из аппарата. В отстойниках непрерывного действия подача суспензии, слив осветленной жидкости и удаление осадка происходят непрерывно. Чаще используются последние. По направлению движения в сооружении подразделяются на горизонтальные, вертикальные и радиальные.

Наиболее целесообразно применять магнитные поля в отстойниках при очистке смазывающе-охлаждающих и рабочих жидкостей. Это объясняется сравнительно небольшим количеством жидкостей, а, следовательно, малыми рабочими объемами аппаратов очистки, в которые всегда можно вмонтировать узел, создающий магнитное поле.

Магнитный отстойник, представленный на рисунке 4 а, собирает магнитные примеси на постоянном магните, которые поступают с входного патрубка, расположенного снизу; очищенная *сож* выходит через верхний выходной патрубок. По истечению некоторого времени магнит подымается, где с него снимаются все прилипшие примеси. После очистки магнит опять опускается, и цикл повторяется снова. Данная конструкция имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, отстойник данной конструкции может извлекать исключительные магнитные примеси; во-вторых, для работы требуется постоянный магнит с высокой напряженностью магнитного поля, что сильно затруднит удаление прилипших частиц к нему. Последняя проблема может быть решена заменой постоянного магнита на электромагнит: при извлечении источника магнитного поля нужно будет отключить питание электромагнита, что значительно облегчит снятие магнитных частиц. Кроме того, частицам требуется преодолеть гравитационное поле Земли, чтобы под действием магнитной силы приблизиться к источнику магнитного поля. Более рационально использовать наложение вышеперечисленных сил.



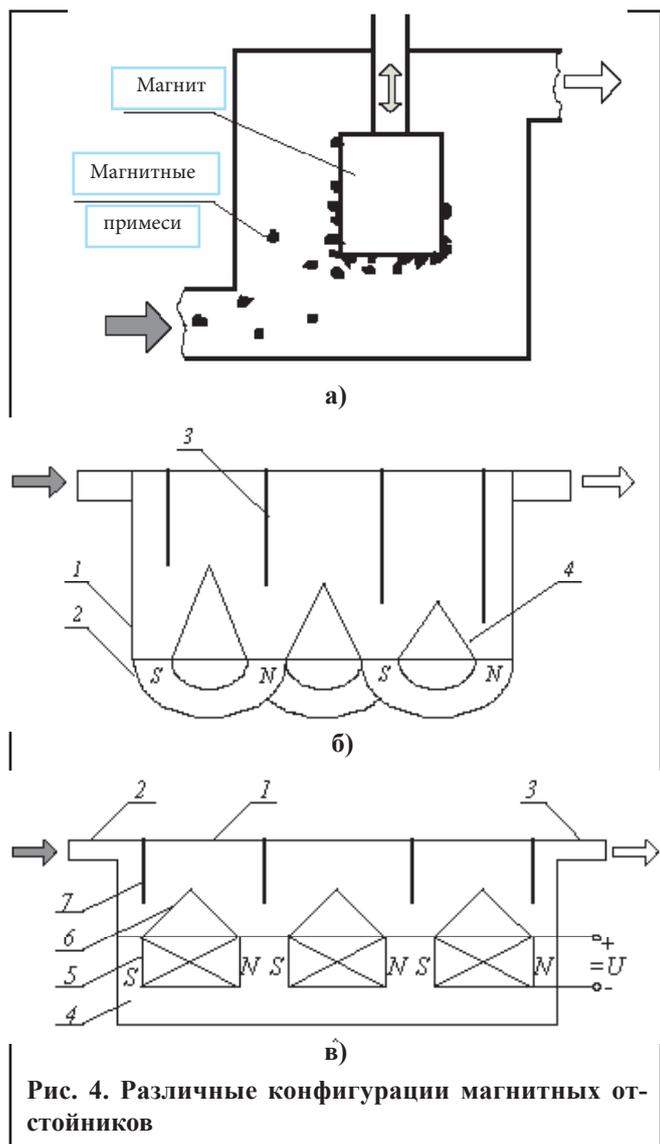


Рис. 4. Различные конфигурации магнитных отстойников

Более совершенные конструкции магнитных отстойников рассмотрим ниже.

Магнитный отстойник, изображенный на рисунке 4б [11], состоит из магнитной системы 1, корпуса 2 с выходным и входным патрубками, в котором в верхней части, напротив середины полюсов магнита, поставлены перегородки 3; в нижней части корпуса установлены немагнитные конусы 4, вершины которых расположены посередине между полюсными расстояниями магнитной системы.

При подключении обмоток к источнику постоянного тока создается магнитное поле в рабочей камере. Под действием магнитного и гравитационного полей магнитные примеси оседают на полюсах магнитопровода отстойника. Для предотвращения возникновения магнитных шунтов между полюсами магнитопровода ставятся немагнитные конусы. Перегородки увеличивают турбулентность жидкости, что позволяет всему

потoku проходить близ полюсов магнитопровода.

Магнитный отстойник, представленный на рисунке 4 в [12], аналогичен предыдущему, поэтому в особых пояснениях не нуждается. Отличие состоит лишь в формах и размерах перегородок и немагнитных конусов.

Однако процесс осаждения медленный, требует больших площадей, и степень извлечения немагнитных частиц мала.

К сепарации под действием внешнего воздействия можно отнести магнитные стержни, магнитные решетки, сепараторы трубопровода и сепараторы сож [1, 6, 13]. В основу работы сепарации положен принцип извлечения ферромагнитных примесей с помощью магнитного поля, создаваемого постоянными магнитами на основе редкоземельных металлов Nd-Fe-B.

Магнитные стержни на постоянных магнитах устанавливаются в любом месте твердого или жидкого потока материала. Используются там, где существует потребность эффективной очистки материала, но отсутствует возможность установки стационарных сепараторов, или их использование не находит обоснования. Простая конструкция позволяет устанавливать магнитные стержни практически в любых средах (в том числе агрессивных). При их правильном использовании они имеют высокий коэффициент сопротивления коррозии и длительный срок службы.

Магнитные решетки также предназначены для извлечения металломагнитных примесей из сыпучих материалов или жидкостей. Магнитные решетки на постоянных магнитах могут быть выполнены в виде различных геометрических форм (круг, квадрат, пирамида и т.п.), что позволяет устанавливать их практически в любом месте. Для удобства извлечения решетки из бункера могут быть предусмотрены «стропы».

Магнитный сепаратор трубопровода (рис. 5) устанавливается в действующие системы трубопроводов, где техническая жидкость движется принудительно под давлением или монтируется на слив трубопровода, где продукт движется самоотеком [13]. При протекании сож металлические примеси притягиваются и удерживаются на магнитных стержнях. По истечению времени стержни извлекают и очищают от магнитных частиц.

Магнитные сепараторы сож (рис. 6) можно применять как самостоятельное устройство, так и в комплекте с другими устройствами в установках очистки сож [14]. Конструкция

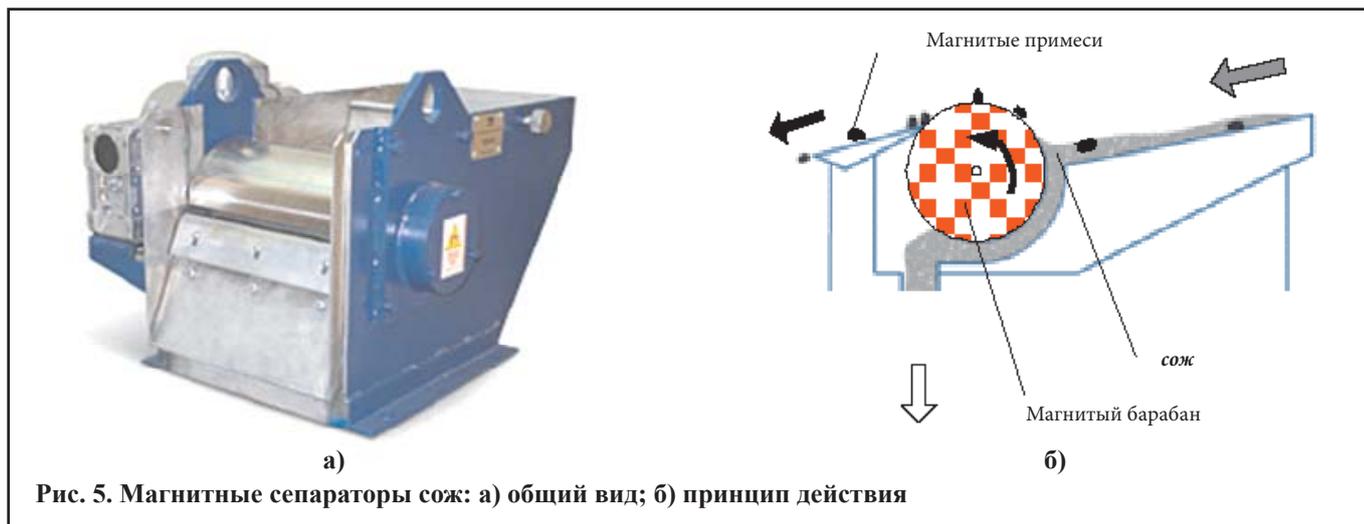


Рис. 5. Магнитные сепараторы сож: а) общий вид; б) принцип действия

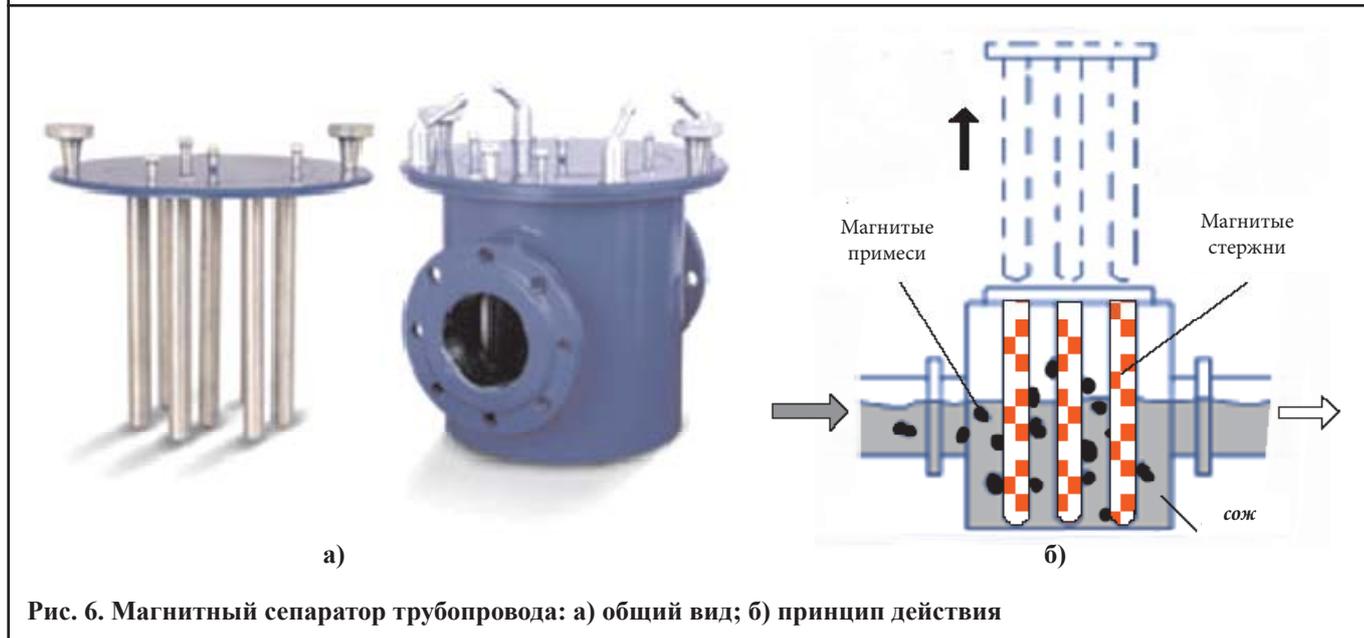


Рис. 6. Магнитный сепаратор трубопровода: а) общий вид; б) принцип действия

магнитного сепаратора *сож* представляет собой корпус, изготовленный из нержавеющей стали, внутри которого установлен магнитный барабан. Вращение барабана обеспечивает мотор-редуктор. Отработанная *сож* подается самотеком в приемную камеру сепаратора. Проходя через дозатор, поток *сож* равномерно распределяется по всей ширине рабочей зоны. При протекании *сож* под магнитным барабаном металлические примеси притягиваются и удерживаются на нем под действием мощного магнитного поля. Очистка магнитного барабана от металлических включений осуществляется регулируемым отсекателем, который крепится на наклонном лотке сепаратора. Для удаления остатков *сож*, попавших на магнитный барабан, предусмотрен отжимной валик. Очищенная *сож* сливается по естественной траектории. Магнитные примеси накапливаются на отсекателе и движутся по наклонному лотку под собственным весом, попадая

в специальный контейнер для сбора.

К общим недостаткам всех магнитных сепараторов можно отнести то, что они позволяют извлечь только крупные металлические частицы размером выше 35 мкм. Неметаллические частицы не извлекаются. Обычно магнитные сепараторы устанавливаются как устройства для предварительной (грубой) очистки технических жидкостей.

Магнитные фильтры, основанные на *ситовом эффекте*, служат для устранения из различных технических жидкостей механических примесей, таких как маленькие металлические частицы, шлам, ржавчина, частицы износа и отложения [15]. Фильтры состоят из корпуса, в котором чаще всего размещается сетка, которая включает в себя ячейку для задержания механических включений. Для удаления магнитных частичек применяются прокладки из твердых



магнитов. Он задерживает все твердые частицы, которые попали в область его действия и не превышают размеры ячеек.

Большинство существующих фильтров имеют следующий недостаток: несовершенство регенерации фильтрующего слоя. Кроме того, фильтр может «забиваться», что приводит к увеличению падения давления на нем или даже к аварийной ситуации.

Все фильтры довольно просты в эксплуатации, легко разбираются и чистятся. Отфильтрованные частицы можно легко удалить путем откручивания крышки и очистки элемента для фильтрации воды. Фильтр надежно защищает от засорения все уязвимые участки, такие как насосы, теплообменники, расходомеры и регуливающую арматуру. Условный проход фильтров составляет 15 - 200 мм, и благодаря этому их можно использовать в довольно широком диапазоне.

Наиболее широкое применение в промышленности находят магнитные фильтры, которые способны удалять из жидкости практически любое количество железа и его окислов. Они относительно просты по конструкции и выпускаются многими заводами России и за рубежом. С целью удаления механических или других примесей, кроме магнитной системы, в них используются сетчатые фильтры различной конструкции и материала сетки.

Общим для всех конструкций является наличие [9]: магнитного зернистого слоя, предназначенного для улавливания и удержания твердой фазы; электромагнитной системы для создания магнитного поля в зернистом слое; соответствующих систем подвода и отвода; регенерации фильтрующего слоя (рис. 7 а).

Конструктивно фильтр выполнен разборным: корпус; патрубки - входной и выходной; крышки; соленоид, стальная дробь в качестве фильтровального материала. Такая конструкция позволила получить электромагнитную систему (соленоид-стальная дробь-корпус), создающую магнитное поле в фильтровальном слое в местах контакта стальных шариков. В качестве фильтровального материала могут использоваться не только стальные шарики, но и магнитные насадки [16, 17], сделанные в виде спиралей (рис. 7 б, в).

Фильтр работает следующим образом. Загрязненная ферромагнитными примесями техническая жидкость поступает через входной патрубков в рабочую зону фильтра. Магнитное поле, создаваемое протеканием постоянного тока в катушке, притягивает магнитные примеси к поверхности насадок, которые сделаны в виде спиралей. Очищенная жидкость выходит через выходной патрубков. Насадки расположены таким образом, чтобы сконцентрировать магнитное поле между элементами спирали в зонах улавливания, что значительно повышает степень очистки.

Наиболее экономичным способом очистки при большом объеме *сожж* является сепарация под действием сил инерции. Она позволяет непрерывно извлекать механические примеси с высокой эффективностью. В отличие от гравитационных отстойников, процесс улавливания в *сожж* мехпримесей происходит под действием центробежной силы, которая может быть в несколько тысяч раз выше земной силы тяжести [18].

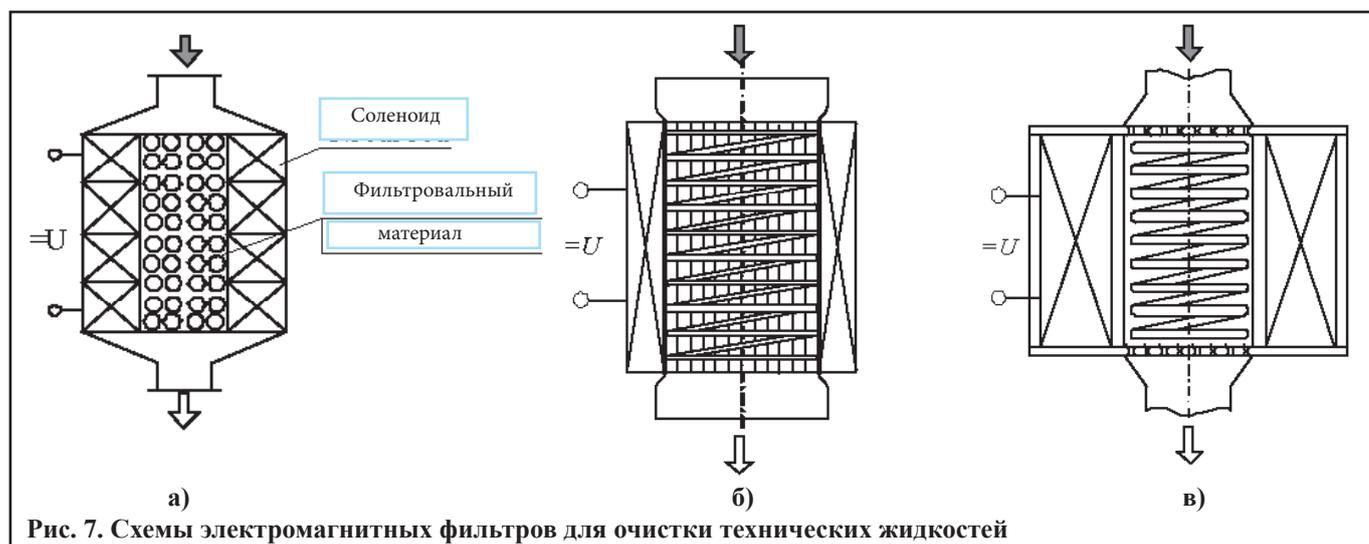


Рис. 7. Схемы электромагнитных фильтров для очистки технических жидкостей

Примером такого устройства может служить электромагнитный гидроциклон (рис. 8 а), состоящий из следующих элементов: цилиндрической (1) и конической (2) частей корпуса; выходного (10), питающего (3) и сливного (4) патрубков; насадки (5), соленоидов (6) и (7); опорного немагнитного кольца (8); кожуха электромагнитной системы (9), являющегося одновременно ее магнитопроводом, шламового патрубка (10) с пробковым краном (11), регулирующего выходное сечение [8].

Работает гидроциклон следующим образом. Жидкость подается в питающий патрубок под давлением и тангенциально вводится в зону сепарации, в которой образуется два вращающихся потока: в периферийной зоне поток, вращаясь с большой скоростью, спирально по стенке опускается к шламовому отверстию, а в конусной части образуется вихревой, восходящий поток жидкости. На частицу в гидроциклоне без поля действует две основные силы - центробежная и сопротивления среды; более крупные частицы отбрасываются к стенкам аппарата, а мелкие вращаются ближе к сливной трубе, при этом образуются зоны различной плотности и гранулометрического состава. При включении соленоидов магнитные частицы за счет процессов коагуляции изменяют траекторию движения; в зависимости от их параметров, а также среды и поля, влияние коагуляции на эффективность выделения твердой фазы из потока различна.

Кроме того, гидроциклоны могут иметь доочистку. Примером такого может служить электромагнитный гидроциклон, представленный на рис. 8 б [19]. Гидроциклон состоит из корпуса 1 входного тангенциального патрубка 2, выходной трубы 3, электромагнитной катушки 4. Внутри выходной трубы 3 установлена система 5 доочистки, состоящая из блока параллельных пластин 6 и ферромагнитных полос 7. Выходная труба 3 имеет немагнитное кольцо 8 для предотвращения выноса флоккул в выходную трубу 3.

Гидроциклон работает следующим образом.

Загрязненный поток, содержащий ферромагнитные частицы, по входному патрубку 2 поступает в магнитное поле катушки 4, где частицы укрупняются, образуя флоккулы. Часть образовавшихся флоккул под действием инерционных сил отбрасывается к корпусу гидроциклона, а другие частицы осаждаются на выходной трубе 3 и под действием вращающегося газового потока

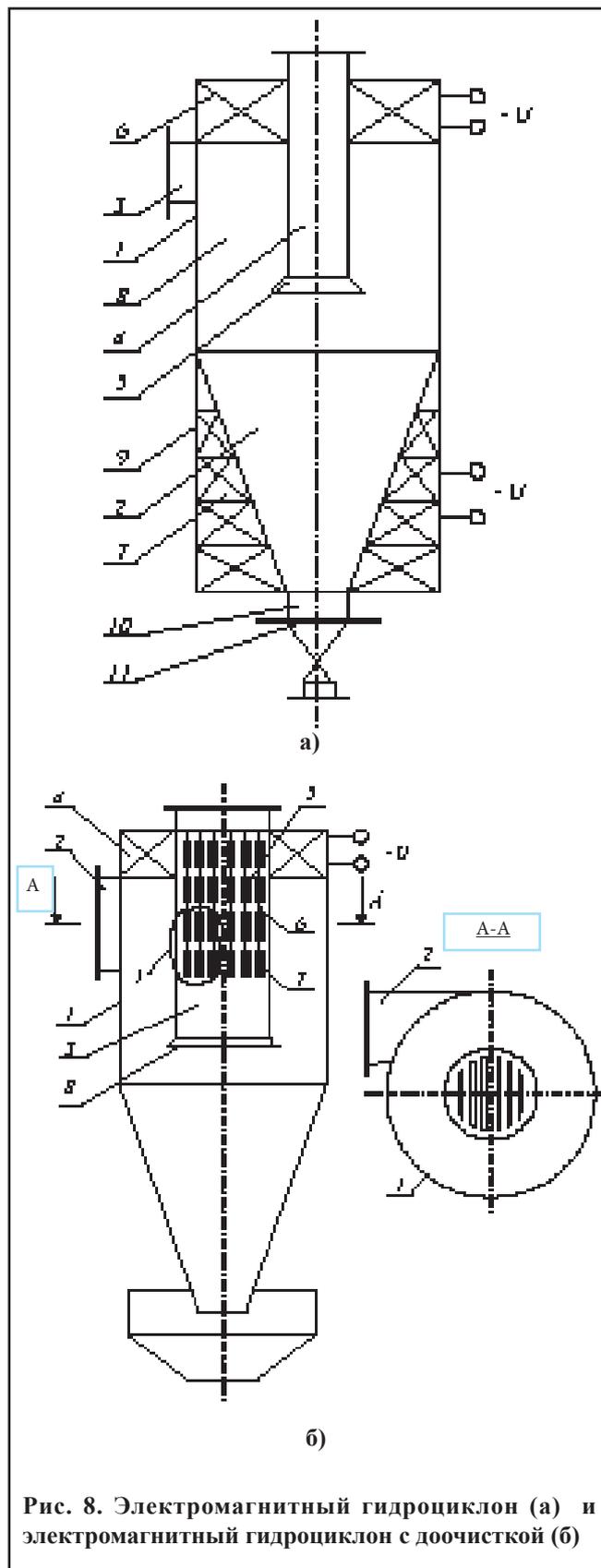


Рис. 8. Электромагнитный гидроциклон (а) и электромагнитный гидроциклон с доочисткой (б)

сползают на кольцо 8. Очищенный от магнитных частиц поток поступает в выходную трубу 3, в которой установлена система доочистки 5, состоящая из блока параллельных друг другу пластин 6 и магнитных полос 7. Магнитный поток

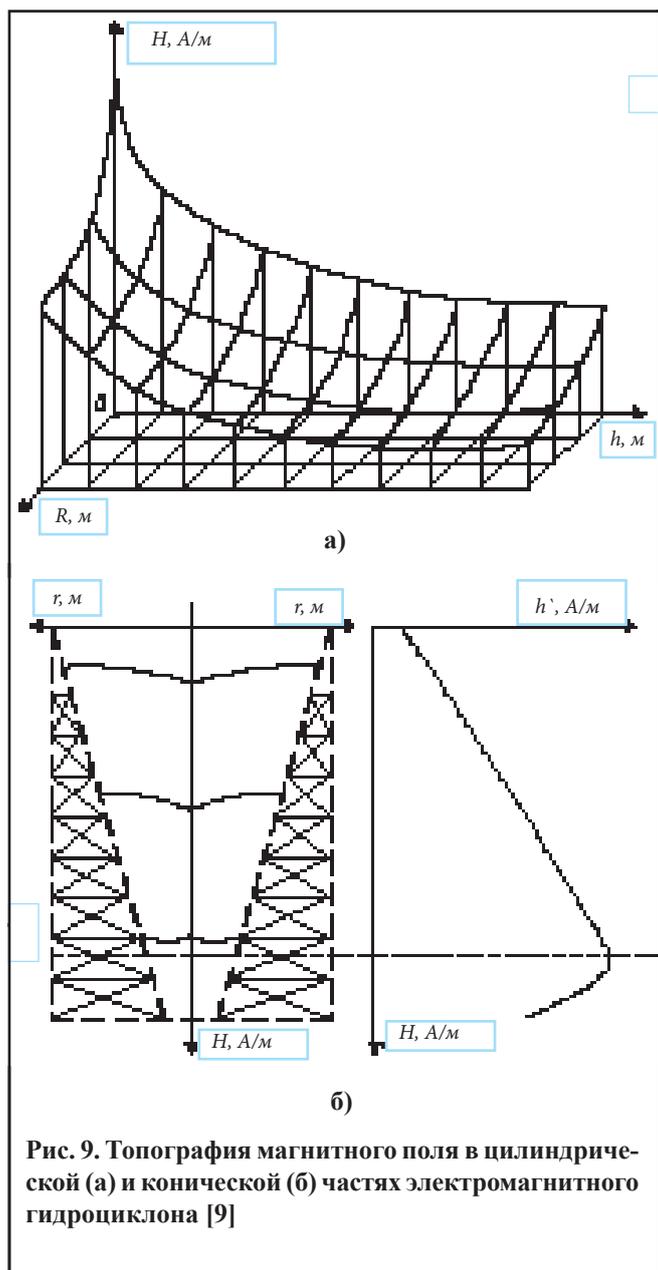


Рис. 9. Топографія магнітного поля в циліндричеській (а) і конічеській (б) частях електромагнітного гідроциклону [9]

проходит между пластинами 6 в осевом направлении, создавая поле, которое служит для улавливания частиц, выносимых из гидроциклона. Наибольшая напряженность создается на торцах ферромагнитных полос 7, где и происходит осаждение частиц. Регенерация системы доочистки 5 осуществляется отключением катушки 4 на 1 - 2 мин. Выходная труба 3 имеет немагнитное кольцо 8 для предотвращения выноса флоккул в выходную трубу.

ВЫВОД

Обзор существующих способов борьбы с примесями железа позволяет сделать обоснованный вывод о том, что удаление магнитных примесей из технических жидкостей является сложной задачей. К настоящему времени не су-

ществует универсального экономически оправданного метода, применяемого во всех случаях жизни, поэтому в каждом отдельном случае проблема решается по-своему и, как правило, комплексным способом. Применение специальных средств для извлечения магнитных примесей дает возможность повысить чистоту обработки поверхности деталей, многократно использовать охлаждающие жидкости и исключить поломку дорогостоящего оборудования.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы статьи выражают благодарность д.т.н., профессору Просвирнину В. И. за помощь в подготовке данной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробочка, А. Н. Очистка технологических сред при обработке металлов резанием [Текст] / А. Н. Коробочка, А. М. Тихонцов, Е. А. Брылев. – Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 1992. – 127 с.
2. Кухаренко А.А. Смазочные материалы и охрана окружающей среды [Текст] /А. А. Кухаренко, М. Н. Дадашев, И. Г. Фукс //Экология промышленного производства. –М : ФГУП ВИМИ, 2005. Вып. 3., - 47 – 49 с.
3. Сайт Державного комітету статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ukrstat.gov.ua/.
4. Татарникова С. Р. Смазочно-охлаждающие жидкости и их применение при производстве режущего инструмента. Методические рекомендации [Текст] / С. Р. Татарникова. // Всесоюзный научно-исследовательский инструментальный институт информации и технико-экономических исследований по машиностроению и робототехнике. -М :ВНИИ инструмент, 1986.
5. Григорьев М. А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях [Текст]: Монография / М. А. Григорьев. - М: Машиностроение, 1970. - 270 с. - Библиогр.: с. 267- 269.- 7500 экз.
6. Бульжев Е. М. Моделирование, расчет и проектирование кассетных патронных магнитных сепараторов для очистки больших объемов водных технологических жидкостей [Текст] / Е. М. Бульжев, Е. Н. Меньшов, Н. Н. Кондратьева, А. Ю. Богданов, Э. Е. Бульжев; под общей редакцией Е. М. Бульжева. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 216 с. ISBN 978-5-9795-0892-4.
7. Загрязнения в рабочей жидкости и их влияние на износ оборудования. [Електронний ресурс] / А. Кочберски, С. В. Полохов // — Режим доступа: <http://www.nbu.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm>.
8. ГОСТ 12.3.025-80 Система стандартов безопасности труда. Обработка металлов резанием. Требования безопасности. [Чинний від 01.07.1982]. - К. :Держстандарт України, 2006. - 181 с.
9. Александров, Е. Е. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей [Текст]: Монография / Е. Е. Александров, И. А. Кравец, Е. Н. Лысиков, Е. П. Масюткин, В. И. Просвирнин

- [и др.]. - Харьков : НТУ «ХПИ», 2006. - 544 с. - Библиогр.: с. 517- 539.-300 экз. - ISBN 966-593-394-9.
10. Масюткин, Е. П. Новые конструкции магнитных отстойников [Текст] / Е. П. Масюткин, Э. В. Просвирнина. // Рыбное хозяйство Украины. – Керчь : КГМТУ, 2011. – № 6 (70). – С. 32-33.– 1100 экз.
11. Пат. 52441 Україна, МПК7 В03С1/02. Магнітний відстійник / Є. П. Масюткін, В. Б. Гулевський, В. І. Просвірнін, Д. В.Хасай (Україна). — № u2002531; заявл.09.03.2010; опубл. 25.08.2010, Бюл. №16.
12. Пат. 52441 Україна, МПК7 В03С1/02. Магнітний відстійник / В. І. Просвірнін, Є. П. Масюткін, І. О. Кузнецов (Україна). — № u2005 04373; заявл. 10.05.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 4. Просвірнін Віктор Іванович, Масюткін Євген Петрович.
13. Сепараторы трубопровода. Серия СМТП [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: http://erga.ru/rus/separatory_truboprovoda_seriya_smtp/.
14. Сепараторы для очистки СОЖ Серия СОЖ [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: http://erga.ru/rus/separatory_dlya_ochistki_sozh_seriya_sozh/
15. Просвірнін В. І. До розрахунку електромагнітних фільтрів для очищення технічних рідин [Текст] / В. І. Просвірнін, Є. П. Масюткін, В. Б. Гулевський і М.В. Красавчіков. // Труды Таврической государственной агро-технической академии: науч. спец. издание / ТГАТА. – Мелитополь: ТГАТА, 2006. – Вып. 38 – С. 25-32 с. – ISBN 966-8428-03-X – 100 экз.
16. Пат. 11072 Україна, МПК7 В03С1/00. Електромагнітний фільтр-сепаратор / Є. П. Масюткін, В. Б. Гулевський, В. І. Просвірнін, Д. Є. Масюткін (Україна). — № u200504571; заявл.16.05.05; опубл. 15.12.05, Бюл. №12.
17. Пат. 68105 Україна, МПК7 В03С1/02. Електромагнітний фільтр-сепаратор / В. І. Просвірнін,

Є. П. Масюткін, І. О. Кузнецов (Україна). — № u2003109069; заявл.07.10.2003; опубл. 15.07.2004 Бюл. №7.



18. Масюткин Е. П. Анализ основ теории и методов расчета гидроциклонов с силовыми полями электрической природы [Текст]/ Е. П. Масюткин, В. И. Просвирнин, Б. А. Авдеев // Рыбное хозяйство Украины. – Керчь : КГМТУ, 2011. – № 1 (78). – С. 34-38.

19. А.с. 1018717 СССР МКИЗ В 04 С 5/12, В03С1/00 Циклон/ В. И.Просвирнин, Е. А.Капустин и др./ Открытия. Изобретения. – 1983. – №19. – с.26.

СТАТТЯ ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦІЮ 2.07.2012 г.

Є. П. МАСЮТКІН, Є. В. ПРОСВІРНІНА, Б. О. АВДЕЄВ, В. Б. ГУЛЕВСЬКИЙ

ОЧИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ РІДИН ВІД МАГНІТНИХ ДОМІШОК В ІНФРАСТРУКТУРІ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті розглянуті причини забруднення технічних рідин магнітними домішками, проведений аналіз можливих варіантів розв'язання проблеми.

Ключові слова: магнітні домішки, очищення, магнітні сепаратори, фільтри, гідроциклони, відстійники.

E. MASUTKIN, E. PROSVIRNINA, B. AVDEEV, V. GULEVSKY

CLEANING FLUIDS FROM MAGNETIC IMPURITIES IN THE WATER TRANSPORT INFRASTRUCTURE

The article is dealt with the causes of pollution fluids magnetic impurities and produced an analysis of possible solutions to this problem.

Keywords: magnetic impurities, purification, magnetic separators, filters, hydrocyclones, settling tanks.

