



Центральный институт научно-технической информации и технико-экономических исследований по химическому и нефтяному машиностроению

ХМ-1

Химическое

**и нефтеперерабатывающее
машиностроение**

Обзорная информация

А. И. ЕЛЬШИН

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
ФИЛЬТРОВАНИЯ И ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ
МОСКВА 1992

В обзоре сделан анализ тенденций развития фильтровального оборудования как элемента гибкой химико-технологической системы. Особое внимание уделено нетрадиционным видам оборудования и приемам фильтрации, а также возможности применения роботов для обслуживания некоторых видов фильтров периодического действия.

Дана классификация фильтровального оборудования, в основу которой положено пространственно-временное положение фильтрующей среды.

Рассмотрены возможные применения фильтрации в переработке опасных жидких отходов, а также их схемы очистки.

Определено место в химической технологии таких видов фильтровального оборудования как комбинированные фильтры, роторные фильтрующие системы, роботизированные фильтры.

Обзор составлен по опубликованным отечественным и зарубежным материалам.

Обзор предназначен для специалистов, занимающихся вопросами разделения дисперсных сред в системах жидкость—твердое.

Автор А. И. ЕЛЬШИН
(Новополоцкий политехнический институт)

ВВЕДЕНИЕ

Процесс фильтрации находит применение в различных отраслях народного хозяйства. Назовем некоторые области применения процесса химическая, полимерная, микробиологическая, горно-обогатительная, нефтехимическая, химико-фармацевтическая, электронная, аэрокосмическая, энергетика, медицина.

Разнообразие разделяемых дисперсных систем и их свойств определяют и разнообразие способов фильтрации, конструкций фильтров и фильтрующих сред. В лабораторных условиях объем фильтруемой жидкости измеряется миллилитрами, тогда как в горно-обогатительной промышленности, а также при обработке сточных вод перед фильтрованием стоит другая задача — обезвреживание больших объемов суспензий. Кроме того, широкий диапазон требований к фильтрованию как составной части технологического процесса, так, от эффективности процесса фильтрации в большой степени зависит ряд массо- и теплообменных процессов, так как загрязнения способны отлагаться на теплообменных поверхностях, границах раздела фаз и т. п.

Например, одной из причин сдерживания широкого применения теплообменных устройств с пористыми теплообменными элементами (ПТЭ), в том числе и тепловых труб, считается жесткость требований к чистоте теплоносителей. При продолжительной работе теплоноситель должен непрерывно очищаться от механических загрязнений фильтрами, средний размер пор которых в 3—4 раза меньше размера пор ПТЭ [1].

Другой пример. Аппарат для мембранного разделения при работе на предварительно неочищенном от механических примесей растворе может выйти из строя в течение нескольких дней или даже часов, а в случае предварительного удаления загрязнений срок службы вырастает многократно. Применение префильтров в мембранной технологии требует обоснования критериев выбора их конструкций. Фильтр должен оптимально сочетаться с типом мембранного аппарата, мембраной, принятой технологией. Важность правильного решения задачи определяется тем, что от 40 до 60% общих затрат разделения растворов приходится на их предварительную обработку [2].

Возрастает объем потребления стерильных, сверхчистых жидкостей (медицина, биотехнология, электронная промышленность, производство реактивов высокой чистоты и т. д.) Здесь фильтрация уже не способна обеспечить требуемое качество очистки и сочетается с очисткой на ионообменных фильтрах, полупроницаемых мембранах и адсорберах.

Вместо перечисления примеров, раскрывающих возможности фильтрации, более целесообразно обратиться за этими примерами к обширной специальной литературе, обзорам, соответствующим разделам реферативных журналов и бюллетеней, которые не могут быть охвачены в рамках одного обзора.

Все чаще фильтрация и фильтровальное оборудование рассматриваются не как процесс и средство для разделения дисперсных систем, а как

комплекс последовательных технологических операций, где фильтрование выступает важным, но не единственным технологическим процессом, призванным обеспечить достижение требуемого результата (цели). Среди технологических операций, непосредственно определяющих ход фильтрования, и операций, зависящих от результатов фильтрования, можно назвать: предварительную обработку суспензии, в частности, флокулянтами и коагулянтами; промывку, продувку, отжим и сушку осадка, образовавшегося в результате фильтрования. Таким образом, фильтрование выступает как процесс, интегрированный в химико-технологическую систему, что, соответственно, требует его исследования и разработки как процесса, зависящего от смежных химико-технологических процессов и, в свою очередь, влияющего на протекание последующих технологических процессов.

В настоящее время на фоне большого разнообразия способов и оборудования для фильтрования прослеживаются качественные изменения в развитии фильтрования, которые нуждаются в обобщении и анализе. В обзоре будут рассмотрены вопросы классификации фильтровального оборудования, использования многофункциональных фильтров и роботизированных фильтров, а также применение названных видов оборудования при решении задач охраны окружающей среды и переработки опасных продуктов.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ФИЛЬТРОВАНИЯ КАК ГИБКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Общие положения

Основываясь на требованиях, предъявляемых к гибким химико-технологическим производствам и технологиям, выделим несколько аспектов этого вопроса [3—6].

Прежде всего различают внешнюю и внутреннюю гибкость химико-технологических систем (ХТС) [4].

Внешняя гибкость.

1 Поток сырья: способность приспособления к изменению качественных и количественных характеристик исходного сырья и компонентов

2 Поток энергии: способность к варьированию потребляемых энергоресурсов при изменении внешних условий, в том числе неблагоприятных, а также максимальное использование энергии стационарных и нестационарных материальных и энергетических потоков, покидающих пределы ХТС или рассеиваемых в окружающее пространство

3 Внешний информационный поток: способность реагировать на изменения, происходящие на рынках сырья, сбыта готовой продукции, а также на достижения научно-технического прогресса и состояние трудовых ресурсов.

4 Поток продукции: способность быстро изменять объем, качество и (или) ассортимент продукции в соответствии с требованиями потребителя и рыночного уровня производства. Требование п. 4 тесно связано с п. 3.

5 Экологическая гибкость: способность обеспечивать изменяющиеся стандарты по экологической чистоте производства, включая безотходность, т. е. комплексную переработку сырья при изменении состава сырья или его вида, энергоресурсов, ассортимента выпускаемой продукции.

6 Социальная гибкость: возможность совершенствования производства организационно с ликвидацией малоквалифицированного и ручного труда,

расширение интеллектуального и творческого содержания трудовой деятельности рабочих и служащих предприятия, улучшения быта.

Внутренняя гибкость включает в себя вопросы, относящиеся и непосредственному обеспечению нормального функционирования системы: возможность стабильной работы при вариации материальных, энергетических и информационных потоков, Устойчивость функционирования системы в условиях избыточности или недостатка текущей информации о состоянии ХТС и отдельных ее элементов.

Внутреннюю гибкость призваны обеспечивать: адаптивная система оптимального контроля и управления; система предварительного контроля и обеспечения надежного функционирования ХТС, выявляющая и ликвидирующая внутрисистемные нарушения и сбои (в том числе за счет функционального резервирования и дублирования отдельных элементов ХТС и систем автоматизации). Этим же целям служит автоматизированная система аналитического контроля материальных потоков на различных стадиях их преобразования.

При проектировании или анализе ХТС необходим учет типа производства. Например, для многотоннажного производства характерно применение агрегатов большой единичной мощности

Многоассортиментные производства и производства с обновляемым ассортиментом продукции характеризуются, в частности, использованием унифицированного оборудования, технологических модулей (часто на основе комбинированных аппаратов), способных совмещать несколько процессов или операций.

Для периодически обновляемого ассортимента выпускаемой продукции можно использовать понятие гибкости переналадки, осуществляемой между периодами выполнения известных, предусмотренных технологией задач. При постановке на производство предусмотренных технологией новых видов продукции следует рассматривать гибкость модернизации ХТС. Для перестройки и переналадки ХТС необходимо наличие избыточных связей между ее элементами, оптимальная функциональная избыточность по конструктивным, перенастраиваемым или сменяемым элементам, а также по обеспечению надежности.

Основываясь на изложенном, сформулируем определение гибкой ХТС [5].

Гибкая химико-технологическая система — это система машин, аппаратов и управляющих устройств, связанных материальными, энергетическими и информационными потоками, предназначенная для осуществления определенных задач, способная адаптироваться к изменению внешних и внутренних (внутрисистемных) условий при сохранении своих основных характерных функций за счет наличия в резерве избыточных степеней свободы (технологических, конструктивных, структурных и управленческих).

Фильтрование с позиции гибкой технологии

Определение гибкой ХТС применимо и к более частным технологическим системам, например к фильтрованию, так как фильтрование в общем случае предусматривает предварительную обработку суспензии, промывку, отжим, сушку и другие операции. Эти операции взаимосвязаны: успех последующей операции зависит от совокупности предыдущих.

Применительно к рассмотренным признакам процесс фильтрования, как гибкая ХТС, может быть представлен следующим образом [5] (рис. 1).

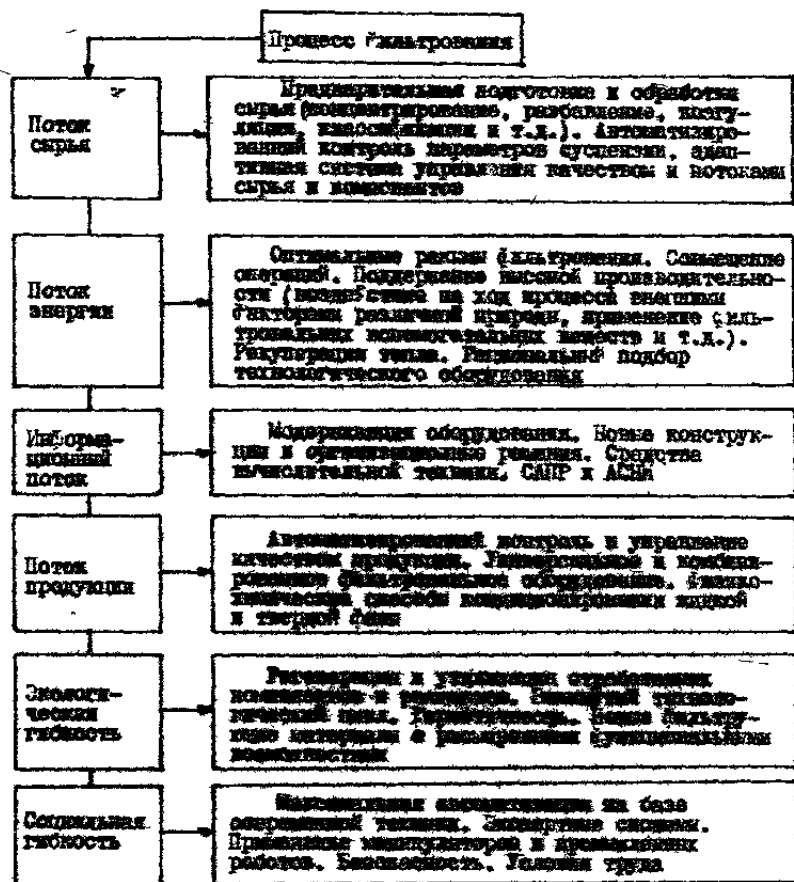


Рис 1. Схема фильтрации как гибкой системы

Организация процесса фильтрации требует предварительного анализа производства, в котором предполагается его использование

1. Определение программы производства. Характеристика дисперсной системы, подвергаемой фильтрации, и ее объем. Качественные и количественные критерии процесса

2. Способ организации процесса фильтрации или концентрирования (непрерывный, периодический, схема включения оборудования и т.д.) Организация транспортных потоков. Вспомогательные средства. Тип фильтровального оборудования

3. Организация информационных потоков: какие сигналы и в какой форме поступают на пульт оператора; в систему автоматизированной обработки информации; в какой форме происходит обмен информацией с управляемыми объектами.

4. Возможность обеспечения непрерывности процесса при выходе из строя части оборудования Система предварительного контроля.

5. Обеспечение оптимальной загрузки оборудования. Возможность совершенствования технологии.

Полный ответ может быть получен при организации проектирования и исследований по схеме АСУИ+САПР=гибкая технология.

В качестве возможного подхода к фильтрованию как гибкой технологии можно рассмотреть модель с фильтрами периодического действия [6-8]. Например, при обслуживании большого числа однотипных фильтров периодического действия может быть выбрана двухуровневая система управления.

Первый уровень — локальные системы управления, установленные на каждом фильтре (при большой единичной мощности фильтра) или обслуживающие группы фильтров. Локальная система осуществляет контроль основных технологических параметров, определяет оптимальную продолжительность основных стадий процесса и ведет первичную обработку информации. Параллельно информация о ходе процесса поступает на второй уровень системы.

Второй уровень — система управления всеми фильтрами. Работает на базе ЭВМ, принимающей и обрабатывающей информацию от периферийных устройств. На этом уровне определяется стратегия функционирования и обслуживания всей совокупности фильтров.

Целью такой системы управления может являться минимизация затрат при максимальной производительности оборудования и заданном качестве продукции. На систему возлагаются функции обеспечения оптимальной последовательности включения фильтров, ухода их на регенерацию и рефильтрацию при увеличении объема фильтруемой суспензии, порядке обслуживания фильтров, оценки рабочего ресурса фильтруемых элементов при их многократном использовании.

Применение технологическому процессу фильтрации гибкости снижает противоречие между требованиями технологии и возможностями оборудования, позволяя достичь:

гибкого реагирования на изменение физико-химических свойства фильтруемой суспензии и в изменяющихся внешних условиях обеспечить оптимальный режим работы оборудования;

повышения производительности за счет максимального совмещения с помощью роботов или других средств автоматизации вспомогательных операций;

улучшения условий труда и сокращения численности обслуживающего персонала;

новых конструктивных решений для фильтров и компоновки оборудования, при размещении фильтров в помещениях, за счет отказа от традиционных технических решений, связанных с приспособлением фильтровального оборудования под физиологические возможности человека;

повышения качественных характеристик фильтровального оборудования и расширения его функциональных возможностей (говоря о гибкой технологии следует остановиться на многофункциональных технологических фильтровальных модулях)

Технологические модули предполагают создание секционированного оборудования, включающего в себя комбинацию различных гидромеханических разделительных процессов, вспомогательное оборудование для физико-химической обработки и перемещения обрабатываемых сред. Процесс

фильтрация может сочетаться с отстаиванием, флотацией, циклонированием, центрифугированием, сушкой и т. д. Модуль может содержать секции для обработки дисперсных систем реагентами, подогрева (охлаждения), разбавления и отгонки разбавителя.

Несмотря на конструктивную сложность таких модулей, в них создаются дополнительные возможности утилизации тепла, организации рециклов газовых и жидкостных потоков при снижении удельных расходов материала и энергии. По данным работы [9], удельная металлоемкость многофункционального модуля, смонтированного в одном корпусе, снижается на 30—50%.

Изложенный ранее подход к процессу фильтрации и фильтровальному оборудованию дает основания рассмотреть некоторые новые перспективные направления развития процессов и оборудования для разделения дисперсных систем.

Прежде всего остановимся на еще не раскрытом потенциале применения роботов для обслуживания фильтров. Обслуживание фильтров роботами становится насущной задачей при работе с радиоактивными загрязнениями, вредными и опасными веществами, в условиях дискомфорта для обслуживающего персонала, а также в тех случаях, когда к продуктам предъявляются особые требования по чистоте или стерильности.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Существует ряд устойчивых подходов к классификации процессов фильтрации и фильтровального оборудования. В частности, по механизму задержания дисперсной фазы, по цели фильтрации, а также в зависимости от фильтруемости суспензии.

Процессы фильтрации по своему назначению могут быть разделены на: концентрирование (сгущение), когда твердая фаза, находящаяся в жидкости, концентрируется путем частичного удаления жидкости; обезвоживание, когда необходимо выделить из суспензии твердую фазу с минимальной остаточной влажностью;

осветление, когда из жидкости извлекаются загрязнения, присутствующие в небольшом количестве и тонкодисперсном состоянии; стерилизацию жидкости;

фракционирование, когда компоненты дисперсной фазы разделяются по определенным признакам, например, размеру, поверхностному заряду на частицах и т. д.

Процессы фильтрации, позволяя извлекать частицы в широком диапазоне размеров (рис. 2), зачастую оказывают решающее влияние на общие технологические затраты и качество продукции [10].

Производительность процесса зависит от размера частиц и уменьшается при переходе от крупнодисперсных к тонкодисперсным частицам на несколько порядков (рис. 3) [11].

Однако чаще всего классификацию фильтровального оборудования ведут по способу создания движущей силы, что недостаточно для анализа развития фильтровального оборудования. Примеры различных способов классификации можно найти в работе [12].

Полезные сведения об экономически целесообразных направлениях совершенствования традиционного оборудования может дать и анализ стоимостных показателей фильтров [13—14]. Согласно сделанным оценкам, улучшение стоимостно-весовых характеристик фильтров на стадии их производства может быть достигнуто за счет:

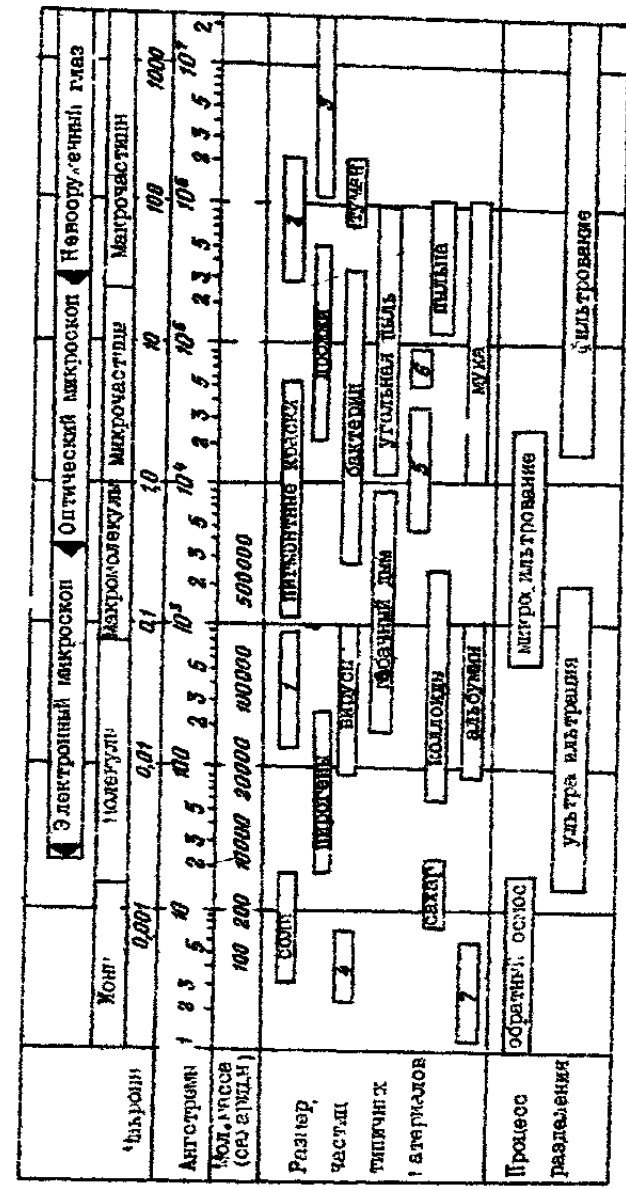


Рис. 2 Область применения процессов фильтрации и микрофильтрации

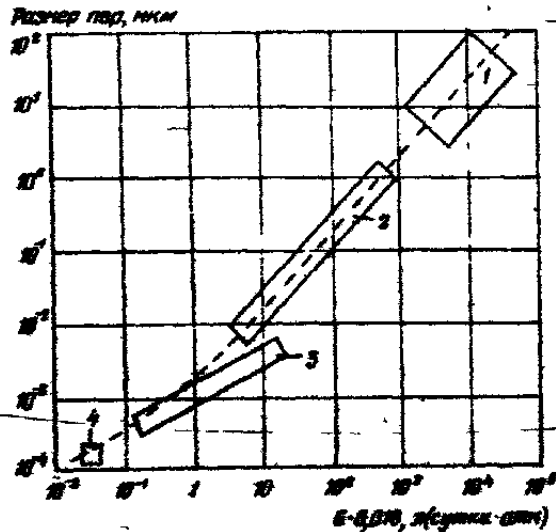


Рис. 3. Взаимосвязь размера пор R и скорости фильтрации G:
 1 — обыкновенные фильтры; 2 — микронерстиевые фильтры; 3 — ультрафильтрационные мембраны; 4 — мембраны для обратного осмоса

перехода к более легким и дешевым конструкционным материалам (для всех видов фильтров) и особенно для ленточных, дисковых и барабанных фильтров;

увеличение общей площади фильтрования за счет увеличения размеров фильтров (фильтры типа ФПАКМ, фильтр-пресс);

увеличение общей площади фильтрования без изменения основных габаритных размеров фильтра, т. е. использование гофрированных фильтроэлементов, придание им оптимальной формы с оптимизацией пространственного размещения в камере фильтрования (листовые и патронные фильтры);

совершенствовани^е конструкции фильтров и разработка новых направлений фильтрования, призванных компенсировать недостатки традиционного оборудования либо заменить его новыми, более эффективными видами.

Таким образом, развитие техники и технологии фильтрования делает целесообразным расширение классификационных принципов для фильтровального оборудования. Целью изложенных далее принципов классификации является выявление некоторых тенденций в проектировании фильтров и использовании фильтровального оборудования. Это будет способствовать совершенствованию методов расчета и конструирования фильтровального оборудования.

Основой классификации фильтровального оборудования является пространственно-временное положение фильтрующего элемента (ФЭ) или фильтрующей среды во время ведения процесса фильтрования, а также при регенерации ФЭ.

Исходные условия

Прежде всего фильтровальное оборудование может быть разделено на две основные группы: фильтры с неподвижным при фильтровании ФЭ и фильтры, у которых ФЭ или его фильтрующая поверхность в процессе фильтрования изменяет свое пространственное положение (фильтры с подвижным ФЭ).

В дальнейшем для сокращения названий подгрупп фильтров вводится условная индексация следующего вида (рис. 4).

Исходной при классификации будет являться схема, представленная на рис. 5.

При непрерывном фильтровании и в фильтрах периодического действия в подавляющем большинстве конструкций предусмотрена регенерация ФЭ в ходе фильтрования или после его завершения.

В том и другом случаях регенерация ФЭ может осуществляться гидромеханическим, механическим или физическим способом.

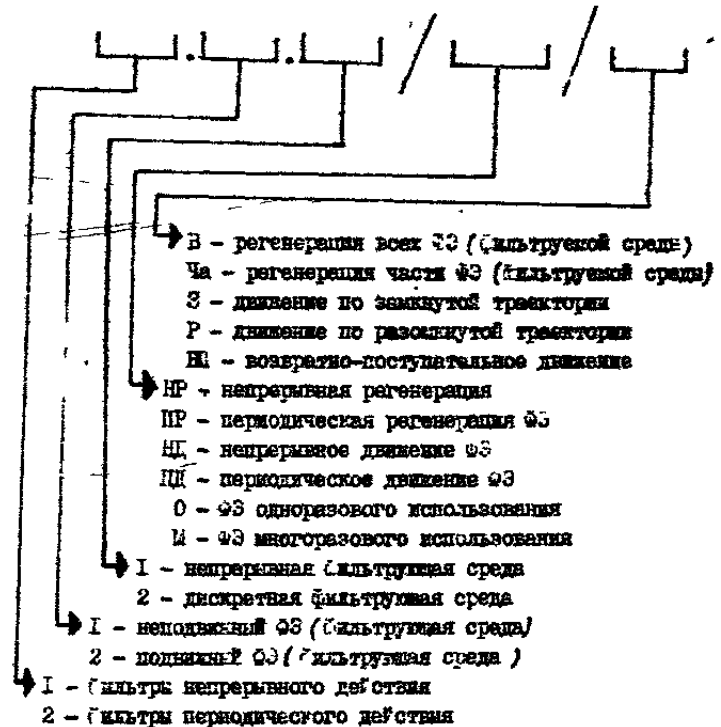


Рис. 4. Индексация типов фильтров при их классификации

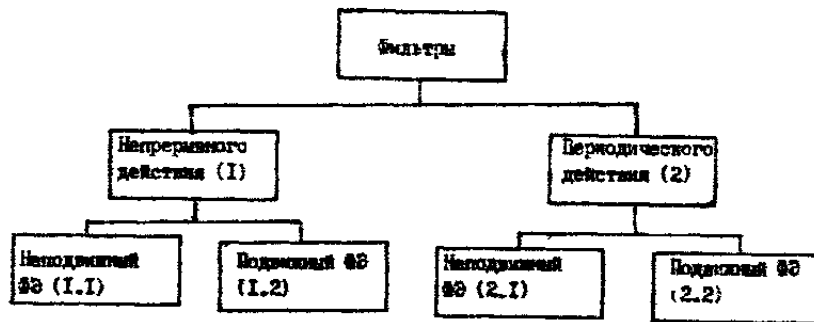


Рис 5 Исходная схема классификации фильтров

Гидромеханическая регенерация осуществляется путем изменения направления или скорости движения жидкости, а также давления в различных областях фильтра. Используются струйные течения и турбулентность, гидроудар.

Механическая регенерация — удаление загрязнений с поверхности ФЭ путем механического воздействия: удар, вибрация, колебательные движения, встряхивание, срез, сдвиг и т. д.

Под физическими способами регенерации имеется в виду применение различных физических полей и их комбинаций для воздействия на загрязненный ФЭ. Это звуковые, инфра- и ультразвуковые, электрические, магнитные поля, центробежные силы и др.

При регенерации ФЭ могут находиться в фиксированном положении и в движении.

В дальнейшем будут рассматриваться случаи, когда регенерация фильтрующей среды происходит в ходе процесса фильтрования, хотя описанный способ классификации позволяет продолжить ее и в область регенерации, проводимой по завершении процесса фильтрования.

ФИЛЬТРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С НЕПОДВИЖНОЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ СРЕДОЙ ИЛИ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТАМИ (1.1)

Фильтры этой группы могут иметь непрерывную (1.1.1) или дискретную (прерывную) фильтрующую среду, т. е. в виде отдельных слоев или фильтроэлементов (1.1.2) (рис 6).

В том и другом случаях эти подгруппы фильтров включают: фильтры с непрерывной регенерацией всей поверхности фильтрования или ее части, а также фильтры с периодической регенерацией всей фильтрующей поверхности или ее части в ходе фильтрования.

Перечислим наиболее распространенные конструкции фильтров, относящиеся к подгруппам нижнего уровня.

1.1.1/НР/В — фильтры с непрерывной фильтрующей средой, имеющие непрерывную регенерацию всей среды в ходе фильтрования.

Фильтры с тангенциальным движением фильтруемой среды (относительно поверхности ФЭ (данный способ фильтрования носит название тангенциального или перекрестного фильтрования)).

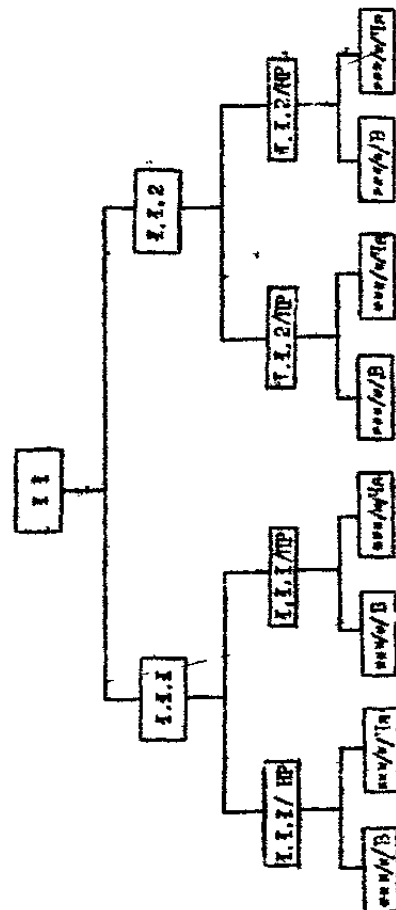


Рис 6 Схема классификации фильтров непрерывного действия с неподвижной фильтрующей средой (1.1) (обозначения те же, что на рис. 4)

динамические фильтры типа Artisan [15], где между неподвижными фильтрующими кольцевыми секциями размещены на общем валу вращающиеся диски с лопастями, создающие поток суспензии вдоль фильтрующей поверхности:

- фильтры-циклоны;
- шнековые фильтр-прессы;
- фильтры с вихрями Тейлора [16];
- емкостные фильтры-сгустители (жуга-фильтры) с непрерывно работающей при фильтровании мешалкой и другие менее распространенные конструкции фильтров.

Для интенсификации регенерации наряду с гидродинамическими способами в данном случае широко практикуется и физическое.

К фильтрам данной группы проявляется повышенный интерес в связи с их относительно простой конструкцией и расширением сферы применения процессов микро- и ультрафильтрации, где используются акалогичные конструкции.

1.1.1/HP/Чз — фильтры с непрерывной фильтрующей средой и непрерывной регенерацией части фильтрующей среды в ходе фильтрования.

Для фильтров этого типа характерно наложение процесса регенерации части фильтрующей поверхности на процесс фильтрования, т. е. вся фильтрующая поверхность находится в режиме фильтрования, а зона регенерации непрерывно перемещается по ее поверхности. При этом в каждый данный момент времени регенерируется только часть фильтрующей поверхности.

Фильтрами такого типа являются:

фильтры, снабженные подвижными устройствами отсоса, отдува или смыва загрязнений, размещенными над фильтрующей поверхностью, или подвижными устройствами, расположенными с внутренней стороны фильтрующей среды и работающие по принципу отдува или промывки;

фильтры с непрерывно перемещающимися по фильтрующей поверхности скребками, щетками для удаления загрязнений и другими устройствами такого же назначения.

Однако в настоящее время область применения фильтров последнего типа ограничена из-за следующих недостатков: наличие подвижных механических устройств, работающих в условиях абразивного износа, что усложняет конструкцию фильтра и требует тщательного контроля этих устройств при эксплуатации; проблематично их применение для фильтрования суспензий, образующих осадки с большой силой адгезии к фильтрующей среде.

1.1.1/ПР/В — фильтры с непрерывной фильтрующей средой и периодической регенерацией всей фильтрующей поверхности в ходе фильтрования.

В ходе фильтрования в данном случае осуществляется периодическая регенерация всей фильтрующей поверхности, как правило, через равные, достаточно короткие промежутки времени. Это обеспечивает высокую скорость фильтрования, если продолжительность регенерации много меньше периода фильтрования.

К фильтрам этого типа относятся небольшая группа фильтров, в которых регенерация фильтрующей перегородки (удаление осадка) проводится путем периодического наложения вибрации. В результате накопившийся осадок сползает с фильтрующего элемента, но при этом процесс фильтрования не прекращается. Возможна и регенерация путем быстрого изменения формы или конфигурации фильтрующей поверхности, в результате чего осадок растрескивается и за счет сил инерции сбрасывается с фильтроэлемента, при этом фильтр не выходит из режима фильтрования.

Сюда же можно отнести фильтры, в которых поверхность фильтрующей среды регенерируется за счет импульсного воздействия обратного тока фильтрата (например, при фильтровании через плоскую горизонтальную перегородку в направлении, противоположном силе тяжести). Практически эти фильтры — фильтры полунепрерывного действия, но так как продолжительность и частота периодического воздействия при регенерации всей поверхности фильтрования много меньше времени фильтрования, то их условно можно отнести к группе фильтров непрерывного действия.

Возможно наложение на непрерывную регенерацию в качестве дополнительного составляющего, т. е. одновременно с ней, периодического воздействия на всю фильтрующую поверхность по схеме: $1.1.1/(HP+ПР)/Ч$ (например, при перекрестном непрерывном фильтровании на фильтрующую перегородку периодически воздействуют импульсным обратным током фильтрата) или $1.1.1/HP/Чз+ПР/В$, когда за счет того же импульсного воздействия периодически регенерируется вся поверхность фильтрования при одновременной работе устройства непрерывной регенерации части поверхности фильтрования.

1.1.1/ПР/Чз — представляют собой чаще всего разновидность названных в 1.1.1/HP/Чз фильтров, когда регенерирующее устройство приводится в действие периодически, например, при достижении предельно допустимого перепада давлений. Однако применение таких фильтров ограничено.

Возможна комбинация способов регенерации в виде $1.1.1/HP/В+ПР/Чз$, что имеет место в трубчатых фильтрах с перекрестным фильтрованием при движении фильтрата изнутри наружу, когда для удаления загрязнений с внутренней поверхности через трубчатый фильтр периодически пропускают чистящее тело (шарообразной или другой формы), движимое потоком фильтруемой суспензии.

Группа ζ фильтров 1.1.2/HP/В чаще всего представляет собой фильтры-сгустители, в которых фильтрующие элементы непрерывно омываются потоком фильтруемой суспензии, сводя тем самым к минимуму отложение твердой фазы на фильтрующей поверхности.

Фильтры типа 1.1.2/HP/Чз характеризуются тем, что на регенерацию выводится поочередно только часть фильтроэлементов или отдельные фильтроэлементы при работе остальной части ФЭ в режиме фильтрования.

Обычно эти фильтры с подвижной воронкой для отсоса осадка.

Воронка периодически подводится к фильтроэлементу для его регенерации, при этом вместе с осадком теряется часть ценной жидкости из-за обратного тока фильтрата при отсосе.

1.1.2/ПР/В — фильтры с фильтрующими элементами, периодически и одновременно регенерируемыми импульсом обратного тока фильтрата.

Конструкции фильтров данных типов в последнее время начинают прогрессировать, так как в них удается реализовать процесс фильтрования по характеру, близкому к непрерывному.

К фильтрам группы 1.1.2/ПР/Чз можно отнести некоторые разновидности фильтров 1.1.2/HP/Чз, в которых устройства для регенерации ФЭ приводятся в действие только после достижения критических параметров процесса фильтрования.

В данном случае также возможны комбинации регенерирующих периодических и непрерывных воздействий на фильтрующие элементы в ходе фильтрования:

1.1.2/(HP+ПР)/В; 1.1.2/HP/В+ПР/Чз, 1.1.2/HP/Чз+ПР/В и т. п.

Большинство фильтров типа (1.1) представляют собой фильтры-сгустители, предназначенные для концентрирования твердой фазы.

ФИЛЬТРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С ПОДВИЖНЫМИ ФЭ (1.2)

Схема возможных вариантов таких фильтров приведена на рис. 7.

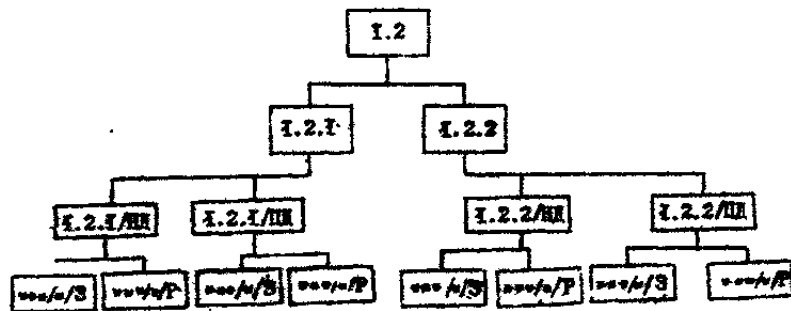


Рис. 7. Схема классификации фильтров непрерывного действия с подвижной фильтрующей средой (1.2)

Все фильтры (1.2) могут быть разделены на: фильтры, у которых фильтрующая среда является непрерывной (1.2.1), т. е. она представляет собой замкнутую поверхность или слой на различных участках которых одновременно осуществляются разные стадии процесса (фильтрование, отжим, промывка, сушка, выгрузка осадка и т. п.);

фильтры с дискретной фильтрующей средой или ФЭ, для которых характерно то, что на отдельных ФЭ или дискретных участках фильтрующей среды в данный момент времени осуществляют только одну определенную технологическую операцию (1.2.2).

При этом обе группы фильтров (1.2.1) и (1.2.2), в свою очередь, могут быть разбиты на две подгруппы: фильтры с непрерывным движением фильтрующей среды (ФЭ) (1.2.1/НД и 1.2.2/НД) и фильтры с периодическим движением фильтрующей среды или ФЭ (1.2.1/ПД и 1.2.2/ПД).

В свою очередь, в названных подгруппах движение фильтрующей среды (ФЭ) может быть организовано по замкнутой линии (траектории) (X.X.X./X/З) или разомкнутой (X.X.X./X/Р).

Принадлежность фильтров к различным подгруппам приведена далее.

1.2.1/НД/З — барабанные и дисковые фильтры под вакуумом или под давлением; ленточные фильтры, ленточные фильтр-прессы; фильтры с движущимся зернистым фильтрующим слоем (с регенерацией загрузки и возвратом в фильтр); тарельчатые вакуум-фильтры; центробежные фильтры (фильтрование через вращающийся вокруг оси фильтрующий элемент).

1.2.1/НД/Р — фильтр с рулонной фильтрующей лентой, которая сматывается с рулона на непрерывно движущийся конвейер, выполняющий функ-

ции дренажного основания; ленточные фильтры с намытым фильтрующим слоем, выполняющим роль фильтрующей среды.

1.2.1/ПД/З — зернистые фильтры с периодическим выводом отработанной фильтрующей среды из зоны фильтрования.

1.2.1/ПД/Р — фильтры с рулонной фильтрующей лентой, которая периодически подается в зону фильтрования для замены отработанного участка, например, фильтры для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей [17].

1.2.2/НД/З — карусельные (ковшовые) вакуум-фильтры; роторные патронные фильтры [18—19]; роторно-дисковые фильтры [20].

1.2.2/НД/Р — фильтры конвейерного типа с фильтрующими элементами одноразового использования, например, патронного типа, которые постоянно устанавливаются на конвейерную систему, перемещаются в зону фильтрования и после ее прохождения удаляются с конвейерной системы, например, для регенерации.

1.2.2/ПД/З — роторные патронные фильтры и тр.

1.2.2/ПД/Р — фильтры конвейерного типа.

В большинстве своем фильтры типа (1.2) предназначены для обесчуживания концентрированных и среднеконцентрированных суспензий.

Как предельный случай, движение фильтрующего элемента по замкнутой траектории может быть представлено возвратно-поступательным движением.

В подавляющем большинстве фильтров непрерывного действия (1.2) регенерация фильтрующей поверхности или ФЭ осуществляется вне зоны фильтрования, хотя и вариант с дополнительной регенерацией ФЭ в зоне фильтрования не лишен смысла, если задача фильтрования состоит в сгущении суспензии.

В данной группе фильтров следует выделить роторные и конвейерные фильтры, конструктивная разработка которых может дать новые перспективы фильтрующим системам для переработки ограниченных объемов концентрированных суспензий.

В данном случае, как и в рассмотренной ранее группе фильтров (1.1), возможно сочетание различных признаков, например, в роторно-конвейерных фильтрах, разработка которых находится в настоящее время на начальной стадии.

ФИЛЬТРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Фильтры периодического действия — наиболее давно используемый вид оборудования, который представлен наибольшим разнообразием конструктивных решений.

Фильтры периодического действия условно можно разделить на фильтры с одноразовым ФЭ и с многократно используемым ФЭ.

К фильтрам с одноразовыми ФЭ относятся такие фильтры, в которых ФЭ или фильтрующая среда не подлежат регенерации и заменяются после каждого цикла фильтрования на новые.

Так как данная группа фильтров предназначена для работы в ответственных условиях, то она достаточно исследована.

2.1.1/О — фильтры с неподвижным ФЭ и непрерывной одноразовой используемой фильтрующей средой. В этом случае под непрерывной фильтрующей средой подразумевается плоская или ленточная фильтрующая пере-

города и фильтры с одним фильтрующим элементом (если число ФЭ превышает единицу, то такой фильтр относится в раздел 2.1.3).

Как правило, фильтры с дисперсионным использованием ФЭ предназначены для осветления жидкости или финишной (контрольной) из обработки. Эти фильтры обычно предназначены для работы с маломощнострированными суспензиями, когда процесс фильтрования протекает с дефицитом пор ФЭ или удержанием частиц в слое фильтрующего материала с развитой поверхностью (глубинное фильтрование). К данной группе фильтров можно отнести и тч-фильтры с однократным фильтрованием, фильтрующие патроны, диски, мешочный фильтр с одним мешком, фильтрующий рукав и т.д.

2.1.1/М — в большинстве конструктивных решений предусматривается вариант но с учетом необходимости организации многократной регенерации ФЭ по месту установки, что требует особой конструкции ФЭ и корпуса фильтра, более сложной методики технологического расчета.

2.1.2/О или 2.1.2/М — конструктивные решения (2.1.1)

Фильтровальное оборудование, используемое для этих целей многоэлементные патронные, трубчатые, мешочные фильтры, дисковые микрофильтры для стерилизации, некоторые типы фильтр-прессов, листовые фильтры с напыленным фильтрующим слоем и т.д. При этом напыленные фильтровальные элементы при регенерации не заменяются.

Регенерация ФЭ в фильтрах периодического действия осуществляется многократно, и затраты на нее становятся сопоставимыми с затратами на фильтрование. Приобретает смысл разделение фильтров этого вида по характеру технических средств, используемых для регенерации: 1) ручная регенерация; 2) механизированная; 3) автоматизированная; 4) используемые роботом или манипулятором.

В однопатронном оборудовании могут встречаться все перечисленные группы технических средств регенерации и обслуживания. Например, для малых фильтр-прессов применяют ручное обслуживание фильтра при регенерации, для фильтр-прессов средних размеров — механизированное, а для больших фильтр-прессов — автоматизированное и (или) роботизированное обслуживание при регенерации.

При переходе от технических средств первой группы к последующим имеет место их качественное изменение. Роботизированное обслуживание фильтров интегрирует в себе все перечисленные в пп. 1—3 средства на принципиально новом уровне, позволяющем обслуживать фильтры различных размеров при минимальном участии человека. Использование роботизированных систем наиболее целесообразно при обслуживании фильтров, содержащих большое число одинаковых фильтроэлементов. Например, при обслуживании патронных фильтров с нижним креплением патронов или для извлечения ФЭ содержащих опасные осадки, полученные при фильтровании внутри ФЭ — наружу (патронные, мешочные фильтры).

При использовании роботизированных систем могут появляться и новые оригинальные конструкции фильтров, не связанные с традиционными решениями, основанными на учете особенностей человека как элемента системы их обслуживания.

Периодические фильтры с непрерывной подаваемой фильтрующей средой (2.2.1) могут иметь фильтрующую среду однократного применения, движущуюся по разомкнутой траектории, и фильтрующую среду длительного (многократного) использования, движущуюся по замкнутой траектории. Обычно движение фильтрующей среды осуществляется после завершения фильтрования. К фильтрам (2.2.1) относятся автоматизированные

фильтр-прессы ФЭАКМ; горизонтальные ленточные фильтры с гидравлическим прессом [21]; омывные фильтры со складным полотном [22], фильтр-пресс с бумажной фильтрующей лентой для очистки СЖК, фильтры Nitrel и др.

Дисперсионная подвижная фильтрующая среда (2.2.2) применяется в конструкциях дисковых фильтров типа Фууда с центробежной выгрузкой осадка, дисковых фильтров с удалением осадка шестами [23], некоторых конструкциях фильтр-прессов.

В обзоре невозможно подробно рассмотреть все виды фильтров, однако краткий анализ предлагаемого классификационного подхода показывает, что пространственно-временной принцип по отношению к ФЭ выявляет такие особенности фильтров, которые в традиционных классификациях не отражаются или уходят на второй план. Классификация позволяет получить новые варианты фильтров за счет синтеза различных приемов фильтрования и позволяет обеспечить дифференцированный подход к расчету фильтров с обобщением методов расчета при переходе от нижних ступеней в классификационной пирамиде к высшим.

ОТ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ФИЛЬТРОВ К РОБОТИЗИРОВАННЫМ

В работе [7], опубликованной шесть лет назад, на основе анализа патентов и общих тенденций развития технологии разделения жидкостей — твердое показали, что достигнут новый качественный уровень автоматизации фильтров периодического действия и, в частности, фильтр-прессов. Этот уровень позволяет использовать промышленные роботы для обслуживания автоматизированных фильтр-прессов и некоторых других типов фильтров периодического действия, что в настоящее время имеет место на практике в работе [24].

В качестве примера можно привести механизм для выгрузки осадка из тч-фильтра [25], представленный на рис. 8, в стационарном (а) и подвижном (б) вариантах.

Механизм состоит из вертикальной стойки и коленчатого рычага с ковшом или роторным рабочим органом. Управление работой устройства можно осуществлять по программе с помощью программируемого микропроцессора.

Применение роботизированных систем при обслуживании автоматизированного фильтровального оборудования периодического действия позволяет качественно изменить решение проблем использования фильтров в опасных для человека условиях. Обычно такие опасные условия связаны с переработкой взрывчатых радиоактивных токсичных и других вредных веществ.

Основными сферами применения роботизированных систем для обслуживания фильтров периодического действия являются сборка и разборка фильтров, замена фильтрующих элементов, чистка фильтра, организация пробоотбора и аналитического контроля.

Примером практической реализации роботизированного фильтра является патент [26] на фильтр-пресс (рис. 9 и 10).

Фильтр-пресс смонтирован на горизонтальной несущей базе. Все операции по обслуживанию рабочих элементов выполняются роботом, перемещаемым вдоль фильтра. Робот снабжен манипулятором, который раздвигает

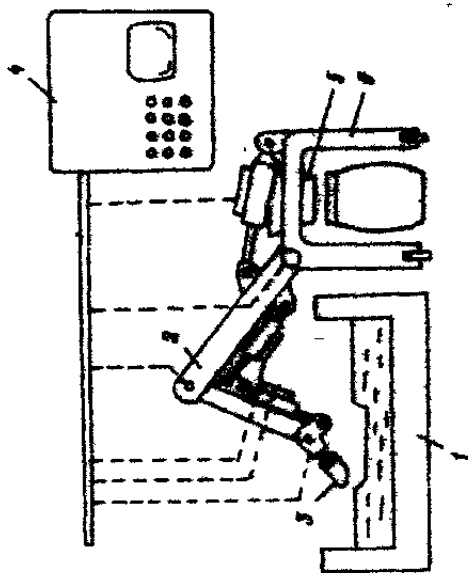


Рис. 8. Мобильный робот:
1 — моток; 2 — колесный агрегат; 3 — корпус или роботный рабочий орган; 4 — программируемый микропроцессор; 5 — колеса; 6 — станция

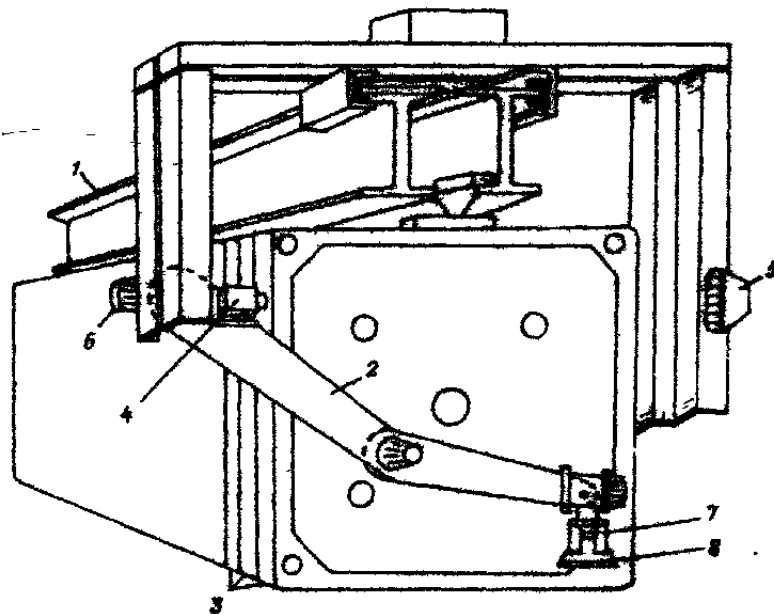
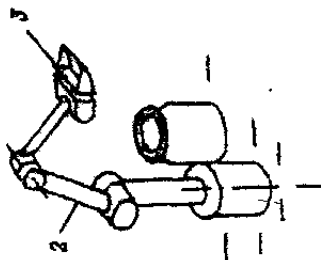


Рис. 9. Фильтр-пресс:
1 — горизонтальная несущая балка с транспортной тележкой; 2 — манипулятор; 3 — плиты фильтр-пресса; 4 — видеокамера; 5 — фургон; 6 — привод; 7 — замок; 8 — специальное устройство для удаления осадка с рам

ет и сдвигает рамы, очищает осадок, меняет фильтрующее полотно и проводит другие операции. Робот управляется по смешанной программе, снабжен видеокамерой для корректировки своих действий и может перемещаться вдоль направляющих, расположенных сбоку от фильтра.

Рост интереса к развитию названного направления в фильтростроении подтверждает и тот факт, что в Эдинбургском университете (Великобритания) планируется программа исследований по разработке роботизированных систем для обслуживания групп автоматических фильтр-прессов [24].

В зависимости от размеров фильтра, продолжительности цикла фильтрования, длительности операций по обслуживанию фильтра могут быть предложены различные схемы компоновки фильтров и обслуживающего робота.

В работах [6—7] было показано, что возможны следующие варианты компоновки роботов и фильтров: а) неподвижные индивидуальные разгрузочно-погрузочные роботы, б) индивидуальные разгрузочно-погрузочные мобильные роботы; в) обслуживание двух рядов фильтров одним подвижным роботом, г) обслуживание одним подвижным роботом расположенных в линию фильтров; д) обслуживание подвесным подвижным роботом (рис. 11). М — магазин-накопитель, предназначенный в зависимости от цели

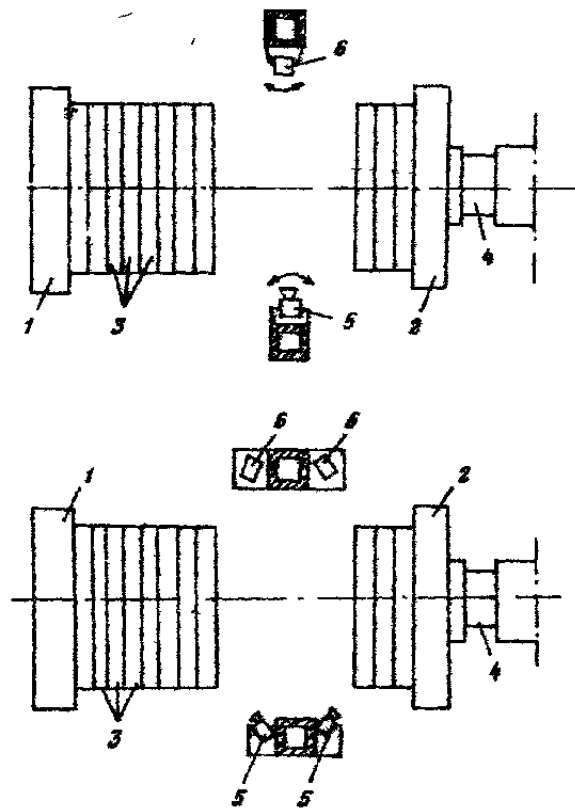


Рис 10. Фильтр-пресс
1 и 2 — зажимные плиты фильтра, 3 — рамы, 4 — гидроклинды; 5 — видеокамеры, 6 — фары

для подачи фильтрующих элементов или накопления отработанных. Предлагается, что магазин-накопитель и робот связаны между собой кинематически, причем магазин-накопитель может перемещаться синхронно с роботом, а при необходимости выводиться из рабочей зоны робота и заменяться на новый.

Вариант (а) при неподвижной установке робота пригоден для обслуживания иутч-фильтров.

Для фильтр-прессов с большими габаритными размерами наиболее рациональным следует считать применение роботов в комплексе с механизмами для раздвижения или перемещения плит и рам [24].

Использование роботизированных систем целесообразно при обслуживании фильтров, содержащих большое количество одинаковых фильтроэлементов, например, патронные фильтры. Следует ожидать появления новых оригинальных конструкций фильтров. Патронные фильтры наиболее

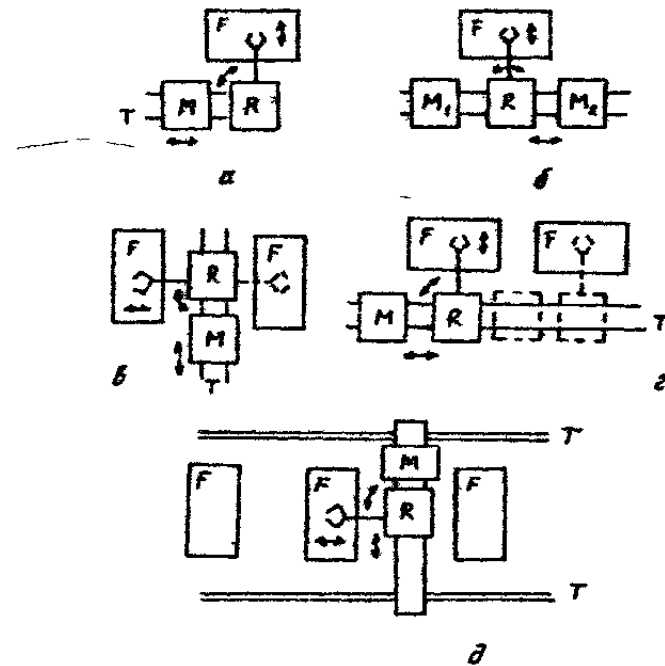


Рис 11. Схема возможных компоновок роботов к обслуживаемым фильтрам (F):
M — магазин-накопитель, T — трасса движения робота; R — робот

приемлемы для работы с вредными веществами, когда их обслуживание передано роботизированной системе.

В зависимости от конструкции патронные фильтры имеют от одного до нескольких сотен патронов в одном корпусе, длина фильтрующих патронов варьируется от 0,1 до 1,8 м [27]. Длинные патроны могут формироваться путем последовательного соединения нескольких коротких патронов (длина короткого патрона обычно 0,1—0,25 м). Увеличение количества патронов, установленных в одном корпусе, позволяет снизить на них удельную нагрузку по твердой фазе, что увеличивает срок службы патронов. Процесс фильтрации в патронных фильтрах можно вести с образованием осадка на патроне и по глубинному механизму задерживания примесей в объеме фильтрующего материала патрона.

Обычно патроны в фильтре размещаются вертикально с креплением их верхних концов в трубной решетке. Такое расположение патронов удобно и для манипулятора робота, так как центр тяжести патрона находится ниже точки захвата патрона манипулятором в течение всего времени манипулирования (отсоединения патрона от решетки, подъема патрона, а также при установке и закреплении нового патрона). При вертикальном расположении

патронов в фильтре робот может обслуживать и фильтры с длинными патронами, когда патрон набирается из нескольких коротких патронов путем их последовательного соединения друг с другом через уплотнения или соединительные ступицы.

При большом количестве патронов, размещенных в корпусе фильтра, возможен вариант, когда робот неподвижен, а корпус фильтра поворачивается вокруг вертикальной оси. В результате в рабочую зону манипулятора последовательно вводятся сектора трубной решетки фильтра с патронами.

Интересен вариант сборки длинных составных патронов непосредственно на трубной решетке фильтров. В этом случае полезно рассмотреть вариант типа фильтра Nutrex [28] или аналогичные конструкции [29—30] с корпусом, поворачивающимся на цапфах вокруг горизонтальной оси. Данные конструкции с устройством вывода трубной решетки с патронами из корпуса фильтра могут быть приспособлены для обслуживания с помощью роботов.

При глубинном механизме фильтрования тонкодисперсных суспензий, не подверженных отставанию под действием сил тяжести и не образующих на поверхности патрона осадка (осветлительное фильтрование), можно отойти от вертикального варианта расположения фильтрующих патронов и патронным фильтрам с горизонтальным расположением корпуса и патронов.

При фильтровании без образования осадка (задерживание частиц загрязнений происходит внутри фильтрующего слоя патрона) пространственное положение фильтроэлементов перестает играть какую-либо существенную роль в процессе фильтрования, так как обычно по этому механизму фильтруются малокоцентрированные суспензии, частицы которых не склонны к быстрому оседанию под действием гравитации. В этом случае может быть предложена горизонтальная схема расположения патронных фильтроэлементов (рис. 12).

На рис. 12 для патронного фильтра показаны один из трех возможных вариантов (а) конструктивного решения [31]. Общим для всех вариантов является подвижный съемный корпус фильтра, который может откатываться

в направлении, указанном на рисунке стрелкой [32]. В результате фильтроэлементы становятся доступными для замены с помощью робота (робот на рисунке не показан для упрощения схемы).

Так как для рассматриваемых вариантов проблема удаления осадка из корпуса фильтра отсутствует, то штуцер 3 для подачи в фильтр суспензии может быть удален с корпуса 1 фильтра и совмещен с камерой 2 для фильтрата. Через камеру 2, а также через трубную решетку суспензия будет подаваться в фильтр. Таким образом, упрощается конструкция съемного корпуса.

Для создания большего рабочего объема для манипулятора робота устройство перемещения корпуса мо-

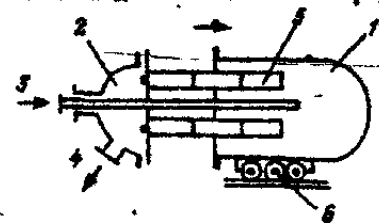


Рис. 12. Вариант (а) конструктивного решения для патронного фильтра с горизонтальным расположением фильтроэлементов при фильтровании суспензии без образования осадка (осветлительное фильтрование): 1 — съемный корпус; 2 — камера для фильтрата; 3 — штуцер для ввода суспензии; 4 — штуцер вывода фильтрата; 5 — патронные фильтроэлементы; 6 — устройство для перемещения корпуса

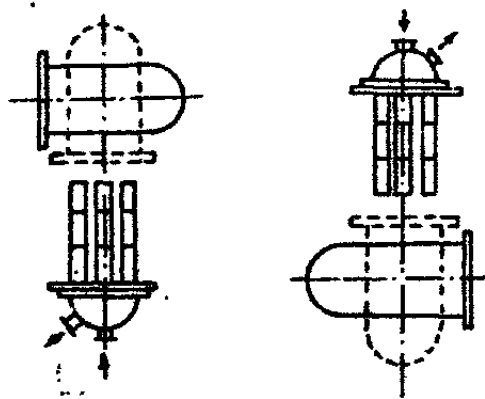


Рис. 13. Схема возможных вариантов положения фильтра и съемного корпуса: 1 — корпус сдвигается вверх с поворотом; 2 — корпус сдвигается вниз с поворотом [31]

жет быть снабжено поворотным приспособлением. В этом случае корпус после откатывания поворачивается на 90° в горизонтальной или вертикальной плоскости (рис. 13).

В варианте (а) (см. рис. 12) для замены фильтроэлементов корпус откатывается в сторону с помощью устройства для перемещения корпуса. Для увеличения общей площади фильтрования (числа фильтроэлементов) может быть предложен сдвоенный горизонтальный фильтр (назовем его вариантом (б) с общей камерой для фильтрата, ограниченной с торцов трубными решетками с фильтрующими элементами).

Замена фильтроэлементов проводится одновременно на обеих трубных решетках, что требует установки двух роботов, каждый из которых обслуживает свою секцию с патронами. Возможно обслуживание фильтра одним роботом при последовательной обработке секций с фильтроэлементами.

В вариантах (а) и (б) фильтр вынужден находиться в состоянии покоя при замене фильтроэлементов, что снижает его среднюю производительность за цикл.

Возможно совмещение процесса фильтрования с заменой фильтроэлементов в другом варианте (с), где одна секция находится в режиме фильтрования, а вторая в это время находится на обслуживании.

Такой режим работы может быть достигнут за счет установки в каждом гнезде трубной решетки для крепления фильтроэлементов клапана, раздельного подвода суспензии в секции и поддержания в камере фильтрата избыточного давления.

При работе одной из секций в режиме фильтрования в корпусе фильтра создается давление выше давления в камере приема фильтрата, и клапаны в трубной решетке секций, работающей в режиме фильтрования, открываются для пропуска фильтрата из внутренней полости патронов в камеру фильтрата. Если другая секция находится в это время на обслуживании, то за счет избыточного давления в камере фильтрата клапаны в трубной решетке этой секции будут закрыты, предотвращая тем самым утечку фильтрата [32].

Хотя конструкция фильтра усложняется, однако производительность возрастает. По всей видимости, путем технико-экономического анализа может быть определено рациональное сочетание затрат, связанных с усложнением конструкции за счет установки клапана и производительностью фильтра.

Если количество фильтроэлементов в секции велико, то для уменьшения количества клапанов возможен вариант, когда в камере фильтра за трубной решеткой устанавливаются дополнительные клапанные тарелки, на которые вынесены впускные клапаны. Это делает патронный фильтр более конкурентоспособным.

Сопоставим три рассмотренных варианта (полагая для простоты, что при прочих равных условиях общая площадь фильтрования каждой из секций одинакова, а время фильтрования t равно продолжительности обслуживания t_0 одной секции (табл. 1). За единицу принята производительность за один цикл $t_0 = t + t_0$ для фильтра по варианту (а).

Таблица 1

Вариант	Относительная производительность за один цикл	Количество обслуживаемых роботов	Примечание
a	1	1	—
b ₁	1,33	1	Один робот последовательно обслуживает две секции
b ₂	2	2	Одновременное обслуживание каждой из секций отдельными роботами
c	2	1	—

Как следует из таблицы, по соотношению (производительность)/(количество обслуживаемых роботов) варианты располагаются в следующей последовательности: (с) > (b₁) > (а) = (b₂). Таким образом, особого внимания заслуживает вариант фильтра (с), для которого относительный показатель производительности становится больше 2, если $t > t_0$ (например, при $t_0 = 0,5t$ производительность за один цикл по отношению к варианту (а) составляет приблизительно 2,7).

В варианте (с) замена фильтроэлементов в одной из секций делается одновременно с фильтрованием в другой. Поэтому средняя производительность фильтра рассчитывалась как средняя за период, в течение которого сдвиг фаз в цикле фильтрования и обслуживания становится равным нулю.

При фильтровании под вакуумом или фильтровании изнутри патрона — наружу под давлением может быть изменена форма корпуса, например, до близкой к параллелепипеду. В этом случае патроны могут быть размещены в ряды или в шахматном порядке, что упрощает в прямоугольных координатах задачу ориентации и позиционирования робота.

Для роботизированного обслуживания приемлемы мешочные фильтры и фильтры со сменными фильтрующими капсулами.

Приведенные схемы не исчерпывают все возможные варианты систем фильтр — робот, так как разнообразие конструкций фильтров периодическо-

го действия велико. Для эффективной работы системы фильтр — робот необходимо установить строгий контроль за широким кругом технологических параметров.

При разработке роботизированных фильтров необходимо добиваться максимального совмещения основных и вспомогательных операций. Это позволит уменьшить время простоя фильтра на обслуживании и увеличить среднюю производительность системы за один цикл.

Жесткий контроль всех операций во времени и пространстве является необходимым условием для эффективного функционирования роботизированных фильтров, особенно в тех случаях, когда один робот обслуживает несколько фильтров. Для определения оптимальной последовательности обслуживания фильтров роботом, в данном случае, необходимо использование теории расписаний.

В качестве примера можно привести конструкцию варианта (с), для которого необходимо соблюдение условия $1/t_0$ — целое число.

Снабжение фильтра роботом повышает стоимость фильтровальной установки, что может быть компенсировано только за счет оптимизации процесса фильтрования при условии обеспечения максимума производительности и минимума эксплуатационных затрат.

Как правило, повышение уровня автоматизации технологического оборудования вынуждает заново проектировать основные технологические процессы и операции для обеспечения их стабильности по отношению к воздействию внешних возмущающих факторов. Поэтому переход к созданию роботизированных фильтров требует решения технологических проблем, приобретающих новые аспекты, а том числе и углубления исследований в области теории фильтрования и фильтрации с образованием осадка в частности.

Следует отметить, что для удовлетворения названных ранее требований к фильтровальному оборудованию теория фильтрования с образованием осадка должна рассматривать «внутренние» механизмы: формирование осадка, его сжимаемости, распределения напряжений и пористости и других характеристик в осадке. Общая теория должна охватывать стадии предварительной подготовки суспензии, например, отстаивание, центрифугирование, а также следующие после фильтрования: промывку осадка, обезвоживание, отжим и сушку.

Общий подход к перечисленным процессам делает возможным не только описание стадий разделения и обезвоживания суспензий, но и предсказать возможные пути протекания операций, следующих за разделением, например: отстаивание → фильтрование → обезвоживание → промывка → отжим → сушка.

Таким образом, разработка общих теоретических принципов разделения суспензии фильтрованием с образованием сжимаемого осадка, охватывающих все этапы выделения твердой фазы, ее предварительной обработки и обработки отфильтрованного осадка, необходима для:

1) выбора и анализа способов предварительной обработки суспензии путем физико-химического воздействия или предварительного сгущения, например, отстаиванием или центрифугированием, что даст возможность прогнозировать и контролировать получаемые результаты;

2) разработки методов стабилизации свойств суспензии, подаваемой на фильтр (концентрация, температура, вязкость, среднего размера частиц и т. д.), что достигается за счет (п. 1) при активном контроле и управлении.

3) поддержания заданных характеристик фильтрующей среды и проницаемости осадка в ходе фильтрования путем регулирования давления, толщины осадка и других технологических параметров;

4) выбора режимов промывки, обезвоживания и отжима осадка на основе учета свойств сформированного при фильтровании осадка (показателя сжимаемости, проницаемости осадка, распределения пористости по толщине слоя и др.);

5) усовершенствования методов расчета процессов фильтрования суспензий, образующих сжимаемые осадки;

6) развития методов оптимизации на основе общей математической модели формирования осадка и его свойств;

7) определения оптимального сочетания толщины осадка, количества фильтроэлементов или общей площади фильтрования и продолжительности их замены или регенерации;

8) создания возможности для применения методов пробного фильтрования при определении свойств осадка непосредственно перед фильтровальным циклом и экстраполяции полученных данных на промышленный процесс фильтрования.

Термин «пробное фильтрование» в том виде, как он используется в данном случае, означает фильтрование суспензии на специальном измерительном модуле непосредственно перед началом промышленного фильтрования, а не определение свойств суспензии в лабораторных условиях. Свойства суспензии в результате пробного фильтрования должны анализироваться компьютером и на основе сравнения с заданными технологическими параметрами корректироваться в нужном направлении.

Таким образом, развитие роботизированного фильтровального оборудования требует особого внимания к теории фильтрования и оптимизации основных технологических стадий, о чем свидетельствуют, в частности, перечисленные проблемы для фильтрования с образованием осадка. Аналогичным образом могут быть сформулированы задачи и для глубокого фильтрования в фильтроэлементах объемного типа.

Следует ожидать в ближайшее время оригинальных решений в разработке системы фильтр — робот для специальных случаев фильтрования опасных суспензий.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПЕРЕРАБОТКА ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ФИЛЬТРОВАНИЕМ

Среди экологических проблем в настоящее время одной из насущных является проблема обработки вредных отходов с целью понижения или нейтрализации их негативного воздействия на окружающую среду и максимального снижения объема отходов, не поддающихся полной ликвидации.

По оценкам работы [33], останутся широко применяемыми и в будущем как наиболее простые способы захоронения отходов или их размещение в отвалах и на специальных свалках. Однако во всех странах отмечается стремление минимизировать количество отходов, подлежащих удалению такими способами (рис. 14).

С ужесточением санитарных норм и экологических требований к отходам всех видов, поступающих в окружающую среду, усилия исследователей сосредоточиваются на развитии и совершенствовании систем переработки вредных отходов в первую очередь с целью повышения эффективности этих систем. Обобщенный алгоритм определения конечной степени переработки вредных отходов может выглядеть следующим образом (рис. 15).

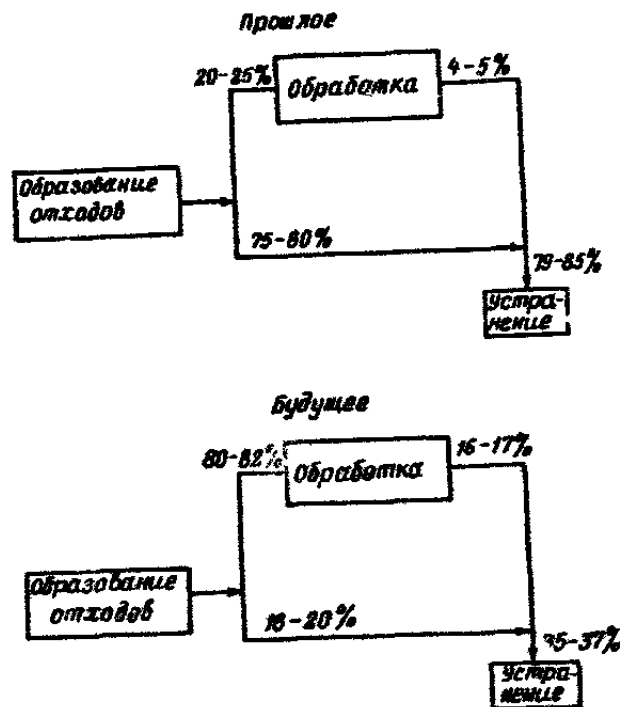


Рис. 14. Тенденция переработки отходов [33]

Существует большое число способов и технологий, применяемых на любой стадии алгоритма, однако в данном случае будет сосредоточено внимание только на одном — фильтровании. Рассмотрим принципиальные возможности использования фильтров (аппаратов и машин) не только для собственно фильтрования, но и для проведения реакционных, тепло- и массообменных процессов.

В настоящее время многие традиционные фильтры уже используются для осуществления последовательного комплекса технологических операций: фильтрование, промывка осадка (экстракция), сушка (например, барабанные вакуум-фильтры, фильтр-пресс, ленточные и карусельные фильтры и т. д.); реакционный процесс, фильтрование, промывка (экстракция), сушка (например, фильтры емкостного типа — фильтры-реакторы, фильтры-сушилки и др.).

В табл. 2 перечислены основные способы обработки промышленных отходов, которые применяются в настоящее время совместно в различных сочетаниях. В табл. 3 приведены те способы обработки отходов, которые могут применяться совместно с фильтрованием или в принципе могут быть совмещены с фильтрованием или осуществлены в оборудовании, предназначенном для фильтрования.

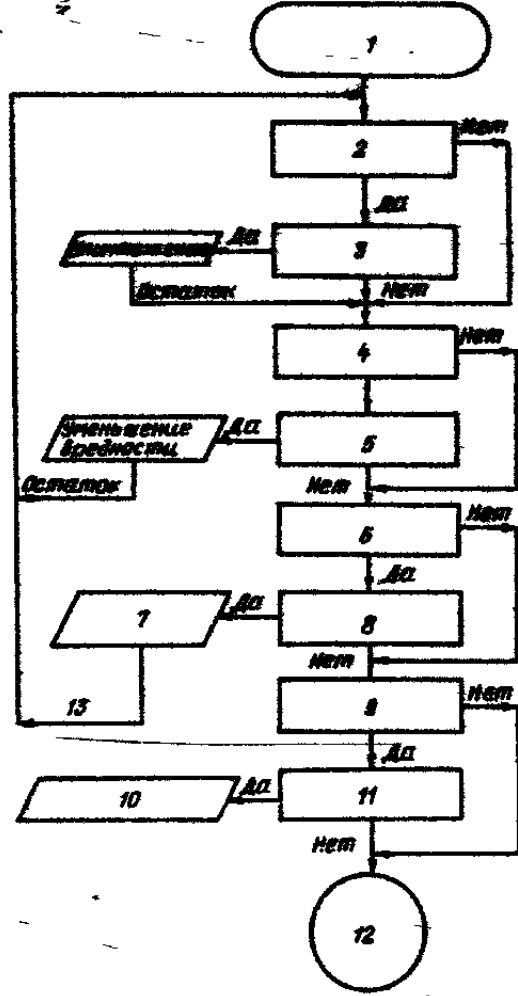


Рис. 15. Алгоритм определения конечной степени переработки вредных отходов [33].
 1 — Дано: опасные отходы, подлежащие переработке; 2 — Уничтожение возможно? 3 — Уничтожение приемлемо; 4 — Возможно ли уменьшение вреда? 5 — Уменьшение вредности приемлемо; 6 — Возможна изоляция? 7 — Изоляция (обычно надежное захоронение); 8 — Изоляция, приемлема? 9 — Возможно ли рассевание в пространстве? 10 — Рассевание соответственно разрешению; 11 — Допустимо ли рассевание? 12 — Неперерабатываемые отходы: пересмотр условий; 13 — продукты выщелачивания (солевые растворы)

Таблица 2

Альтернативные технологии обработки вредных отходов [33]

Технология	Описание процесса или оборудования	Пример использования	Состояние применения	Примечание	Относительная стоимость
1. Физическая обработка 1.1. Магнитная обработка	Магнитные сепараторы	Сортировка лома	Коммерческое	Ограниченное применение	Низкая
1.2. Рассев и классификация	Стандартные промышленные установки	Разделение материалов по размерам	Коммерческое	Переработка или удаление разнообразных материалов	Низкая
1.3. Дробление и разжог	Стандартные промышленные установки	Уменьшение размеров твердого материала для дальнейшей переработки	Коммерческое	Выделение летучих	Низкая
1.4. Разделение жидкость/твердое. Отстаивание (с флоту-лицией или без нее). Фильтрование. Центрифугирование. Флотация	Стандартные промышленные установки	Извлечение частиц из жидкости. Удаление избыточной влаги из твердой фазы и шлама	Коммерческое	Часть твердой фазы остается в жидкости	Низкая
1.5. Сушка	Стандартные промышленные установки	Сушка шлама	Часть экспериментальное, часть коммерческое	Проблемы загрязнения воздуха	Высокая
1.6. Дистилляция	Многостарельчатые или насыщенные колонны с оборудованием для нагрева и конденсации	Очистка растворителей для повторного использования	Коммерческое	Образование паров (или) засорение. Опасность воспламенения при работе с некоторыми растворителями	Средняя

Технология	Описание процесса или оборудования	Пример использования	Системные применения	Примечание	Относительная стоимость
1.7. Выпаривание	Однокорпусные и многокорпусные установки или установки с тепловым насосом, котлы могут включать в стадию кристаллизации	Радиохватные отходы. Отходы гальванических производств	Коммерческое	Образование чашки и (или) засорения. Конденсат иногда содержит загрязнения	Умеренно низкая
1.8. Десорбция (отгонка) паров, водухом, другими газами	Тарельчатые и насылочные колонны с отдушкой абсорбента	Удаление сульфидов. Удаление трихлорэтилена	Коммерческое	Ограничивается количеством компонентов. Воздушные выбросы	От низкой к средней
1.9. Абсорбция	Тарельчатые и насылочные колонны с соответствующим абсорбентом	Обычно для предотвращения выбросов в окружающую среду	Коммерческое	Удаление попутного	Низкая
1.10. Жидкостная экстракция. Жидкость — жидкость; жидкость — твердое; твердое — жидкость	Стандартные процессы (вакватрические машины в стадии разработки)	Экстракция загрязнений из твердой фазы. Экстракция металлов из отходов	Коммерческое (вакватрические машины в стадии разработки)	Загрязненная растворитель (экстракт) требует дополнительной обработки	Умеренно высокая
1.11. Абсорбция Актированных углей, уголь, необходимые смолы и другие адсорбенты	Периодические или непрерывные адсорберы, обычно с регенерацией адсорбента	Адсорбция органики на активированном угле. Адсорбция тяжелых металлов на полисорбентных смолах	Коммерческое	Ограничивается низкой концентрацией. Удаление регенерата	Средняя

1.12. Мембранные процессы. Ультрафильтрация. Обратный осмос. Диализ. Электролиз	Стандартные промышленные установки или с необходимыми оборудованием для предварительной обработки для предотвращения мембран	Удаление тяжелых металлов или органики из воды (почтиный вид)	Коммерческое	Разделение мембран. Сложная предварительная обработка	Средняя
1.13. Замораживание. Кристаллизация. Сушка вымораживанием. Вымораживание суспензий	Регенеративные установки	Применяется для удаления сульфидов из водных гидротермальных растворов	Экспериментальное/малое производство	Не имеет коммерческого применения	Низкая для сушки в слес, высокая в других случаях
2. Химическая обработка	Химические добавки в емкости для смешивания	Нейтрализация ислетных стоков	Коммерческое	Термохимическое концентрирование растворов. Сложность управления	Низкая
2.1. Нейтрализация	Химические добавки в емкости для смешивания	Удаление чашки металлов	Коммерческое	Надоливание зонированных растворов на различных этапах	Низкая
2.2. Освождение	Химические добавки, получение переславленной твердой фазы	Удаление металлов в т.ч.	Коммерческое	Загрязнения могут нарушить процесс	Средняя
2.3. Электрохимические процессы	Электролиз и электролитический аппарат	Удаление металлов в т.ч.	Коммерческое	Побочные реакции могут привести к образованию других вредных загрязнений	От средней к высокой
2.4. Окисление. Хлорирование. Озонирование. Перманганат. Пероксид и др.	Химические добавки и специальное оборудование для контактирования	Деструкция слесов органики	Коммерческое	Часть компонентов, часть окисляющих веществ	От средней к высокой

Технология	Описание процесса или оборудования	Пример использования	Состояние применения	Примечание	Относительная стоимость
2.5. Восстановление дезодорированные Сульфирование и др.	Химические добавки и реакционные емкости	Восстановление шестивалентного хрома Дезодорирование диоксида	Часть коммерческого, часть опытное	Побочные реакции могут приводить к образованию вредных загрязнений	От средней к высокой
2.6. Фотолиз ультрафиолетовые лучи. Естественный свет	Источники света и контактирующие устройства	Разрушение диоксида Разрушение цианидов	Полукоммерческое	Загрязнение фотохимических устройств Кинетика	Низкая для экспериментального этапа. Высокая для УФ
2.7.Gamma-излучения	Закрываемые источники гамма-излучения	Разрушение пестицидов	Экспериментальное	Сложность проектирования	Высокая
2.8. Смешанная химическая обработка. Катализ Гидролиз и др.	Химические добавки и оборудование для контактирования	Разрушение пестицидов	Экспериментальное	Побочные реакции вызывают другие вредные загрязнения	Развитая
3. Биодетоксикация					
3.1. Пруды с активными илами: аэробные, анаэробные	Общие коммерческие системы	Удаление органики из воды	Коммерческое	Эффективно только для биоразлагаемых или биодесорбируемых загрязнений. Подвержены токсичному ингибированию	Низкая
3.2. Аэробное сбраживание. Коагулирование. Инсуффляция. Ферментация и др.	Общие коммерческие системы	Удаление органических загрязнений из воды	Коммерческое	Эффективно только для биоразлагаемых или биодесорбируемых загрязнений. Подвержено токсичному ингибированию	Низкая

ЭФ	Система биохимических добавок	Применение	Экспериментальное	Новая область, поэтому влияние изучено недостаточно хорошо	От низкой к средней
4. Термическая обработка					
4.1. Основные процессы сжигания. Кипящий слой. Различная печь. Врачающая печь Инжекционная печь и др.	Стандартные коммерческие установки	Промышленные печи для сжигания отходов Печи для спекания вредных отходов	Коммерческое	Дорогое топливо. Низкая КПД. Удаление сажи и стоков скрубберов	От средней к высокой
4.2. Развивающиеся процессы сжигания. Расплавление. Электродуговая печь. Минераловодная плазма	Экспериментальные установки	Разрушение диоксида	Экспериментальное	Технология недостаточно изучена	Высокая
4.3. Процесс получения сжигания. Промышленные паровые котлы Цементные печи Печи для сжигания извести	Стандартные установки	Сжигание обработанных растворителей	Коммерческое	Дорогостоящие топливо. Вредные вещества на топочное оборудование	От низкой к средней

Технология	Описание процесса или оборудования	Пример использования	Состояние применения	Примечание	Оценочная стоимость
4.4. Пиролиз. При обычных температурах. При средних температурах.	Патентованные установки	Различные организации	Преимущественно опытные установки	Образующиеся побочные продукты могут быть токсичными	Средняя
4.5. Микроэмульсионное окисление. Аппарат. V-образный трубчатый реактор. Реактор с вертикальной трубой	Патентованные установки	Различные организации	Преимущественно коммерческие, но нередко часто для предварительных опытов	КПД процесса только 65—80%	Средняя
5. Фиксация/направление суммарного эффекта. Легучая вода. Обжиг. Гольевого газа. Измельчение. Накачка. Газы. Вермикулит. Цеолиты. Уголь. Патентованные агенты	Контактные методы и стабилизирующие материалы	Отделение вредных отходов	Коммерческое	Долговременная эффективность	Средняя

5.2. Пушечные реакции. Порода цемент. Известняк	Механическое оборудование для смешения и реакции	Отделение вредных отходов	Коммерческое	Иногда органические агенты препятствуют реакции	Средняя
5.3. Капсулирование. Органические полимеры. Асфальт. Стекловолокно. Патентованные агенты	Стабилизирующие материалы и механическое оборудование для капсулирования	Отделение вредных отходов	Частично опытное	Долговременная эффективность	От средней до высокой

Технологические процессы, которые могут быть совмещены с фильтрацией

Таблица 3

Процессы	Примеры реализации или конструкции фильтров	Примечание
Магнитная обработка	Магнитные фильтры	Применяются
Рассев, классификация	Фильтры-циклоны, виброфильтры	Применяются
Разделение систем жидкость — твердое	Фильтры-флотаторы, центробежные фильтры, фильтры с отстойной камерой, фильтры общего назначения	Применяются
Сушка	Комбинированные фильтры-сушки, ленточные фильтры, барабанные фильтры и др.	Применяются
Десорбция (отгонка) паром, воздухом, другими газами	Десорбция в фильтрах-адсорберах	Возможно в принципе более широкое применение
Экстракция жидкость — твердое	Ленточные вакуум-фильтры, емкостные фильтры с мешалками	Применяются
Адсорбция	Комбинированные фильтрующие элементы с слоем адсорбента, вспомогательные фильтрующие вещества, добавляемые в суспензию, адсорбционные фильтры	Применяются
Мембранные процессы	Как правило, перед разделением на мембранах требуется фильтрация жидкости. Микрофильтрация. Возможно совмещение фильтрации и массообменных процессов	Применяются
Химическая обработка (нейтрализация, окисление, восстановление)	Перед фильтрацией. При воздействии на растворенные компоненты в суспензии возможно изменение зета-потенциала частиц, что может способствовать процессу фильтрации	Возможно
Осаждение	Перед фильтрацией. Объемные фильтры, емкостные фильтры	Применяются
Электрохимические процессы	Электрофильтрация, в том числе с одновременным осуществлением электрохимических процессов	Применяются
Смешанная химическая обработка, например, катализ	Каталитические фильтры-реакторы	Возможно применение

Процессы	Примеры реализации или конструкции фильтров	Примечание
Пиролиз	Фильтрация с последующим пиролизом, в том числе в том же аппарате, например, в кипящем слое. Использование керамических или металлических фильтроэлементов	Возможно
Фиксация, сорбция	См. Адсорбция. Основная проблема — подбор фильтрующего вещества одновременно пригодных для фильтрации и дальнейшего отвердевания, капсулирования и т. д.	Применяется
Капсулирование	Специальные конструкции фильтров или применение фильтрующих веществ, способных при определенных условиях создавать защитное покрытие на поверхности твердой фазы	Возможно в принципе
Кристаллизация	Фильтры-кристаллизаторы	Применяется

В центре внимания находится фильтрация и фильтровальное оборудование с целью максимального выявления потенциальных возможностей этого процесса, что не означает исключительности данного процесса по отношению к любым другим процессам. Если применение фильтрации будет логически вытекать из других технологических процессов или предшествовать им, то такие процессы также будут рассмотрены здесь.

Как следует из табл. 3, наиболее совместимыми с фильтрованием являются процессы той же группы, к которой относится и само фильтрование, т.е. физические способы обработки. Как правило, физические способы обработки используются для уменьшения объема вредных отходов и часто конечным продуктом является концентрат, требующий дальнейшей обработки.

Довольно часто химическая обработка отходов также сопровождается образованием твердой фазы, распределенной в жидкости.

Жидкие отходы, содержащие твердую дисперсную фазу или опасные вещества, в которых твердая фаза выделяется в виде дисперсии, например осадком, могут быть условно разбиты на следующие группы: суспензии, в которых основные загрязнители (опасные вещества) находятся в жидкой фазе, а твердая фаза относительно безвредна или инертна; суспензии, у которых основные загрязнители (опасные вещества) находятся в твердой фазе, а жидкая — относительно безвредна или инертна; суспензии, у которых загрязнители (опасные вещества) содержатся в жидкой и твердой фазах.

Будем считать, что для суспензий несущественно, имелась ли твердая фаза в жидкости до обработки или она получена в результате предшествующей обработки вредных стоков.

При обработке суспензий могут возникать такие проблемы, как: различные способы нейтрализации или удаления вредных компонентов из твердой и жидкой фаз вплоть до промывочных;

в ряде случаев твердая фаза оказывает негативное влияние на обработку жидкой фазы (загрязнение оборудования, адсорбция, катализ, химическое взаимодействие с реагентами, используемыми при обработке жидкой фазы, и др.);

обработка твердой фазы химическими реагентами (например, нейтрализующими), требующая большого расхода реагентов, так как, несмотря на небольшую объемную концентрацию в суспензии, твердая фаза может содержать основную массу опасных загрязнений. Если в жидкой фазе обычная концентрация растворенных загрязнителей составляет порядка нескольких процентов, то в твердой фазе содержание опасных загрязнителей может приближаться к 100% в расчете на твердое.

несмотря на сравнительно небольшой объем осадков в общей массе очищаемых стоков, технология их обработки сложна сама по себе, а стоимость ее, по оценкам специалистов, достигает 40—50% от стоимости очистки сточных вод.

Таким образом, актуален поиск новых путей обработки твердой фазы в суспензии. Схемы разделения суспензий в первом приближении могут выглядеть следующим образом.

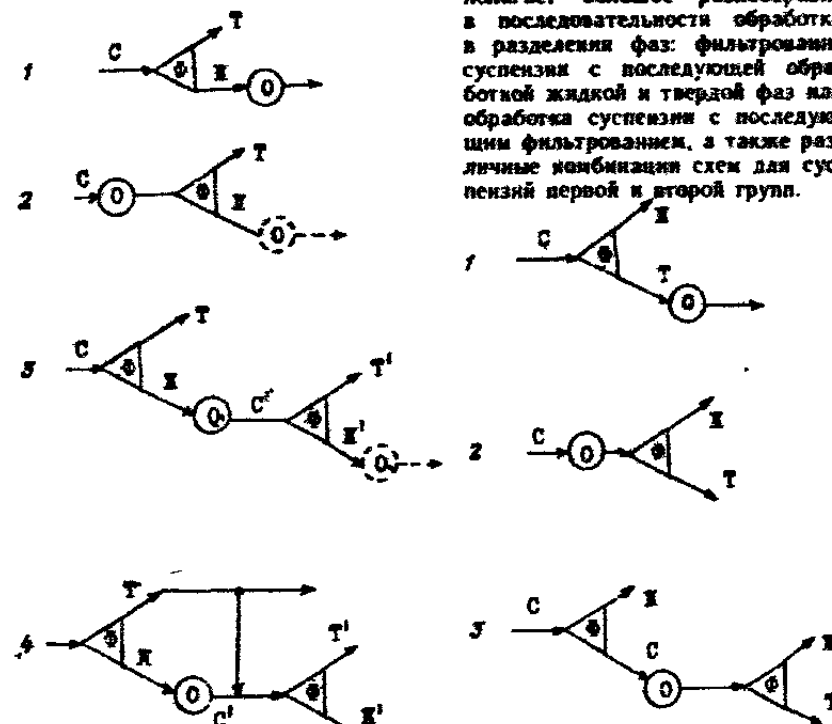
Первая группа суспензий может разделяться на традиционных типах фильтров, где образовавшийся осадок при необходимости может быть промыв и дополнительно обезврежен, а фильтрат поступает на дальнейшую обработку (рис. 16).

Схемы, приведенные на рис. 16, могут включать непосредственное фильтрование суспензии или ее фильтрование после предварительной обработки, а также фильтрование обработанной жидкости (фильтрата), если в результате обработки в ней вновь появляется твердая дисперсная фаза. Если

дисперсная фаза плохо фильтруема, а полученный на предыдущих стадиях осадок содержит хорошо фильтруемые крупнодисперсные частицы, то последние могут быть использованы в виде добавки для улучшения фильтруемости суспензии (см. рис. 16, схема 4).

Вторая группа суспензий может непосредственно разделяться на фильтре, а твердая фаза в виде осадка подвергаться дальнейшей обработке с целью уменьшения ее опасности, нейтрализации или последующего уничтожения (рис. 17). В данном случае возможно непосредственное разделение суспензии (схема 1) или ее предварительное сгущение на фильтре-сгустителе (схема 3) с последующей обработкой материального потока, содержащего твердую фазу. Если же твердая фаза не состоит из 100% из опасных компонентов, то перед фильтрованием возможна экстракция загрязнителей с последующим разделением фаз (схема 2). Возможно совмещение фильтрования с экстракцией или соответствующей химической обработкой. На схемах операции, проводимые в фильтрах, не указаны.

Третья группа суспензий предполагает большое разнообразие в последовательности обработки в разделения фаз: фильтрование суспензии с последующей обработкой жидкой и твердой фаз или обработка суспензии с последующим фильтрованием, а также различные комбинации схем для суспензий первой и второй групп.



16. Схемы разделения суспензий первой группы.
C — суспензия; Ф — фильтрование;
О — обработка; Т — твердая фаза;
Ж — жидкость

Рис. 17. Схема разделения суспензий второй группы (обозначения те же, что на рис. 16)

Назовем некоторые перспективные направления в фильтровании опасных суспензий.

1. Применение аппаратов, в которых могут быть совмещены процессы тепло- и массообмена с фильтрованием (комбинированные фильтры).

При переработке опасных отходов необходимо минимизировать контакт отходов с внешней средой. В этом случае ряд процессов может быть осуществлен в одном аппарате. Безусловно, выполнение различных технологических операций в одном аппарате для машины влечет к усложнению конструкции последних либо к снижению их производительности. Однако при обработке небольших объемов опасных отходов или промышленных суспензий, которые требуют соблюдения безопасности, такого рода усложнения могут быть оправданы. Некоторые типовые фильтровальные оборудование уже представляет собой комбинированные устройства. Этот подход к конструированию фильтров продолжает интенсивно развиваться.



Рис. 18. Схема возможностей комбинированных фильтров

В общем виде возможности комбинированных фильтров могут быть представлены схемой (рис. 18), где: 1 — химическая реакция; 2 — массообменный процесс (отдувка, кристаллизация, сушка, экстракция, адсорбция, пропитка и т. д.); 3 — теплообменные процессы (нагрев, охлаждение и т. д.); 4 — механические процессы (перемешивание, отжим, разрыв и др.); Ф — собственно фильтрование.

В комбинированных аппаратах процессы могут осуществляться в свое и объеме суспензии. Оборудование данного типа наиболее приемлемо для обработки опасных суспензий, когда на всех стадиях контакт с обрабатываемым веществом нежелателен как для обслуживающего персонала, так и окружающей среды.

В качестве примеров можно назвать многофункциональные нутч-фильтры Rosenpitho-площадью фильтрования до 15 м² (фильтрование, промывка и сушка с перемешиванием) [20]. Реактор-фильтр-сушилка Nutrex [20, 29]. Реактор-фильтр-сушилка Пензенского филиала ВНИИ-антибиотиков [34]. Флотационно-фильтровальная установка [35]. Аппарат для выщелачивания и разделения фаз [36].

2. Применение роботов для автоматизации операций в фильтровальном оборудовании. Это позволяет качественно изменить тактику применения фильтров в опасных для человека условиях, таких, как разделение взрывоопасных, радиоактивных, токсичных и других суспензий (роботизированные фильтры).

Роботизированные системы наиболее эффективны на оборудовании периодического действия, что уже обсуждалось.

Другим применением роботов является выполнение функций периодического пробоотбора в ходе фильтрования, так как размещение датчиков контроля в зоне фильтрования для непрерывного отслеживания свойств осадка и суспензии традиционными средствами автоматизации создает ряд проблем, которые до настоящего времени не находят благополучного разрешения.

В качестве контролируемых параметров могут быть: отбор порций суспензии, осадка, замеры толщины осадка, газо- или водопрооницаемости ретирированной фильтрующей среды, степени промывки осадка, его влажно-

сти и др. Аналитический контроль хода фильтрования с приспосабливанием работы может быть развит на основе имеющегося мирового опыта роботизированного контроля качества в аналитических лабораториях химического профиля.

3. Применение принципов роторных машин и роторно-комбинерных систем в процессах фильтрования. Фильтрующие элементы выполняют роль контейнеров для твердой фазы суспензии. В роторной машине фильтрующие элементы последовательно перемещаются через различные технологические зоны, где выполняются операции над суспензией и осадком, например, загрузка, фильтрование, отжим или (и) сушка, фиксация твердой фазы в фильтроэлементе (спекание, пропитка и т. д.) и упаковка (капсулирование, упаковка в защитную оболочку и т. д.) В некоторых случаях контейнеры изготавливаются непроницаемыми, а фильтрующие элементы располагаются внутри последних.

Данное направление в фильтростроении находится в стадии формирования и представляет наибольший интерес для работы с опасными продуктами, когда требуются не только обезвреживание твердой фазы, но и последующая ее фиксация и упаковка для дальнейшего хранения или переработки. В таких системах часть операций может выполнять промышленный робот. Системы роторного типа могут использоваться на заключительной стадии обработки опасных продуктов, когда дисперсная система поступает в виде концентрата, пасты, требующей порционного фильтрования или окончательного обезвреживания с помощью прессования для последующей фиксации твердой фазы, например, спеканием, пропиткой, отверждением, осаждением фиксирующего вещества в поровом пространстве осадка, обработкой электрохимическим полем, упаковкой и т. д.

В качестве прототипов, реализующих в той или иной степени принцип роторных фильтров, можно назвать следующие технические решения.

Автоматическое устройство для фильтрования [37], предназначенное для отбора проб воды с временным интервалом. Устройство имеет ряд фильтров, в каждый из которых поступает только одна проба воды, подаваемая к каждому фильтру по очереди поворотным распределительным насадком. Насадок подает заданный объем воды в соответствующий фильтр, задерживающий частицы для последующего анализа.

Устройство для обезвреживания шлама [38]. Патронный фильтр [39], снабженный роторным магазином с фильтрующими патронами и устройством автоматической перезарядки фильтроэлементов. Система ISEP для обработки сточных вод [40], которая включает операции адсорбции, полного обмена и фильтрования.

Однако у существующих прототипов отсутствуют технические решения, включающие стадии фиксации твердой фазы и упаковки обработанного осадка или фильтрующих элементов. Таким образом, существуют большие возможности творческого развития обсуждаемых идей и принципов для данной группы фильтров.

Все три направления могут развиваться независимо в виде устройств, синтезирующих те или иные принципы этих направлений: 1+2; 2+3; 1+2+3, где 1, 2 и 3 — соответственно комбинированные фильтры, роботизированные фильтры и роторные фильтры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ тенденции развития фильтрования показал, что фильтрование следует рассматривать как составную часть гибкой химико-технологической системы.

Классификация фильтровального оборудования на основе признака пространственно-временного положения фильтрующей среды показывает, что имеется unrealized потенциал совершенствования этого класса оборудования.

Рассмотрены нетрадиционные типы фильтровального оборудования — роботизированные фильтры, которые особенно целесообразно применить при фильтровании опасных суспензий. Однако переход к роботизированным фильтрам требует решения на качественно более высоком уровне вопросов организации фильтрования, контроля и управления процессом, а также самой математической модели процесса фильтрования.

В целом развитие фильтровального оборудования позволит в ближайшем будущем успешно решать многие задачи, связанные с обработкой опасных суспензий при гарантии безопасности для окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подлев В. М., Малеоров В. А., Васильев Д. Л. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций деталей аппаратов. — М.: Машиностроение, 1988.
2. Диттерский Ю. И., Кочаров Р. Г. Некоторые проблемы теории и практики использования баромембранных процессов. — Журнал Всес. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева, 1987, 32, № 6, с. 607—614.
3. Кафаров В. В., Макаров В. В., Нгуен Суан Нгуен. Моделирование и оптимизация периодических процессов в системах химической технологии. Итоги науки и техники. — Сер. Процессы и аппараты химической технологии. — М.: ВИНТИМ, 1984, т. 12, с. 3—87.
4. Легасов В. А., Сафонов М. С. Гибкая химическая технология. — Химическая промышленность, 1985, № 3, с. 470—477.
5. Egel'sin A. I. Entwicklungstendenzen des Filtrationsprozesses als flexible technologie und die bewertung der porösen medien aus der sicht der entropie // Mechanische Flüssigkeitsabgrenzung. Vortragsteile 23. Diskussionsstagung mit internationaler Beteiligung. 11—12 Oktober 1988 in Magdeburg (DDR), 1988, S. 85—91.
6. Ельшин А. И. Перспективы создания гибких производств с применением гидромеханических процессов разделения дисперсных систем / Гибкие производственные системы химического профиля // Материалы Всес. науч.-техн. конф., Ленинград—Поддубная. — Препринт № 125. — Л.: ЛИНАН, 1990, с. 38—39.
7. Ельшин А. И. Применение промышленных роботов для обслуживания фильтров периодического действия. — Химическое и нефтяное машиностроение, 1985, № 11, с. 12—13.
8. Ельшин А. И. О возможности создания гибкого автоматизированного химико-технологического процесса фильтрования при использовании робото- и микропроцессорной техники / Повышение эффективности автоматической деятельности в науке и практике в свете решений 25 съезда КПСС: Тезисы докл. научн.-практ. конф. — Минск: БелНИИХИМ, 1986, т. 3, с. 56—58.
9. Зибберг Г. А., Глушко И. К., Гадкина Л. В. Пути совершенствования технологического оборудования подготовки и переработки природного газа. — Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение. — Обзор информ. — М.: ЦИНТИХимнефтехим. Сер. ХМ-1, 1986.
10. The Filtration Spektrum // Bulletin of «Osmotics, Inc.», 1980 (USA).
11. Filtration Principles and Practices. Part I / Ed. by Clyde Orr. — New York, N. Y.: Marcel Dekker, 1977.
12. Mayer E. Solid/Liquid Separation — Selection Techniques // Fluid/Particle Separation Journal, 1986, 1, N 2, p. 125—138.

13. Yeishin A. Now cost can be correlated to certain parameters of filtration equipment / Filtr. and separ., 1990, 27, N 1, p. 10—11.
14. Yeishin A. Making batch and continuous filters better known. // Filtr. and separ., 1989, 26, N 6, p. 402—403.
15. Artisan continuous filter // Bulletin N 4060 of «Artisan Industries, Inc.» (USA).
16. Пат. 4911874, МКИ В 01 D-13/00 (США) — Заявл. 16.12.87; опубл. 27.03.88.
17. Проспект фирмы «Gottman National Corp.» (США), 1989.
18. Заявка 55-49528, МКИ В 01 D 33/08 (Япония). Патронный вакуум-фильтр для разделения суспензии — Опубл. 12.12.80.
19. А.с. 276804, МКИ В 01 D 27/00 (СССР). Непрерывно действующий патронный фильтр.
20. Avery L. Filtration plant — scale // Chemtech., 1985, 15, N 10, p. 622—631.
21. Tiller F. M., Yen C. S. The role of porosity in filtration. Part XI // AIChE Journal, 1987, 33, N 8, p. 1243.
22. Разделение суспензий в химической промышленности / Т. А. Малиновская, И. А. Кобринский и др. — М.: Химия, 1983.
23. Indrex Brush — Cleaned Pressure Filters // Бюллетень фирмы «Zimpro / Passavant» (США), 1988.
24. Yeishin A. Applying robots to batch filtration // Filtr. and Separ., 1990, 27, N 2, p. 3.
25. Заявка 3520249, МКИ В 01 D 29/10 (ФРГ). Механизм для загрузки и выгрузки фильтра. — Заявл. 5.06.85; опубл. 11.12.86.
26. Заявка 3608774, МКИ В 01 D 25/38 (ФРГ). Роботизированный фильтр-пресс. — Заявл. 15.03.86; опубл., 17.09.87.
27. Lowton D. I., Constantino T. What makes cartridge filters perform effectively? // Chem. Eng. Progr., 1987, N 11, p. 20—25.
28. Weibel H. Multi — purpose chemical processing, including filtration // Filtr. and Separ., 1983, 20, N 1, p. 59.
29. Комбинированные аппараты для систем с дисперсной твердой фазой / С. Л. Громов В. Д. Мельников, Е. А. Рябенко и др. — Химическая промышленность, 1989, № 4, с. 63—67.
30. Пат. 4770772, МКИ В 01 D 23/00 (США) — Заявл. 28.10.87; опубл. 13.02.88.
31. Заявка 4822199/26, МКИ В 01 D 27/08 (СССР). — Патент. решение 28.03.91.
32. Исследование процесса фильтрования, разработка новых аппаратов, методов расчета и оптимизации / Отчет по НИР ГБ-1286, № Гос. регистр. 01.86 0029'79. — Новополоцк, 1991.
33. Valdirio I T Alternatives to hazardous waste disposal // Pollution Engineering, 1990, 22, N 7, p. 65—74.
34. Реактор—фильтр—сушилка // Листовка выставки НТТМ-87. — М.: ЦНТИ Миннедмашбиопрома, 1987.
35. А.с. 235868, МКИ С 02 F 1/40 (СССР) — Заявл. 31.12.82; опубл. 1.03.87.
36. А.с. 1524915, МКИ В 01 I 19/18 (СССР). Аппарат для выщелачивания и разделения фаз. — Заявл. 3.11.87; опубл. 30.11.88.
37. Заявка 2164866, МКИ В 01 D 29/42 (Великобритания). — Опубл. 3.04.86.
38. А.с. 1131526, МКИ В 01 D 25/34 (СССР). — Опубл. 12.08.83.
39. А.с. 816496, МКИ В 01 D 27/00 (СССР) — Опубл. 30.03.81.
40. Проспект фирмы «Progress Water Technologies Corp.» (USA)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
Технология разливки фильтроэлементов или гибкой технологии	2
Классификация фильтровального оборудования	6
Фильтры непрерывного действия с неподвижной фильтрующей средой или фильтроэлементами (1.1)	10
Фильтры непрерывного действия с подвижными ФЭ (1.2)	11
Фильтры периодического действия	15
Сет автоматизированных фильтров и роботизированные	17
Сфера применения сред в переработке опасных отходов фильтроэлементами	35
Заключение	42
Литература	42

Издано на ФА 500

Специальный за выпуск М. К. Матвеева

Технический редактор Г. К. Буракова

Корректор Е. Я. Яковенко

Надано в печать 27.03.88 г.

Усл.леч. 3

Уч.-изд.л. 2,53

Тираж 370 экз. Зак. № 385. Изд. № 3548. Формат 60x90 1/16. Цена 16 руб.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «Химиздат». 119046, Москва, ул. Делегатова, 12