



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

ХМ-1

Химическое

и нефтеперерабатывающее

машиностроение

Обзорная информация

**ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ В США**

ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ
МОСКВА 1991

В обзоре на основе информации фирм-изготовителей фильтровального оборудования дан анализ основных видов фильтровального оборудования, выпускаемого в США. Описаны конструкции и даны технические характеристики промышленных фильтров непрерывного и периодического действия, а также рассмотрен опыт их эксплуатации.

Приведен перечень фирм-производителей фильтровального оборудования.

Сделан вывод, что традиционные типы фильтровального оборудования совершенствуются за счет конструктивных доработок, новых материалов, а также за счет применения средств вычислительной техники при управлении их работой.

Обзор предназначен для специалистов химической и других отраслей промышленности, занимающихся вопросами разделения дисперсных систем.

Обзорная информация

**ХИМИЧЕСКОЕ
И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Серия ХМ-1

Канд. техн. наук **А. И. ЕЛЬШИН**
(Новополоцкий политехнический институт)

ФИЛЬТРОВАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В США

ВВЕДЕНИЕ

Динамично развивающимися процессами разделения жидких неоднородных систем являются фильтрование и мембранная технология. Многие отраслевые организации и предприятия направляют значительные усилия на создание оборудования и технологий для названных процессов разделения систем жидкость — твердое.

Процесс фильтрования применяется практически во всех отраслях, где приходится иметь дело с жидкостями и газами.

Существенные достоинства фильтрования и мембранной технологии заключаются в возможности разделения или выделения различных компонентов из жидкости в виде целевого продукта, очистке жидкости от примесей, концентрировании дисперсных систем и др.

Процессы разделения ведутся в мягких условиях и обладают низкой энергоемкостью. Частицы размером в несколько микрон выделяются из жидкости фильтрованием, размером до 0,01 мкм — микрофильтрованием, а макромолекулярные вещества — молекулы и ионы — с помощью полупроницаемых мембран.

Фильтрование и мембранная технология используются в химической, полимерной, микробиологической, горно-добывающей, нефтехимической, химико-фармацевтической, электронной, аэрокосмической и других областях.

За рубежом разработаны принципиально новые материалы и конструкции разделительных элементов, фильтровального и мембранного оборудования. Ежегодно в этой области техники выдаются сотни патентов на изобретения.

Внедрение микропроцессорной техники резко повысило надежность и конкурентоспособность фильтровального и мембранного оборудования по

сравнению с другими разделительными процессами. Использование мембранных модулей из полых волокон позволяет увеличить эффективную поверхность массообмена до $1200 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Разработаны анизотропные фильтрующие материалы из керамики и металлов, что увеличило их срок службы и расширило область применения. Разработаны и применяются аппараты, позволяющие совмещать реакционные, тепло- и массообменные процессы с фильтрованием. Резко возрос уровень автоматизации оборудования, особенно большой единичной мощности, появились системы обслуживания фильтров, близкие к роботизированным системам. Одновременно развивается миниатюризация фильтровальных и мембранных модулей, расширяющая их применение в медицине и специальной технике.

Это достигнуто благодаря хорошо развитым теоретическим и экспериментальным исследованиям, в которых одно из лидирующих мест занимает США. В развитых промышленных странах имеется обширная сеть исследовательских центров: основные теоретические и лабораторные исследования проводятся в университетах и колледжах, а опытно-конструкторские работы — фирмами. В США производят и продают фильтровальное и мембранное оборудование несколько сотен фирм.

С целью координации деятельности фирм и ученых, расширения связей между специалистами и обмена опытом и информацией в США в 1987 г. было создано Американское общество фильтрования (АОФ), охватывающее все аспекты деятельности в области разделения дисперсных систем с твердой фазой. Общество состоит из десяти региональных секций. Членами АОФ могут быть как отдельные специалисты (на 1 июля 1989 г. 700—800 человек), так и фирмы (свыше 40 фирм).

Как записано в документах АОФ, деятельность общества охватывает: применение фильтрования и сепарации, производство оборудования, консультации и обучение. Задачи АОФ: направление деятельности и программ на обслуживание фундаментальных нужд промышленности и содействие техническому и профессиональному росту членов АОФ. Начиная с 1988 г. АОФ издает журнал «Fluid/Particle Separation Journal». Наблюдается постоянно растущая активность научно-технической деятельности этой организации как в США, так и в других странах.

Оперативная информация о новых видах продукции и услуг в области фильтрования, а также о текущей деятельности АОФ и планируемых мероприятиях публикуется в журнале — члене АОФ «Filtration News». О работах в области фильтрования и сепарации в США регулярно информирует специалистов издаваемый в Великобритании журнал «Filtration and Separation».

Расширяющееся применение фильтровального оборудования в СССР, более открытая экономическая политика привлекают внимание многих компаний-производителей фильтровального оборудования, в том числе из США. Ниже рассмотрены некоторые виды продукции фирм-производителей фильтровального оборудования в США.

ФИЛЬТРЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Фильтры непрерывного действия занимают значительное место в различных отраслях промышленности, где требуется обрабатывать значительные объемы суспензий. Обычно фильтры непрерывного действия применяются для быстрофильтрующихся (скорость роста осадка от 0,1 до 10 см/с) и среднефильтрующихся суспензий (скорость роста осадка от 0,1 до 10 см/мин) [1].

Общим для фильтровального оборудования непрерывного действия является широкий типоразмерный ряд; использование полимерных защитных покрытий для снижения коррозионного и абразивного износа узлов и деталей, а также для уменьшения гидравлического сопротивления узлов, через которые движутся жидкости; замена, где возможно, металлических деталей на полимерные; применение в приводах фильтров гидромоторов, автоматизированное управление работой фильтров.

Далее фильтровальное оборудование будет рассматриваться не по типам, а по фирмам-производителям, что позволит получить более полное представление о деятельности той или иной фирмы.

Разнообразное фильтровальное оборудование непрерывного действия производится фирмой «EIMCO». В каталогах фирмы числится такое оборудование, как: дисковые и барабанные вакуум-фильтры, ленточные фильтры и фильтры-экстракторы, ленточные фильтр-прессы [2].

Дисковые фильтры Agidisc выпускаются с числом дисков от 1 до 15 при общей площади фильтрования от 2 до 306 м². В зависимости от диаметра диска (121,9; 182,9; 205,7; 269,2; 320 и 381 см) фильтр имеет 6 типоразмеров.

Горизонтальные ленточные вакуум-фильтры-экстракторы EIMCO-Ext-gastog имеют следующие параметры (серия/площадь фильтрования, м²/количество вакуумных камер): 2600/(0,93—4,2)/1; 4600/(4,2—18,6)/1; 9600/(12—46,45)/2; 2M/(13,9—65)/1; 3M/(23,2—100)/1; 4M/(55,7—120,8)/2. Фильтры применяются в химической, нефтехимической, металлургической, пищевой промышленности, а также в переработке урановых руд. Предусмотрены различные варианты промывки осадка, что увеличивает универсальность фильтра.

Барабанные вакуум-фильтры фирмы «EIMCO» выпускаются с пятью различными системами выгрузки осадка: со сходящим полотном, со съемом осадка ножом, с намывным слоем, со съемом осадка шнуром и с применением валика. В специальном исполнении фильтры могут иметь площадь фильтрования до 142 м² при диаметре барабана до 4,1 м. В зависимости от диаметра барабана вакуум-фильтр характеризуется следующими показателями (диаметр барабана, м/длина, м/площадь фильтрования, м²): 0,91/(0,91—1,83)/(2,6—5,2); 1,83/(0,91—3)/(5,2—17,5); 2,4/(1,83—4,88)/(13,9—37,3); 3/(2,4—5,5)/(23,3—52,5); 3,66/(3—6,1)/(35—70); 4,1/(6,1—11)/(78,8—142).

Барабанные вакуум-фильтры с площадью фильтрования от 0,91 до 46 м² могут иметь покрытие из термопласта (полипропилен) Eimeco Met с любой из названных выше систем съема осадка [3]. Кроме защитных функций, полимерное покрытие клапана распределительного устройства, каналов для сбора и отвода фильтрата и дренажной решетки снижает гидравлическое сопротивление системы. За счет применения полимеров масса фильтра составляет 1/2 массы цельнометаллического фильтра той же конструкции.

Фирма «EIMCO» производит специальные герметизированные вакуум-фильтры для деапарафинизации, в том числе для процесса с применением пропана (площадь фильтрования 46, 67, 93 и 116 м²) [4]. Фирмой изготовлено более 500 специальных фильтров, причем около 200 из них имеют площадь фильтрования 93 м².

Фирма использует ряд нововведений в конструкции герметизированного вакуум-фильтра: плавающий подшипник на приводной стороне барабана, который исключает перекосы и заедания при изменении уровня жидкости в ванне; стальные сильфонные уплотнения на приводном конце барабана.

и со стороны распределительного устройства; нейлоновую обрешетку барабана (снижает гидравлическое сопротивление фильтра и увеличивает срок службы ткани); работающие от одной насосной станции привод барабана (гидромотор с редуктором) и разгрузочный шнек (привод от гидромотора); съем осадка ножом с тефлоновым лезвием; использование при герметизации корпуса и крышки фильтра самоцентрирующихся поворотных болтов, что обеспечивает равномерное давление по периметру уплотнения, и др.

Следующей группой фильтровального оборудования фирмы «EIMCO» являются ленточные фильтр-прессы Eimco Beltpress HDP [2, 5].

Обычно перед подачей на ленточный фильтр-пресс HDP суспензия подвергается обработке флокулянтам и только после этого поступает в зону гравитационного обезвоживания фильтрата. Ряды специальных полипропиленовых скребков, расположенных поперек ленты, способствуют отделению свободной жидкости за счет создания в осадке борозд. Длина гравитационной зоны 4,2 м. Далее отфильтрованная твердая фаза проходит клиновидную зону длиной около 2,74 м и систему отжимных роликов. Первый отжимной ролик большого диаметра выполнен перфорированным и обеспечивает ввод осадка в отжимную зону. В этой зоне осадок транспортируется вокруг семи отжимных роликов с уменьшающимися диаметрами, что приводит к постепенному увеличению давления на осадок. Отжимные ролики расположены в шахматном порядке над и под несущим швеллером, уменьшая тем самым напряжения в раме фильтра. Центровка лент обеспечивается гидравлическими датчиками, а натяжение лент регулируется гидроцилиндрами. Предусмотрена непрерывная промывка лент струйными форсунками высокого давления и щетками. Срок службы лент достигает 150 часов и более.

Гидромотор привода, система натяжения лент и регулировочные системы в ленточном фильтр-прессе подключены к одной гидравлической станции, что обеспечивает низкую установочную стоимость. Показатели обезвоживания различных суспензий фильтрами данного типа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Применение	Содержание твердой фазы на входе, %	Пропускная способность по сухой твердой фазе на метр ширины ленты, т/ч	Содержание твердой фазы в осадке, %
Минеральное сырье			
Угольные хвосты	20—30 32—44 40—45 20—35	8—10 7—11 8—11 5—7	65—68 67—70 76—79 69—74
Хвосты выщелачивания (золото/серебро)	45—50	15	73—76
Промывка минералов	50	12	78—80
Шламы обработки сточных вод			
Первичный шлам	5—7	0,73—1,05	25—35
Активный ил	2,8—3,1 1,2—1,8	0,272—0,455 0,18—0,272	16—20 16—18
Шлам анаэробного сбраживания	3,6—4 3,1—4,5	0,41—0,5 0,364—0,41	25—31 18—20
Пульпа и целлюлозные шламы			
Первичный шлам	4—4,5	0,636—0,91	30—33
Вторичный шлам	1,3—1,5	0,272—0,41	18—20

Более высокое отжимное давление достигается в барабанном ленточном фильтр-прессе Eimco Expressor, где отжимные ролики обеспечивают оптимальный профиль давления для условий обезвоживания осадка. Степень обезвоживания, достигаемая с помощью этих фильтров для некоторых материалов, дана в табл. 2. Более подробно познакомиться с принципом действия ленточного фильтр-пресса аналогичной конструкции можно в работе [6].

Таблица 2

Материал	Влажность, %		Отжатая жидкость, %
	На входе	На выходе	
Силикагель	85	76	44
Кукурузный глютен	50	38	39
Каолин	48	38	34
Гидроокись магния	50	30	57
Пигмент	65	43	60
Алюмогель	78	62	54
Алюминат натрия	55	42	41

Барабанные вакуум-фильтры, ленточные фильтр-прессы, горизонтальные ленточные вакуум-фильтры выпускаются фирмой «Komline-Sandersop» [7]. Основные виды фильтровального оборудования этой фирмы перечислены ниже.

K-S Adpec — горизонтальный ленточный вакуум-фильтр. Базовый вариант фильтра состоит из секции питания и секции выгрузки, но для получения необходимой площади фильтрования могут быть установлены дополнительные промежуточные секции. Четыре модели фильтра 0,25М; 0,5М; 1,0М и 2,0М имеют следующую площадь секций:

Площадь, м ²	0,25М	0,5М	1,0М	2,0М
секции питания	0,38	0,77	1,55	3,1
полная промежуточной секции	0,38	0,77	1,55	3,1
половинная промежуточной секции	0,19	0,39	0,77	1,55
секции выгрузки	0,19	0,39	0,77	1,55

Каждая секция может соединяться с соседней или иметь отдельные коммуникации. Последнее позволяет четко разделять жидкость при промывке осадка или регулировать уровень вакуума.

В зависимости от конструктивного решения секций фильтр может обрабатывать различные по свойствам осадки (рис. 1). Вариант *a* представляет простейшую конфигурацию для фильтрования или обезвоживания с удлинненным периодом, вариант *б* — последовательная промывка, а вариант *в* — противоточная промывка осадка.

Отличительной особенностью фильтра является отсутствие резиновой несущей ленты-подложки, что снижает остроту проблемы герметизации вакуумных камер. Вместо этого фильтрующая ткань, лежащая на дренажной решетке, поддерживается корытообразным вакуумным поддоном, боковые стенки которого возвышаются над фильтрующей тканью и уровнем суспензии на ней. Края ткани заходят на боковые стенки поддона. Вакуумный поддон и дренажная решетка обеспечивают равномерное распределение вакуума и фильтра.

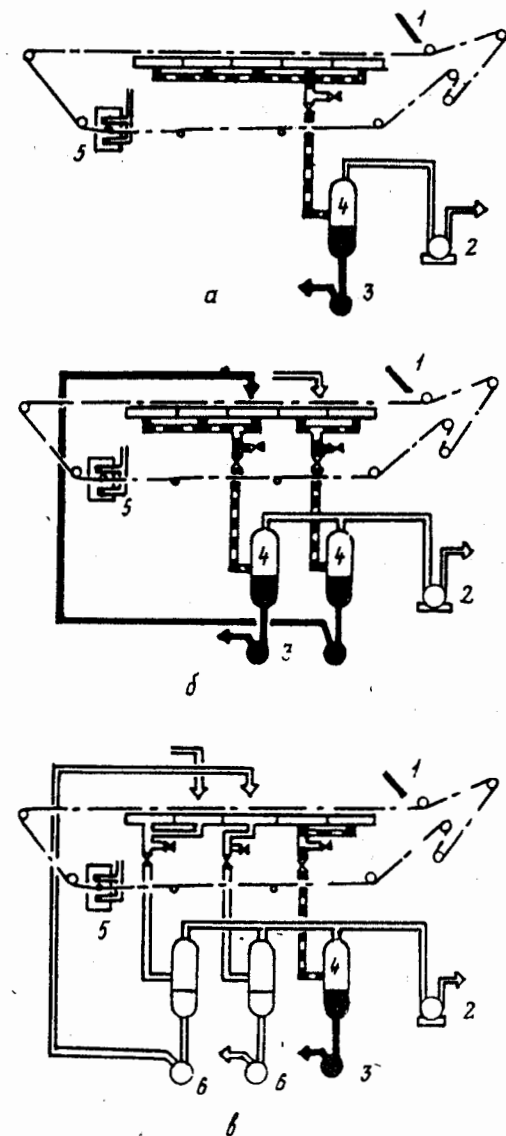


Рис. 1. Варианты компоновки секций вакуум-фильтра К-S Адрес:
 а — фильтрование или обезвоживание с удлиненным периодом; б — последовательная промывка; в — противоточная промывка (1 — подача суспензии; 2 — вакуумный насос; 3 — насос для откачки фильтрата; 4 — ресивер; 5 — бокс для промывки фильтрующей ленты; 6 — насос для откачки промывной жидкости)

Фильтр может быть снабжен кожухом с приспособлением для отсоса пара или выполнен полностью герметичным.

K-S Gravabelt — гравитационный горизонтальный ленточный фильтр для быstroфильтрующихся суспензий. Длина рабочей части ленты: 1; 1,5; 2; 2,5 или 3 м. Фильтр имеет полиэтиленовые скребки в виде самоочищающихся свободно вращающихся катушек, что существенно повышает скорость обезвоживания. Фильтр снабжен пневмосистемой управления и регулирования натяжения ленты. Срок службы ленты, определяемый прежде всего свойствами исходной суспензии, составляет 2000—3000 ч. На замену ленты требуется менее 1 ч без разборки машины.

Kompress GRS — ленточный фильтр-пресс. В зависимости от требуемого профиля давления и (или) продолжительности обезвоживания фильтр может быть снабжен дополнительными отжимными роликами того же или меньшего диаметра. Для равномерного отжима осадка может быть установлен дополнительный нажимной ролик. Расположение роликов может быть изменено в зависимости от требований заказчика.

Kompress HP — ленточный фильтр-пресс высокого давления для дополнительного отжима предварительно обезвоженного осадка, например, на ленточном фильтр-прессе. Фильтр имеет независимо управляемые отжимные ролики высокого давления.

Фирмой «Komline-Sanderson» выпускаются барабанные вакуум-фильтры Flexibel со сходящим полотном, а также для работы с намывным слоем и фильтры со съемом осадка роликом, шнуром или ножом. Для улучшения съема осадка перед поступлением на нож он отдувается сжатым воздухом.

Для обезвоживания волокнистых суспензий и флокулированных сточных вод предлагается фильтр Coiffilter, представляющий собой комбинацию основных принципов барабанного вакуум-фильтра с конструктивными новшествами и уникальной фильтрующей средой.

Фильтрующая среда состоит из двух слоев спирально навитых пружин. Каждый слой пружин намотан на барабан через систему разгрузочных роликов (рис. 2). Концы каждой пружины соединены патентованными гибкими соединениями. Для предотвращения забивки пружин внутри каждой, из них проложены полиэтиленовые трубки.

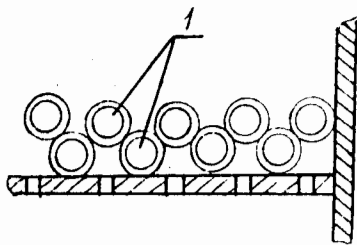


Рис. 2. Фильтрующая среда фильтра Coiffilter:

1 — спиральная пружина

Устройство для выгрузки осадка фильтра Coiffilter состоит из четырех роликов: двух больших и двух маленьких центрирующих. При выгрузке осадка нижний слой спиральных пружин отделяется от верхнего слоя при прохождении вокруг индивидуальных роликов, расположенных на различном уровне, промывается и возвращается на барабан (рис. 3). Осадок, накапливающийся на верхнем слое пружин, отрывается от пружин с помощью ряда зубцов, имеющих на разгрузочном устройстве. Верхний слой также промывается и возвращается на барабан по центрирующему ролику.

Фирма «Komline—Sanderson» является агентом Германской фирмы «BHS—Werk Sonthofen» в Северной Америке и предлагает барабанные фильтры непрерывного действия под давлением BHS FEST этой фирмы.

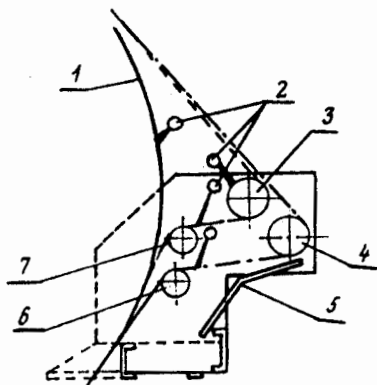


Рис. 3. Схема разгрузочного устройства фильтра Coilfilter:

- 1 — барабан фильтра; 2 — форсунки;
3 — внутренний разгрузочный ролик;
4 — внешний разгрузочный ролик;
5 — съемный щиток; 6 — нижний центрирующий ролик; 7 — верхний центрирующий ролик

ры для воды, способные отделять частицы размером до 100 мкм; Microstrainer — сетчатые фильтры, отделяющие частицы размером до 5 мкм; Sewage Filter — фильтры для шламов и сточных вод, удаляющие крупные частицы размером до 246 мкм. Площадь сеток у фильтров от 4,4 до 22,5 м². Фильтрующей средой фильтров могут быть сетки с размером ячеек от 3000 до 5 мкм.

Схема фильтра гравитационного типа приведена на рис. 4. Цилиндрический ротор вращается в подшипниках с жидкой или вязкой смазкой. Боковая поверхность ротора покрыта сеткой и образует фильтрующий барабан, который приводится в движение от главного вала с ведущей шестерней 1 через зубчатое колесо 2. Барабан вращается с постоянной скоростью 4 об/мин. Подъемные лопатки 4, смонтированные на внутренней поверхности барабана, зачерпывают твердую фазу из суспензии. Жидкость фильтруется через сетку 5 в ванну 6, а твердая фаза транспортируется к разгрузочному желобу 3 и сыпается в него. Сетка промывается с обратной стороны водой, подаваемой через сопла трубы 7, расположенной вдоль барабана, и продувается паром из паропровода 8.

Фильтры данной конструкции хорошо зарекомендовали себя при очистке суспензий с волокнистой твердой фазой, оборотной воды после градирен, а также сточных вод.

Конструктивное отличие фильтра Sewage Filter состоит в выполнении разгрузочного устройства в виде желоба со шнеком, что позволяет при транспортировке осадка по желобу отжимать дополнительное количество воды.

Гравитационные фильтры предлагает специализирующаяся на фильтровальном оборудовании для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) фирма «GNC» («Gottsmann National Corp.») [10]. В частности, фирма выпускает магнитные механические осветлители СОЖ модели 1М

Ячейковый барабан имеет зоны фильтрации, промывки или экстракции, сушки газом или паром. Возможна также непрерывная промывка фильтрующей среды. Перепад давления при фильтровании — 0,31 МПа, толщина отфильтрованного осадка от 6 до 24 мм.

Существуют и другие фирмы-производители фильтровального оборудования, выпускающие оборудование, аналогичное рассмотренному выше.

Представляет интерес и оборудование, имеющее более узкое применение.

Фирма «Hewitt Machine Company» выпускает гравитационные или работающие под давлением самоочищающиеся барабанные фильтры North с внутренней фильтрующей поверхностью [8, 9].

Фильтры North выпускаются в трех исполнениях: Water Filter — филь-

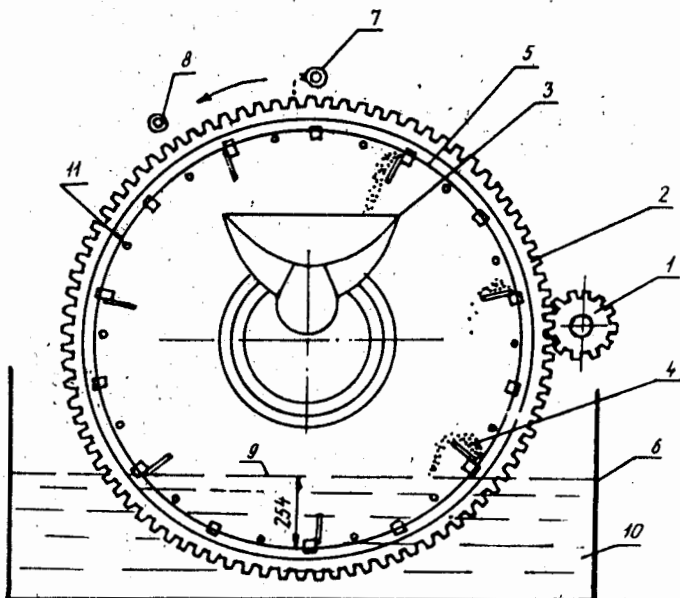


Рис. 4. Схема барабанного фильтра North:

1 — приводная шестерня из чугуна; 2 — зубчатое колесо; 3 — желоб для вывода твердой фазы из барабана; 4 — лопатки для транспортировки твердой фазы; 5 — фильтрующая тонкая сетка; 6 — ванна; 7 — труба для промывной воды со струйными форсунками; 8 — паропровод; 9 — суспензия; 10 — фильтрат; 11 — стяжки

площадью фильтрования от 0,65 до 5,57 м² (ориентировочная производительность от 56,8 до 511 л/мин). Осветлители предназначены для работы в сочетании с вращающимся магнитным барабаном-сепаратором, который монтируется над фильтром (рис. 5).

Загрязненная жидкость проходит через магнитный барабан-сепаратор и поступает на фильтрующую ленту, лежащую на конвейере. Конвейер с лентой провисает в ванну фильтрата. Магнитные загрязнения с барабана выгружаются на загрязненную часть фильтрующей ленты. Жидкость в провисшей части ленты фильтруется в ванну под действием силы тяжести. По мере осаждения загрязнений на фильтрующей ленте суспензия начинает накапливаться в провисшей ее части и поднимать поплавок, соединенный с выключателем. При включении конвейера осадок и фильтрующая лента поступают в сборник, а движущийся конвейер сматывает с рулона свежую ленту. Накопившаяся в провисшей части суспензия фильтруется через чистую ленту; уровень жидкости падает, поплавок опускается и отключает конвейер. Длина фильтрующего материала в одном рулоне составляет приблизительно 228 м.

Фирма «GNC» предлагает также полностью автоматизированные фильтры Mighty Mini небольшой производительности (19, 37 или 57 л/мин), рас-

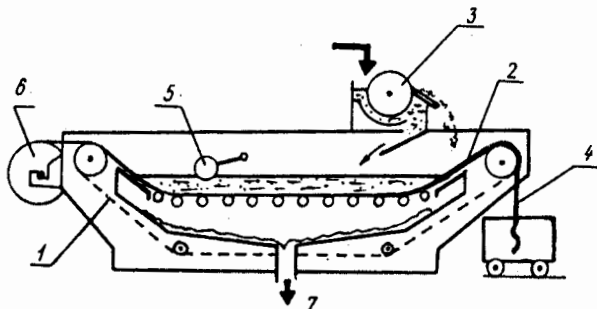


Рис. 5. Схема фильтра модели 1М:
 1 — конвейерная система; 2 — осадок; 3 — магнитный барабан; 4 — отработанный фильтрующий материал с осадком; 5 — поплавок; 6 — рулон фильтрующей ленты; 7 — очищенная СОЖ

считанные на СОЖ с загрязнениями размером 10—30 мкм, а также ряд систем для очистки СОЖ большой производительности для централизованных станций регенерации СОЖ.

Гравитационные фильтры аналогичной конструкции для СОЖ площадью фильтрования до 10 м² предлагает фирма «Sergilco» [14].

Кроме фильтров с гравитационным фильтрованием существуют фильтры, работающие под вакуумом, создаваемым воздушным насосом (рис. 6, а);

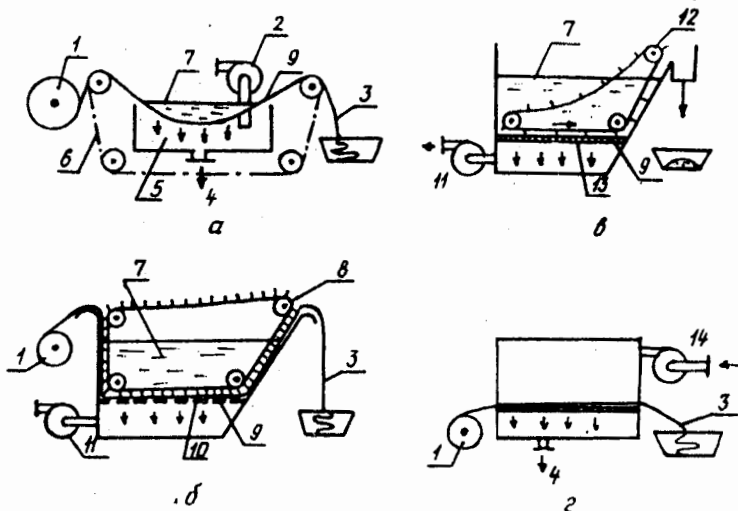


Рис. 6. Варианты фильтров для очистки СОЖ:
 1 — рулон с чистым фильтрующим материалом; 2 — воздушный насос; 3 — отработанный фильтрующий материал; 4 — очищенная жидкость; 5 — вакуумная камера; 6 — транспортер (конвейер); 7 — загрязненная жидкость; 8 — держатель фильтрующего материала и лентопротяжный конвейер; 9 — осадок; 10 — дренажная основа; 11 — гидронасос для откачки очищенной жидкости и создания разрежения; 12 — лопаточный конвейер; 13 — стационарная фильтрующая среда; 14 — нагнетательный насос

под разрежением, создаваемым гидронасосом (см. рис. 6, б); под разрежением, создаваемым гидронасосом при неподвижной фильтрующей перегородке (см. рис. 6, в); под избыточным давлением (см. рис. 6, г) [11, 12].

Компания «Верех Согр.» предлагает другой вид фильтров непрерывного действия — шнековые фильтр-прессы Solidex и S-Press [13].

Фильтр Solidex (9 модификаций) предназначен для обезвоживания различных суспензий с исходным содержанием твердой фазы от 0,5 до 10% при производительности от 0,1 до 13 т сухого осадка в сутки. Фильтр обеспечивает степень обезвоживания, превышающую показатели, достигаемые на обычном фильтровальном оборудовании (центрифуги, вакуум-фильтры, ленточные фильтр-прессы). Отжатый осадок содержит от 20 до 70% твердой фазы. Время пребывания в фильтре — 20—100 мин. Фильтр способен перерабатывать практически все флокулированные суспензии и находит широкое применение.

Фильтр S-Press предназначен для пищевой промышленности и обезвоживания волокнистых материалов. Начальная концентрация суспензии 5—15%, конечная 20—50%, производительность от 4 до 50 т в сутки, время пребывания твердой фазы в фильтре 2—5 мин.

Для повышения степени обезвоживания фирма «Ashbrook-Simon-Hartley» разработала электроакустический пресс EAD, позволяющий удалить из осадка при обезвоживании дополнительно еще около 10% влаги [15]. Принцип действия пресса EAD основан на сочетании воздействия механического давления, электрического тока и ультразвуковых колебаний (рис. 7). Частично обезвоженный механическим способом материал 4 поступает в зону совместного воздействия электрического тока и ультразвука (ультра-звуковой излучатель 8). Происходит дополнительное отделение жидкости 5 от отрицательно заряженных частиц твердой фазы 3 осадка. За счет давления внешней ленты 6 жидкость движется через осадок и пористые ленты по направлению от цилиндрического вращающегося анода 1 с внутренней лентой 2 к катоду 7.

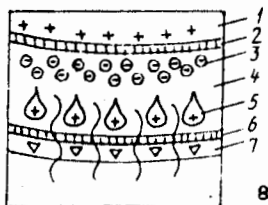


Рис. 7. Схема действия пресса EAD

Фильтры непрерывного действия используются также для удаления механических примесей из жидкостей, транспортируемых по трубопроводам.

Приспособление, позволяющее организовать непрерывное фильтрование (за счет резкого сокращения частоты разборки фильтра), для технических трубопроводов разработано фирмой «Amiad USA». Приспособление Torpedo представляет собой цилиндр с торцами обтекаемой формы (рис. 8), оно легко вставляется в любой фильтр диаметром от 152,4 до 355,6 мм [16].

Размещенное внутри фильтрующего элемента приспособление вызывает увеличение скорости движения жидкости вдоль внутренней поверхности фильтрующей сетки, вынуждая все твердые частицы двигаться вниз по направлению к зоне сбора загрязнений. Вставка создает очень низкое падение давления, и поэтому механические примеси могут удаляться из сборника загрязнений через дренажный патрубок или задвижку. Фирма предлагает снабжать приспособлением Torpedo выпускаемые фильтры.

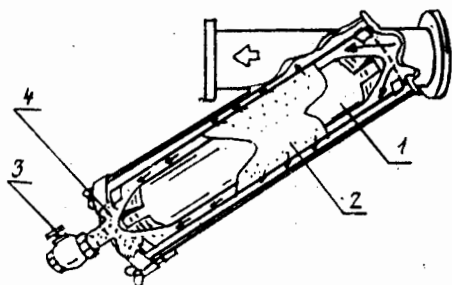


Рис. 8. Схема действий приспособления Torpedo:

- 1 — приспособление Torpedo; 2 — сетка;
3 — задвижка для вывода загрязнений;
4 — сборник загрязнений

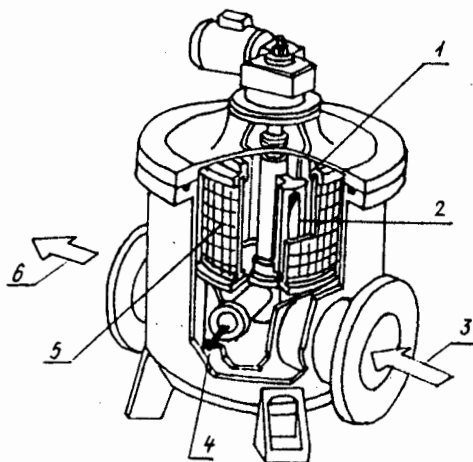


Рис. 9. Общий вид фильтра модели 596:

- 1 — поддерживающее кольцо; 2 — промывное устройство; 3 — вход загрязненной жидкости; 4 — слив промывной жидкости; 5 — фильтрующий элемент; 6 — выход очищенной жидкости

ного на крышке фильтра, медленно вращается на полом валу, который сообщается с атмосферой (рис. 10). Колодка промывного устройства с прорезью находится в непосредственной близости к внутренней стороне сетчатого элемента, вплотную прилегая к вертикальному образующим коллектора фильтроэлемента 3. Ширина сечения прорези равна расстоянию между образующими, в результате чего получается изолированная секция 9. Когда требуется промывка, автоматический клапан открывается и соединяет систему с атмосферой, вызывая высокоскоростной обратный поток жидкости через изолированную секцию фильтроэлемента. Загрязнения смываются

Самоочищающийся фильтр Strain-O-Matic для трубопроводов производится фирмой «Hayward» [17]. В различных вариантах фильтр может работать с трубопроводами диаметром от 6,35 до 1524 мм. Ниже рассмотрены некоторые из конструкций автоматизированного самоочищающегося фильтра Strain-O-Matic.

Фильтр Strain-O-Matic предназначен для непрерывного удаления механических включений из жидкости в трубопроводных системах диаметром от 50,8 до 1524 мм и обеспечивает тонкость фильтрации до 38 мкм.

Общий вид фильтра модели 596 показан на рис. 9. Загрязненная жидкость поступает в фильтр, где за счет большего объема камеры ее скорость понижается. Непрерывный поток движется вверх и проходит в радиальном направлении через уплотненный сетчатый элемент. Механические примеси задерживаются на внутренней стороне сетки, а очищенная жидкость попадает в кольцевой зазор корпуса фильтра и выводится через выходной патрубок.

При обратной промывке используется разность давлений между давлением в трубопроводе и атмосферным давлением. Полное противоположное промывное устройство в виде кронштейна имеет длину, соответствующую высоте сетчатого фильтрующего элемента, и с помощью привода, установлен-

в сетки в промывное устройство и по трубе выводятся из фильтра. Во время обратной промывки основной поток продолжает двигаться в прежнем направлении, таким образом процесс фильтрования непрерывен. После управляющего клапана рекомендуется устанавливать регулирующую задвижку, с помощью которой можно подобрать оптимальный расход промывной жидкости. Промывка может проводиться автоматически либо по достижении заданного перепада давления или через заданные промежутки времени и прекращаться после достижения требуемой чистоты сетки.

Конфигурация и принцип действия фильтров модели 596 LDP (низкий перепад давления) и модели 596 схожи, однако промывное устройство снабжено наружным кронштейном для подачи промывной жидкости, прикрепленным к тому же валу, на котором крепится и обычный (внутренний) промывной кронштейн. Обе части вращаются синхронно (рис. 11).

Внешнее промывное устройство создает направленный поток жидкости через сетку. Давление жидкости во внешней части промывного устройства должно быть как минимум на 0,136 МПа выше давления в системе.

Фирмой «Hayward» предлагаются и другие модели фильтров.

Для сгущения или промывки дисперсной фазы суспензии применяется динамический фильтр фирмы «Artisan» (рис. 12) [18]. Фильтр представляет собой набор стационарных фильтрующих секций в виде колец и размещенных между ними вращающихся дисков с лопатками. Вращением дисков обеспечивается постоянный срыв осадка с фильтрующих поверхностей и перемешивание суспензии в объеме.

Фильтр может использоваться для сгущения сильно разбавленных суспензий с последующим обезвоживанием сгущенной суспензии на обычном фильтре. Постоянная степень сгущения обеспечивается рециркуляцией су-

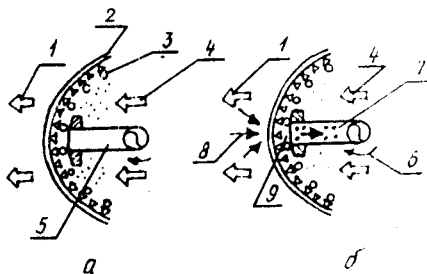


Рис. 10. Схема действия фильтра модели 596: а — цикл фильтрования; б — цикл промывки (1 — непрерывный основной поток жидкости; 2 — сетка; 3 — коллектор-колосник; 4 — поток жидкости с загрязнениями; 5 — вращающееся промывное устройство; 6 — направление вращения; 7 — отсос загрязнений через промывное устройство; 8 — обратный поток; 9 — изолированная секция)

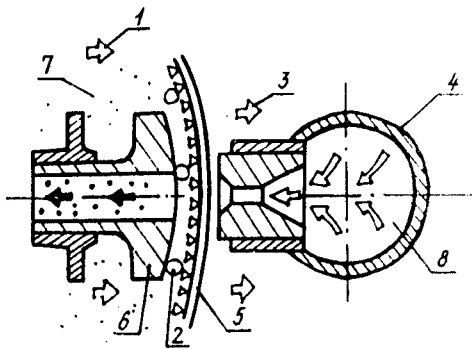


Рис. 11. Фильтр модели 596 LDP с внешней промывкой:

1 — направление основного потока жидкости; 2 — коллектор; 3 — чистая жидкость; 4 — вращающееся внешнее промывное устройство; 5 — фильтрующая сетка; 6 — внутреннее вращающееся промывное устройство; 7 — загрязненная жидкость; 8 — промывная жидкость

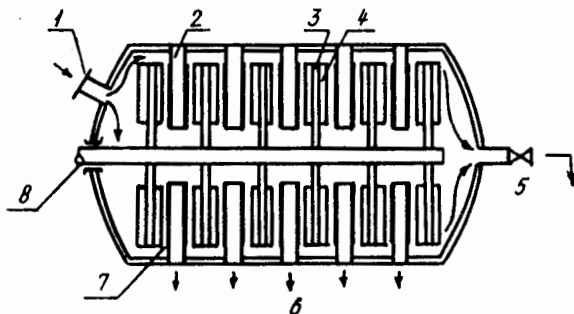


Рис. 12. Схема фильтра-сгустителя:
 1 — вход суспензии; 2 — стационарные фильтрующие кольца; 3 — вращающиеся диски; 4 — лопатки; 5 — выгрузка осадка; 6 — фильтрат; 7 — тонкий слой осадка на фильтрующей ткани; 8 — приводной вал

пензии. Степень сгущения ограничивается реологическими свойствами концентрированной суспензии. На рис. 13 показаны пределы сгущения, обусловленные величиной крутящего момента, выше которого возникает опасность заедания или заклинивания.

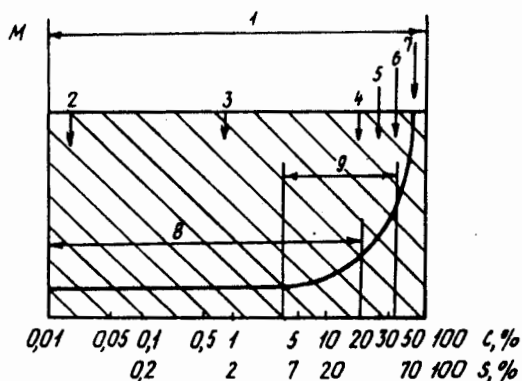


Рис. 13. Зависимость крутящего момента M от объемной S или массовой S концентрации твердой фазы при сгущении суспензии:
 1 — относительный реологический масштаб; 2 — разбавленная суспензия; 3 — «сироп»; 4 — вязкие жидкости; 5 — разбавленная паста; 6 — густая паста; 7 — твердое тело; 8 — фильтр-сгуститель Artisan; 9 — фильтр непрерывного действия Artisan

Фильтр-сгуститель может использоваться в качестве эффективной промывной машины с непрерывным вводом промывной жидкости. Качество промывки осадка определяется остаточным количеством маточной жидкости

в осадке. На рис. 14 иллюстрируются преимущества динамического фильтра-промывателя в сравнении с обычным фильтр-прессом. Стрелка *A* показывает нарастающую разность концентраций вымываемого вещества в фильтрате и в жидкой фазе осадка для фильтр-пресса; стрелка *B* — соответственно разность концентраций в осадке фильтр-пресса и фильтра Artisan.

Рабочее давление в фильтре-сгустителе составляет 1,5—2 МПа, в фильтре непрерывного действия Artisan — до 2 МПа, площадь фильтрования: 0,28; 1,39; 6 и 18,56 м².

Типичные результаты, достигаемые на фильтре описанной выше конструкции, следующие: желтый пигмент — входная концентрация 4%, конечная — 25%; каолин — соответственно 30 и 68%; карбонат кальция — соответственно 30 и 60%.



Рис. 14. Типичная зависимость концентрации \bar{c} маточного вещества в жидкости от времени промывки: 1 — концентрация в жидкости осадка фильтр-пресса; 2 — концентрация в фильтрате или в жидкости осадка фильтра Artisan; 3 — концентрация в фильтрате фильтр-пресса

ФИЛЬТРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Фильтры периодического действия составляют значительную долю производимого в настоящее время фильтровального оборудования. Одним из наиболее распространенных типов этого оборудования являются фильтр-прессы.

Фильтр-прессы отличаются как по конструктивным и технологическим признакам, так и по используемым при их изготовлении конструкционным материалам. Можно выделить две группы фирм, продающих фильтр-прессы: фирмы-изготовители оборудования; фирмы, занимающиеся адаптацией стандартных фильтр-прессов под конкретный процесс.

Ниже рассмотрены некоторые фирмы-производители данного вида оборудования.

Фирма «EIMCO» наряду с разнообразным фильтровальным оборудованием непрерывного действия производит фильтр-прессы Shriver плиточные и камерные [19]. За 80 лет фирмой установлено в различных отраслях промышленности около 30 тыс. единиц фильтр-прессов.

Фильтр-прессы с боковым расположением несущих балок выпускаются шести модификаций: от FB-470 (размер плит 450×450 мм, объем камеры $4,25 \cdot 10^{-3}$ м³, количество камер до 20) и до FB-1200 (количество камер до 100, размер плит 1000×1000 мм, объем камеры 0,034 м³).

Фильтр-прессы с верхним расположением несущих балок имеют четыре модификации. Фильтр-пресс FBOH-1200 наименьшего размера имеет до 100 камер при объеме одной камеры 0,034 м³ и размере плит 1000×1000 мм.

Наибольший по размерам фильтр FВОН-3000 может иметь до 175 камер при объеме камеры 0,147 м³ и размере плит 2032×3048 мм.

Фильтры выпускаются на стандартное рабочее давление 0,68 МПа, высокое — 1,5 МПа, в специальных случаях рабочее давление может достигать 4 МПа.

Конструкции фильтр-прессов предусматривают обезвоживание осадка продувкой воздуха или с помощью отжимных мембран. В качестве конструкционного материала камер обычно используют полипропилен, кайнар, углеродистую сталь, полиэфирную пластмассу, армированную стекловолокном, чугуном, нержавеющей сталью. Материал отжимных мембран — полипропилен и резина. Как правило, фильтр-прессы оснащены зажимными устройствами с пневмо- или гидроприводом.

В зависимости от габаритных размеров фильтра и условий эксплуатации фирма предлагает устройства для перемещения плит пяти типов:

Hydroshift — цилиндр двойного действия для фильтров с короткими штабелями камер;

Univatic — устройство с ручным управлением, позволяющее работать одному рабочему вместо двоих;

ALP — полностью автоматизированное челночное устройство для фильтров с плитами больших размеров и длинными штабелями;

Multi-Shift — полуавтоматизированное устройство ALP для одновременного перемещения 3—5 плит;

Shrivermatic — автоматическое или полуавтоматическое пневматическое устройство для фильтров с полипропиленовыми плитами.

Фирма «Dugco» выпускает фильтр-прессы нескольких конструкций [20]. В частности, специально спроектированные для разделения больших объемов суспензий фильтры Quadra Pro с верхним расположением несущих балок и механизма для перемещения плит с гидроприводом и электронным управлением, электронно-пневматическим зажимным устройством, электронной системой управления и полипропиленовыми плитами. Фильтр рассчитан на рабочее давление до 1,55 МПа, общий объем камер фильтра от 0,25 до 7,1 м³ при количестве камер от 18 до 137. Фильтр может иметь различное исполнение: плиточно-рамное; с мембранными камерами или с камерами, имеющими уплотнение по периметру.

Той же фирмой выпускается малогабаритный фильтр Eсоно Pro с пневмо- или гидромеханическим зажимным устройством. Достоинствами фильтра являются полипропиленовые плиты (низкой массы), встроенный блок управления, поставка потребителю фильтра в собранном виде после заводских испытаний и сертификации. Общий объем камер от 0,014 до 2,86 м³ при количестве камер от 4 до 85.

Для обезвоживания шламов сточных вод и других суспензий фирма «Zimpro/Passavant» (член «The Ventures Group») предлагает фильтр-прессы [21]. Фильтры снабжены механизмами для перемещения плит, промывки фильтрующей ткани, а также оборудованием для создания намытого слоя. Рабочее давление в фильтрах Passavant до 2,04 МПа, что, по утверждению фирмы, служит снижению влажности осадка на 20% по сравнению с центрифугой или ленточным фильтр-прессом, что позволяет перевозить полученный осадок в обычном грузовом автомобиле с открытым кузовом. За счет установки дополнительных плит может быть увеличена площадь фильтрования.

Результаты применения фильтр-прессов Passavant приведены в табл. 3, а стандартные конструктивные параметры этих прессов даны в табл. 4. Пли-

Таблица 3

Результаты применения пресс-фильтра Passavant

Суспензия	Концентрация ТФ в суспензии, %	Химические реагенты, % к ТФ	Время фильтрации, мин	Степень извлечения ТФ, %	Содержание ТФ в осадке, %
Обработка поверхностных вод	2—3	Известь 25	150—180	>95	30—35
Поверхностные воды	4—8	Известь 15	90—120	99	35—50
Поверхностные воды, умягченные известью	6—10	—	45—90	>90	50—70
Отработанные электролиты гальванических производств, содержащие гидрооксиды	2—6	—	120—210	>95	30—50
Угольные суспензии	25—40	—	45—75	99,9	70—80
Суспензии из мокрых скрубберов очистки отходящих газов различных производств	5—15	—	45—90	99	50—80
Стальная окалина сталеплавильных заводов и горячей обработки металлов	15—25	Известь 5	45—75	99	70—85
Легучая зола и зольные шламы	15—30	—	30—60	99,9	70—85
Суспензия глины	20—30	—	60—120	99	65—70
Промышленные биосуспензии	2—6	Трехвалентное железоб и известь 20	120—180	99	30—50
Цементные суспензии	60—70	—	20—60	99,9	80—90

Примечание. ТФ — твердая фаза.

Таблица 4

Конструктивные параметры фильтр-прессов Passavant

Модель пресса	Тип рамы	Размер плит, мм	Материал плит	Перемещение плит	Максимальное количество камер	Толщина осадка, мм	Максимальный объем, м ³	Максимальная площадь, м ²
470SP	Б	470×470	П	Р/А	40	30	0,187	13,7
6SP	Б	630×630	П	Р/А	70	30	0,61	41,6
8SP	Б	800×800	П	Р/А	80	30	1,19	80,4
10SP	Б	1000×1000	П	Р/А	80	30	1,95	129
12SP	Б	1200×1200	П	А	120	30	3,93	280
12P	Пд	1200×1200	П	А	120	30	3,93	280
12	Пз	1200×1200	Ч	А	163	30	5,86	391
15SP	Б	1500×1500	П	А	100	30	5,46	364
64	Пд	1626×1626	Сталь	А	150	30	7,98	565
15	Пд	1500×1500	Ч	А	162	30	9,68	648
20	Пд	2000×2000	Ч	А	200	30	21,56	1442
22,5	Пд	2250×2250	Ч	А	170	30	22,89	1531

Примечание: Б — рама с боковыми опорными балками, Пд — с верхней подвеской плит; П — материал плит — полипропилен; Ч — высокопрочный чугун; Р — ручное перемещение плит; А — автоматическое.

ты размером до 1500×1500 мм могут быть изготовлены с отжимными диафрагмами. В специальном герметизированном варианте фильтра плиты выполнены с уплотнением по периметру. Зажимное устройство может быть как гидравлическим, так и пневматическим.

Фильтры с плитами размером более 1200×1200 мм снабжены автоматическим промывочным устройством, смонтированным на П-образной раме вместе с устройством для перемещения. Устройство перемещается по верхней балке фильтра и перемещает трубу, промывающую плиты, расположенные по ходу движения. Необходимое для эффективной промывки давление составляет 10,2 МПа. Для безопасности обслуживающего персонала на фильтре предусмотрена световая завеса (инфракрасный датчик).

Управление фильтрами Passavant ведется с пульта вручную, в полуавтоматическом или автоматическом режиме.

При управлении вручную предусмотрен индивидуальный контроль за всеми составляющими операциями с помощью выключателей.

В полуавтоматическом режиме все составляющие операции группируются по следующим операционным подциклам: кондиционирование суспензии, намыв фильтрующего слоя, фильтрование, промывка осадка и его выгрузка. Запуск каждого подцикла осуществляется нажатием кнопки и далее идет автоматически до завершения. Об окончании подцикла оператор извещается визуальным или звуковым сигналом. Одновременно включается блокировка для предотвращения одновременного или непоследовательного осуществления подциклов.

В автоматическом режиме система операций запускается с помощью кнопки и процесс ведется автоматически в течение всего цикла. С помощью переключателя режима работы система управления может быть переведена в полуавтоматический режим.

Разнообразные фильтр-прессы выпускает фирма «Netzch Inc.» (головная фирма — Германская фирма «Netzch-Filtrationstechnik» [22]:

плиточно-рамные фильтр-прессы для тонкого фильтрования суспензий с низкой концентрацией (толщина слоя осадка зависит от свойств суспензии и может быть 10—80 мм); образующийся осадок имеет идеальные параллельные поверхности контакта, что позволяет обеспечивать оптимальные условия для его промывки; в фильтре высокий уровень механизации, предусматривающий устройства для передвижения плит и выгрузки осадка;

камерные фильтр-прессы для высококонцентрированных суспензий (толщина осадка 10—50 мм); рабочее давление может быть 0,8; 1,5; 2 или 6 МПа; снабжены устройствами для автоматического или ручного перемещения плит, для растяжения ткани при автоматической выгрузке осадка, для автоматической промывки осадка; фильтры имеют сборник утечек, световую завесу и систему для кислотной обработки ткани;

камерные фильтр-прессы с отжимными диафрагмами.

Оборудование адаптируется к индивидуальным потребностям заказчика и может иметь максимальный размер плит фильтр-пресса 2000×2000 мм. Более полные сведения о фильтрах Netzch даны в работе [6].

Фирмой «Ertel» для пищевой, химической и фармацевтической промышленности выпускаются фильтр-прессы и фильтрующие материалы к ним (листовой фильтрующий материал, в том числе с адсорбционными свойствами) [23]. Преимущественно это порտативные плиточно-рамные фильтр-прессы, хотя у некоторых из них площадь фильтрования достигает 72,5 м².

Выпускаемые фирмой фильтры External-Flo имеют вынесенные за пределы фильтрующей зоны каналы подвода суспензии и отвода фильтрата, что

исключает трудоемкие операции выполнения вырезов для каналов в фильтрующих салфетках и их последующей правильной установки в фильтре. Расположение каналов для подвода суспензии и отвода фильтрата в плите для фильтра в обычном исполнении и в фильтре External-Flo показаны на

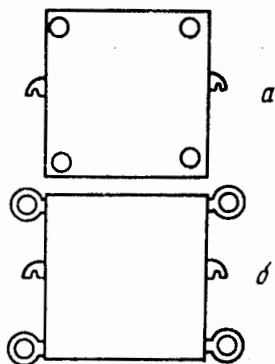


Рис. 15. Расположение каналов в обычных плитах (а) и в плитах фильтра External-Flo (б)

рис. 15. Данная конструкция плит позволяет увеличить площадь фильтрования при тех же размерах плит и обеспечить быструю замену фильтрующих салфеток при разборке фильтра. Фильтр имеет автоматический зажим с контролем зажимного давления в ходе всего цикла фильтрования. Потребителю предлагается десять типоразмеров фильтров с площадью фильтрования от 18,2 до 72,5 м² (объем пространства для осадка до 1,82 м³). Все основные элементы фильтра полированные, что позволяет его стерилизовать.

При необходимости один фильтр может быть использован для двойного (двукратного) фильтрования, с этой целью фильтр делится с помощью плиты на две секции (рис. 16). Плита может быть установлена в любом месте фильтрующей зоны и фактически в одном корпусе работают последовательно два фильтра.

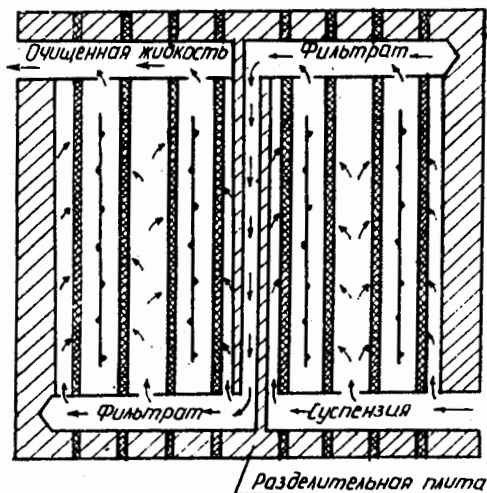


Рис. 16. Схема потоков при двойном фильтровании с использованием разделительной плиты

Для работы с веществами, представляющими опасность для обслуживающего персонала, та же фирма предлагает фильтр-пресс Vapor-Master (площадь фильтрования 3,34—11,34 м²), снабженный герметизирующей

крышкой, приводимой в движение гидроцилиндром. При использовании в качестве фильтрующей среды нетканых материалов, на выходе фильтра предусмотрен керамический фильтр, предотвращающий вынос с фильтратом волокон, вымываемых из фильтрующего материала.

Фирмой «Ertel» выпускаются и мобильные фильтрующие установки на тележках с наборами фильтрующих дисков (рис. 17), а также малые лабораторные фильтры.

Портативные фильтр-прессы с объемом камер от 0,017 до 1,4 м³ предлагает фирма «Sergis». Ряд других фирм, производящих фильтр-прессы, приведены в списке фирм-изготовителей (приложение).

Фильтровальное оборудование довольно часто включается в состав передвижных модулей для очистки жидкостей. Например, передвижные системы для обезвоживания городских и промышленных сточных вод в виде модуля (рис. 18) производятся фирмой «K-F Environment Technologies Inc.» [24]. В зависимости от назначения система может быть оснащена лен-

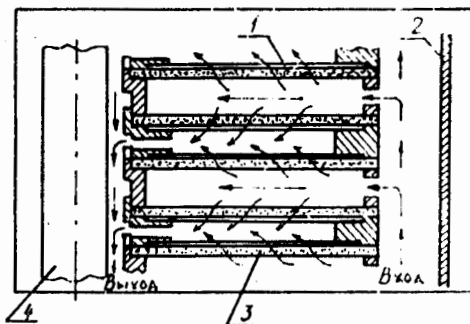


Рис. 17. Разрез фильтра с фильтрующими дисками:
1 — опорная сетка; 2 — внешняя стенка;
3 — фильтр; 4 — шпindel

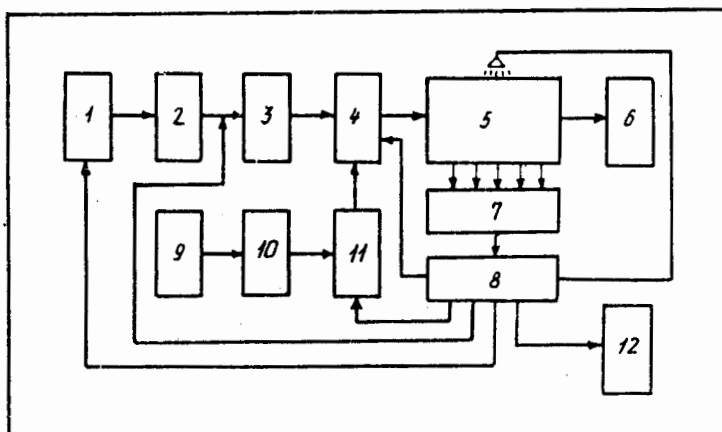


Рис. 18. Схема мобильной системы для обезвоживания сточных вод:
1 — емкость для суспензии (шлама); 2 — устройство для измельчения (рубки); 3 — расходомер; 4 — емкость для флокулирования; 5 — обезвоживание осадка; 6 — разгрузчик осадка; 7 — емкость для распыления воды; 8 — реактор для обработки распыленной воды; 9 — емкость с обезвоженным полимером; 10 — промежуточная емкость; 11 — дозатор полимера, смеситель; 12 — выгрузка очищенной воды

точным, камерным или мембранным фильтр-прессом или декантатором, в результате чего обеспечиваются оптимальные эффективность и экономичность системы. Вода после фильтрования содержит 20 мг/л примесей, что соответствует стандарту для канализационной воды, сбрасываемой в реки. Совмещение операций дробления и рубки минимизирует время разрушения органических остатков. Специальный смеситель для флокулянта обеспечивает автоматическое оптимальное дозирование добавки в зависимости от состава и расхода суспензии. Кроме того, система снабжена насосами, позволяющими откачивать донные илы из бассейнов и прудов без взмучивания.

Ленточный фильтр-пресс в модуле рекомендуется использовать для бытовых и промышленных сточных вод, он обеспечивает содержание твердой фазы в осадке от 25% (бытовые сточные воды) до 80% (волоконистые материалы). Для промывки ленты используется фильтрат, что не требует дополнительного расхода воды.

Рассмотрим и другие виды фильтров периодического действия.

Фирма «Kornline-Sanderson» (агент Германской фирмы «BHS Werk Sonthofen») предлагает на рынке США дисковые фильтры, работающие под давлением с вибрационной выгрузкой осадка фирмы «BHS» [25].

Фильтр имеет пакет горизонтальных дисков, зафиксированных на полой центральной штанге, через которую отводится фильтрат. Фильтрующей является верхняя сторона дисков. Осадок после промывки и сушки стряхивается с дисков или сталкивается за счет колебательных движений пакета дисков. Фильтр снабжен внешней рубашкой для теплоносителя (рис. 19).

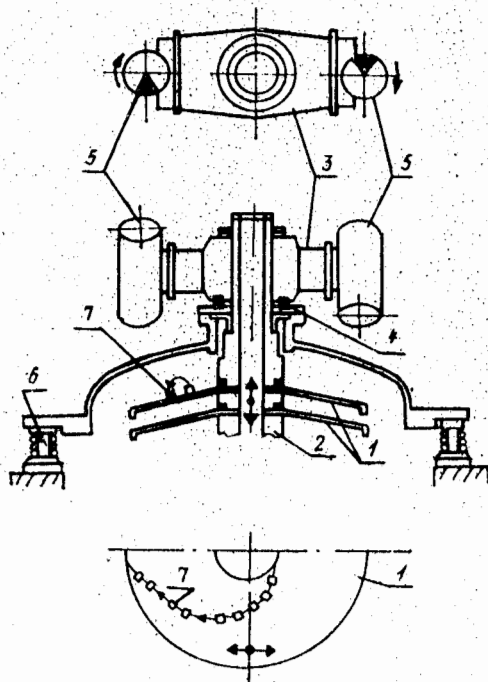


Рис. 19. Схема устройства для удаления осадка с пакета фильтрующих дисков

Удаление осадка с дисков производится следующим образом. Пакет дисков 1 с полый штангой 2 и приводное коромысло 3 установлены на эластичном кольце 4. Два несимметрично расположенных двигателя 5 смонтированы под небольшим углом к коромыслу 3 и работают синхронно со смещением масс на 180°. Работающие двигатели сообщают пакету дисков колебательные движения в вертикальном направлении и вокруг вертикальной оси. В результате осадок 7 отрывается от дисков, движется к внешнему краю дисков и осыпается в нижнюю коническую часть фильтра, откуда выгружается. Кольцо 4 гасит вращательные колебания, поэтому они воздействуют только на пакет дисков и не передаются корпусу. Вертикальные колебательные движения, которые частично передаются корпусу фильтра, способствуют выгрузке осадка из конической части корпуса. Колебания корпуса гасятся виброопорами 6. Для защиты пакета дисков от колебаний с критической амплитудой оба электродвигателя снабжены тормозами.

Достоинства данной конструкции фильтра: возможность выгрузки сухого, пастообразного или тиксотропного осадка, причем осадок с дисков падает на дно фильтра, и нет необходимости в повторном удалении его со стенок корпуса; отсутствуют вращающиеся массы; на фильтровальную ткань действуют малые силы, что позволяет использовать текстильные ткани; возможность очистки ткани посредством заполнения корпуса жидкостью и применения вибрации; низкие энергозатраты (около 3 кВт для фильтра с площадью фильтрования 45 м²).

Для уменьшения остаточного объема суспензии в нижнюю горловину корпуса могут устанавливаться дополнительные фильтрующие элементы (диски и т. п.). Почти полное дофильтровывание обеспечивается установкой на нижнем фланце корпуса фильтрующего цилиндра, который при необходимости может быть установлен и во время эксплуатации фильтра (рис. 20).

Дисковые фильтры работают в периодическом режиме, последовательно выполняя ряд операций. На рис. 21, в качестве примера показана схема фильтровальной установки, а в табл. 5, циклограмма фильтрования с использованием намывного слоя.

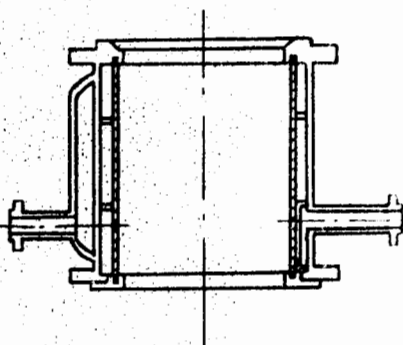


Рис. 20. Фильтрующий цилиндр для дофильтровывания суспензий в нижней части фильтра

Техническая характеристика фильтров ВНС

Диаметр диска, мм	760	1010	1440
Количество дисков	4—12	7—30	16—30
Площадь фильтрования, м ²	1,6—6	5,5—23	24—45
Диаметр корпуса, мм	1000	1300	1800
Площадь дофильтровывания, м ²	0,25	0,25	0,4

Установка может работать в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах с применением системы управления с программируемым микропроцессором. Для контроля, ввода и проверки программ предусмотрен дисплей и принтер.

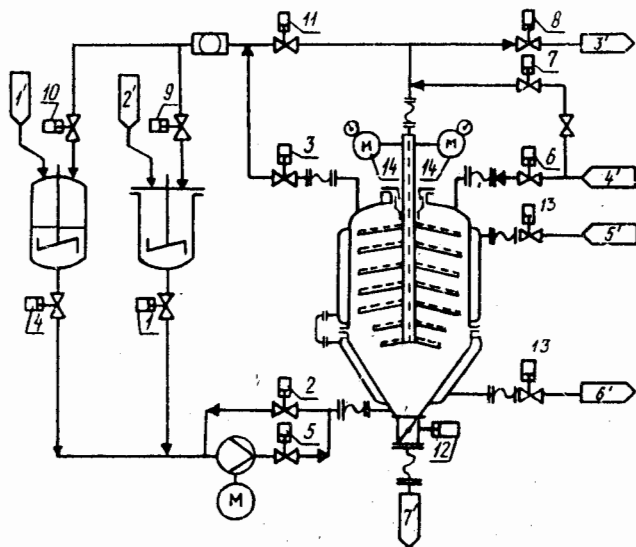


Рис. 21. Схема фильтровальной установки:
 1' — суспензия; 2' — вспомогательное вещество для намыв-
 ного слоя; 3' — фильтрат; 4' — сжатый воздух; 5' — пар;
 6' — конденсат; 7' — выгрузка осадка

Таблица 5

Наименование	Позиция (см. рис. 21)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Заполнение	X		X		X				X					X	
Нанесение намывного слоя	X				X			X			X			X	
Загрязненная жидкость				X	X					X				X	
Очищенная жидкость				X	X			X		X				X	
Выходной канал		X		X		X		X							
Отдувка					X			X							
Сброс давления			X							X					
Выгрузка			X				X					X			X

Фильтровальные установки с одним и более фильтрами обычно поставляются совместно с вспомогательным оборудованием и насосами. При монтаже установки требуется только присоединить подводящие и отводящие коммуникации.

Дисковые вертикальные или горизонтальные фильтры Idrex с щеточным устройством для съема осадка — один из видов продукции фирмы «Zimpro/Passavant» [26].

Отличительные особенности фильтров Idrex: очистка дисков с помощью щеток, что максимально автоматизирует работу фильтра и позволяет прод-

левать срок службы фильтрующей среды; герметичность корпуса на всех операциях цикла, что защищает обслуживающий персонал, продукт и окружающую среду; полусухая или со смывом выгрузка осадка, позволяющая выводить твердую фазу без открывания фильтра.

Фильтр Idrex работает с намывным слоем вспомогательного фильтрующего вещества. Щетки выполняются из нержавеющей стали, установленные стационарно они удерживаются напротив фильтрующих дисков во время их медленного вращения при выгрузке осадка или регенерации. В результате взаимодействия щетки с поверхностью дисков удаляются загрязнения и предотвращается закупорка пор фильтрующей поверхности.

На рис. 22 дана схема горизонтального фильтра Idrex, который работает следующим образом.

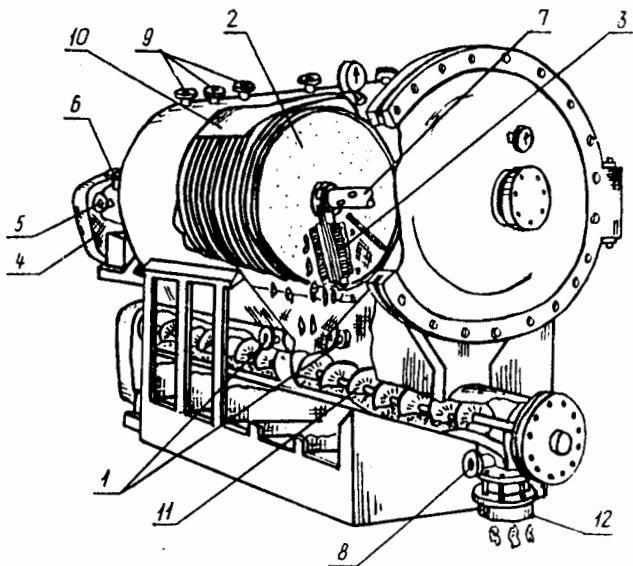


Рис. 22. Схема горизонтального фильтра Idrex

Сначала фильтр заполняют маточной жидкостью через входной штуцер 1 с коллектором для равномерного распределения жидкости в фильтре. В течение цикла заполнения фильтрующие диски 2 вращаются от привода 4 со скоростью 1,5 об/мин, а щетки 3 чистят и моют фильтровальную ткань. Вращение дисков осуществляется только во время цикла очистки.

После этого начинается намыв вспомогательного фильтрующего слоя при циркуляции суспензии через фильтр (штуцер 5 выхода жидкости) до полного осаждения вспомогательного вещества на дисках. Затем наступает период фильтрования, в ходе которого маточный раствор насосом подается в фильтр, где твердая фаза из раствора задерживается на фильтрующей среде. Продолжительность фильтрования зависит от размеров фильтра, скорости потока и количества твердой фазы. Фильтрат проходит через фильтрующую среду и покидает фильтр через полый вал 7 и штуцер 6.

После завершения фильтрования фильтр опорожняется через штуцер 8, а осадок на дисках сушится инертным газом и (или) паром, подводимым через штуцер 9 и распределяемым в фильтре отражательной перегородкой 10. Осадок удаляется с помощью щеток. При вращении дисков счищаемый полусухой осадок падает в шнековый транспортер 11 и удаляется из фильтра через дроссельную заслонку 12.

Все операции автоматизированные. Щетки могут быть прямые или изогнутые в зависимости от расположения дисков: вертикального или горизонтального. Фильтры находят применение в самых различных отраслях промышленности: пивоваренной, нефтехимической, сахарной, фармацевтической и др.

Листовые и трубчатые фильтры выпускаются фирмой «Dugco» («The Dugon Company, Inc.»). Оборудование снабжается автоматической или полуавтоматической системой управления, в том числе с программируемыми контроллерами.

В листовых фильтрах с вертикальным корпусом и горизонтальными листами фильтрующей является только верхняя поверхность листов. Основные параметры листовых фильтров, работающих под давлением, даны в табл. 6 (где тип N соответствует предельному случаю — одна фильтрующая поверхность, то есть нутч-фильтр). Рабочее давление фильтров — 2,68 МПа.

Листовой фильтр с горизонтальным корпусом и сухой выгрузкой осадка типа ДНС имеет корпус на роликах, откатываемый по раме, и байонетный затвор с гидроприводом. Соединения, требующие разъема при отводе корпуса фильтра, отсутствуют. Аналогичные характеристики имеет фильтр типа НС с мокрой выгрузкой осадка.

Листовой фильтр с вертикальным корпусом и горизонтальным расположенным листов снабжен устройством для смыва осадка в виде центрального полого вала с форсунками, поворачиваемого при помощи привода.

Фирма «Dugco» выпускает также реактор-фильтр [20], в котором процессы смешения, перемешивания и реакционные процессы совмещаются в одном аппарате с фильтрованием под вакуумом или давлением. В качестве фильтрующего материала могут использоваться мембраны, сетки или ткани.

Широко представлены на рынке США трубчатые, патронные и мешочные фильтры, а также фильтры-стрейнеры для трубопроводов. Это можно объяснить простотой конструкции и компактностью фильтров, а также наличием широкого ассортимента сменных фильтрующих элементов, с помощью которых можно подобрать требуемую эффективность очистки и пропускную способность фильтра.

Фирмой «Dugco» выпускается ряд трубчатых фильтров [20], общий вид которых показан на рис. 23.

В зависимости от модификации, трубчатые фильтры Dugco устанавливаются в системах с расходом жидкости от 0,2 до 704 м³/ч. В систему могут легко устанавливаться дополнительные фильтры. Съемный фильтрующий элемент делает фильтры простыми и удобными в обращении.

Фильтр модели ТЕ-1 представляет собой единственный фильтр площадью от 0,055 до 0,383 м² для гидросистем с расходом жидкости от 0,2 до 68 м³/ч.

Фильтр модели ТЕ-2 — система из двух фильтров, а фильтр ТЕ-3 состоит из трех фильтров площадью фильтрования 0,474—5,364 м² и производительностью 23—704 м³/ч.

Таблица 6

Основные параметры листовых фильтров

Конструктивный параметр	Основные детали	Вертикальный корпус			Горизонтальный корпус		
		Тип V	Тип DV	Тип VH	Тип N	Тип HC	Тип DHC
Максимальная площадь фильтрования, м ²		88,3	39,9	19,21	2,6	148	148
Максимальный объем осадка, м ³		1,1*	1	0,48	0,065	3,76	3,76
Способ герметизации корпуса	Болты Байонетный затвор	X	X	X	X	X	X
Фильтрующая перегородка	Открываемая крышка или днс	X	X	X	X	X	X
	Металлическая сетка	X	X	X	X	X	X
Конструкция ввода	Бумага	X	X	X	X	X	X
	Обойная перегородка	X	X	X	X	X	X
Конструкция вывода фильтрата	Внутренний распределитель	X	X	X	X	X	X
	Обыкновенная гребенка	X	X	X	X	X	X
	Внешняя гребенка	X	X	X	X	X	X
	Секционированная гребенка	X	X	X	X	X	X
Верхняя или передняя крышка	Другое						
	Эллиптическая	X	X	X	X	X	X
	Плоская	X	X	X	X	X	X
	Коническая	X	X	X	X	X	X
Устройство для подъема верхней или нижней крышки	Плоская	X	X	X	X	X	X
	Противосек	X	X	X	X	X	X
	Шарнир и рычаг	X	X	X	X	X	X
	Подъемный кронштейн	X	X	X	X	X	X
	Гидравлический плунжер	X	X	X	X	X	X

Конструктивный параметр	Основные детали	Вертикальный корпус					Горизонтальный корпус		
		Тип V	Тип VD	Тип VH	Тип N	Тип HC	Тип DHC		
Сухая выгрузка осадка	Вибратор		X		X		X		X
	Ручная		X		X		X		X
Мокрая выгрузка осадка	Импульсный смыв	X						X	
	Смыв пульсирующей струей	X					X	X	
Рубашка	Смыв струей жидкости	X					X	X	X
		X	X	X	X		X	X	X

Примечание. * — данные для осадка толщиной 38 мм; остальные данные для осадка толщиной 25,4 мм.

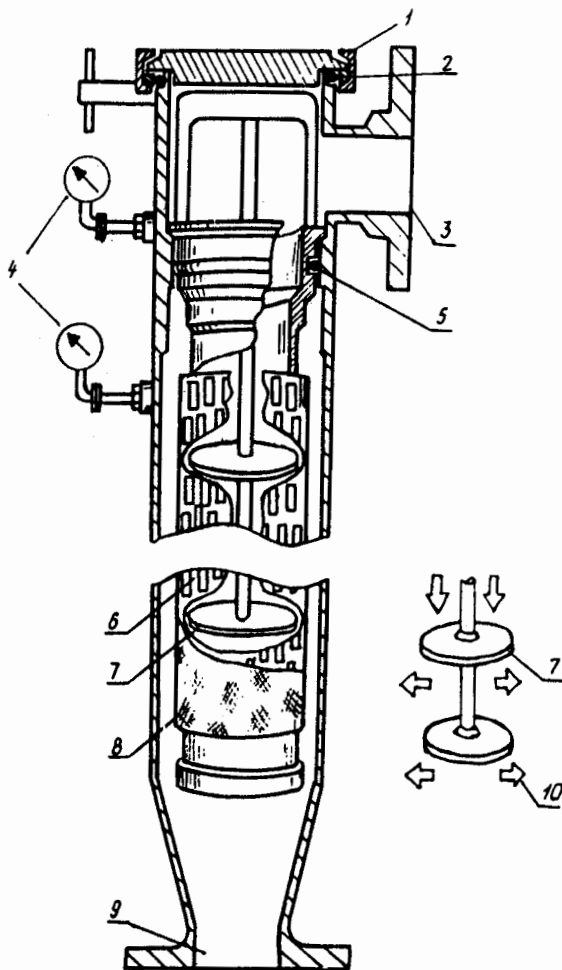


Рис. 23. Схема трубчатого фильтра:

1 — фланцевая крышка или быстроткрываемый затвор; 2 — кольцевое уплотнение гарантирующее герметичность до давления 1,378 МПа; 3 — выход; 4 — манометры для измерения давления на входе и выходе; 5 — кольцевое уплотнение, гарантирующее предотвращение байпаса при перепаде давления до 1,03 МПа; 6 — повторно используемый фильтроэлемент, который может быть легко очищен стандартной обратной промывкой, импульсной промывкой или вручную; 7 — диффузор (необязательный элемент) устанавливается при обратной промывке; 8 — сменная фильтрующая среда (полипропилен, нейлон, дакрон, тефлон и др.), задерживающая частицы размером от 1 мкм до 4,76 мкм; 9 — вход; 10 — направление движения промывной жидкости при наличии диффузора

Возможны три варианта регенерации фильтров обратной промывкой.

1. Внутренняя промывка, когда регенерация осуществляется за счет обратного тока фильтра.

2. Внешняя промывка применяется, когда расход и давление продукта недостаточны для применения внутренней промывки или когда продукт ценный, либо слишком опасный для использования в качестве промывной жидкости. В этом случае устанавливаются дополнительные коммуникации для подвода промывной жидкости. Этот метод промывки позволяет получить постоянный расход продукта на выходе и минимизирует его потери.

3. Импульсная обратная промывка обеспечивает эффективную регенерацию при минимальном расходе жидкости. При таком способе регенерации в фильтре выше выходного патрубка предусматривают колпак, заполненный газом (воздухом). Переключая фильтр на регенерацию закрывают выходной клапан. Насос в это время продолжает подавать суспензию в фильтр и нагнетать фильтрат в колпак. Жидкость сжимает газ или воздух в колпаке до тех пор, пока не будет достигнуто заданное давление, после чего закрывают входной клапан и быстро открывают дренажный. В результате расширения сжатого воздуха жидкость с большой скоростью движется через фильтроэлемент в направлении обратном фильтрованию, обеспечивая эффективную регенерацию.

Для интенсификации промывки внутри фильтрующего элемента рекомендуется устанавливать диффузор в виде дисков, надетых на ось (см. рис. 23, позиция 7). Диффузор рекомендуется использовать при внутренней или внешней промывке для уменьшения расхода и давления промывной жидкости. Действие диффузора заключается в возбуждении внутри фильтроэлемента вихрей, которые создают поток жидкости как вдоль, так и поперек элемента, тем самым улучшая регенерацию.

Фильтры обеспечиваются автоматической системой управления, а в специальных случаях трубчатые фильтры футеруются защитным фторопластовым покрытием.

Аналогичное оборудование, но в более широком рабочем диапазоне и ассортименте производит фирма «Michigan Dynamics Inc.» [27], имеющая более чем столетний опыт производства. Фирма предлагает одноэлементные (трубчатые) многокорпусные системы с количеством корпусов от двух до шести, площадью фильтрования от 0,37 до 2,22 м² и внутренней обратной промывкой. Кроме того, фирма производит многокорпусные многоэлементные системы с внутренней обратной промывкой или с внешней обратной промывкой. Параметры фильтрующих систем: количество фильтрующих элементов в одном корпусе от четырех до семи; количество корпусов в системе от четырех до двенадцати; площадь фильтрования от 2,97 до 31,2 м²; рабочее давление до 6,8 МПа.

Системы работают при расходе жидкости от 3,7 до 75700 л/мин, температуре до 538°С и обеспечивают извлечение частиц размером до 3 мкм и более. Фильтрующий материал выбирается в зависимости от свойств суспензии и технологических требований. Фильтры могут работать с коррозионно-активными и токсичными жидкостями.

Система снабжена автоматикой, позволяющей проводить последовательную промывку фильтров. Продолжительность промывки каждого фильтра можно изменять в пределах от 5 до 60 с.

Кроме этого, фирма «Michigan Dynamics» выпускает малогабаритные фильтры с быстрозаменяемыми фильтроэлементами Duparoge [28]. Фильтры с одним фильтрующим патроном или складчатым элементом открытого

типа имеют легко устанавливаемый фильтроэлемент, монтируемый в корпус фильтра вместе с крышкой. Рабочее давление в фильтре до 2 МПа, для складчатого фильтроэлемента закрытого типа рабочее давление — 3,4 МПа.

Фильтрующие элементы из материала Duparoge производятся самой фирмой. Например, складчатые фильтроэлементы изготавливают из проволочной ткани и (или) матов из металлических волокон, проложенных между двумя жесткими слоями материала Duparoge и присоединенных к последним диффузионным способом. Слои материала Duparoge служат подложкой, а также для равномерного распределения потока и защиты от механических повреждений. Такая конструкция обеспечивает работоспособность элемента до 315°C, тонкость фильтрования от 2 до 230 мкм и гарантирует полную регенерацию фильтроэлемента.

Слонстый фильтрующий материал Duparoge выполняется из одного или более слоев проволочной ткани и (или) перфорированных листов, соединенных диффузионным покрытием в монолитную пористую среду, при этом гарантируются размер и форма пор (рис. 24). Из материала Duparoge могут изготавливаться фильтрующие элементы самой различной конфигурации.

Однопатронные фильтры для технических коммуникаций небольшого диаметра (до 50 мм) с фильтрующими патронами Ultrarogous из нержавеющей проволочной ткани тонкостью фильтрования до 9 мкм, из стекловолокна тонкостью фильтрования 3,5 и 10 мкм или целлюлозы, импрегнированной смолой, тонкостью фильтрования 3, 10 и 15 мкм — продукция фирмы «Norman Ultrarogous Filter Company» [32]:

серия 4200 — рабочее давление 20,4 и 40,8 МПа; рабочая температура от —195°C до 426°C; патрон из нержавеющей стали;

серия 4300/4400 — рабочее давление 20,4 и 40,8 МПа; патрон из нержавеющей стали или стекловолокна; имеют идеальные характеристики для криогенных систем;

серия U-144 — рабочее давление 13,6 МПа; патрон из целлюлозы;

серия 5000 — рабочее давление 1 МПа; патрон из целлюлозы;

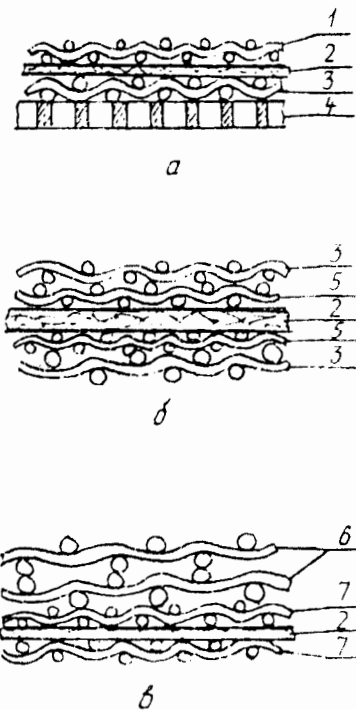


Рис. 24. Типы слоистого пористого материала Duparoge:

a — композиция для складчатых фильтров; *б* — композиция Dyna-Pak; *в* — композиция Dyna-Plate (1 — сетка с ячейками размером 250×250 мкм; 2 — проволочная тканая фильтрующая среда; 3 — сетка с ячейками размером 595×595 мкм; 4 — перфорированный лист; 5 — сетка с ячейками размером 177×177 мкм; 6 — сетка с ячейками размером 1,68×0,25 мм; 7 — сетка с ячейками размером 149×149 мкм)

серия 4500 — рабочее давление 34 и 40,8 МПа; патрон из стали, стекловолокна или целлюлозы;

серия 14500/34500 — рабочее давление 68 и 102 МПа; патрон из стали или стекловолокна.

Разнообразные стандартные патронные фильтры небольшой производительности и фильтрующие элементы к ним предлагает фирма «Serfilco».

Фирма «Oakland Products» производит три вида фильтров: мешочные патронные и фильтры для трубопроводов с корзинами из сеток. Основные характеристики фильтров: рабочее давление 0,68—2 МПа; скорость потока от 3,8 до 16650 л/мин; количество мешков (сетчатых корзин) от 1 до 22 при общей площади фильтрования от 0,25 до 10,8 м²; количество патронов — от 6 до 80 [29].

В мешочных фильтрах используются материалы с тонкостью фильтрования от 1 до 800 мкм (рабочая температура до 343°C).

Патронные фильтры имеют тонкость фильтрования от 2 до 150 мкм при использовании фильтрующих патронов, импрегнированных смолой (рабочая температура до 135°C), и 1—100 мкм при использовании шнуронавивных патронов (рабочая температура до 398°C).

Широкий выбор мешочных фильтров предлагает фирма «Filtration Systems» [33]. Фильтры с одним сменным мешком площадью фильтрования 0,2 и 0,42 м², имеющие рабочее давление 1—2 МПа, работают при температуре до 343°C; максимальный расход воды, соответственно 400 и 850 л/мин. Фильтры могут быть сконструированы в секции. Кроме этого, фирма предлагает портативные мобильные установки в виде смонтированных на тележке фильтра и насоса. Общая масса установки около 100 кг. Мобильная установка особенно удобна при аварийных разливах или утечках жидкости. Установку не требуется подключать к электросети, так как она имеет двойной диафрагменный насос с пневмоприводом.

Тонкость фильтрования выпускаемых фирмой фильтров зависит от материала, используемого в качестве фильтрующего рукава, и составляет 0,5—800 мкм.

Фирма также выпускает корпуса под стандартные фильтрующие патроны.

Мешочные и корзинчатые фильтры выпускаются фирмой «Rosedale» [34]. Корзинчатые фильтры обеспечивают тонкость фильтрования до 74 мкм, при установке в корзине фильтрующего мешка может быть обеспечена тонкость фильтрования до 1 мкм. Корпуса фильтров имеют электрополированную внутреннюю поверхность, что предотвращает отложение загрязнений. Площадь фильтрования многомешочных фильтров до 7 м².

В некоторых моделях фильтров внутрь нормальной корзины может устанавливаться вторая, внутренняя корзина, которая опирается на верхний фланец нормальной корзины. Обе корзины могут быть перфорированные и (или) выполнены из сетки, между корзинами возможна установка сменных фильтрующих мешков. Если внутри нормальной и внутренней корзины размещают сменные фильтрующие мешки, то таким образом обеспечивают многофункциональность фильтра и высокое качество очистки жидкости.

Сменные мешки с тонкостью фильтрования до 1 мкм выполнены из нетканых материалов типа войлока, имеют площадь фильтрования от 0,046 до 0,4 м², а в качестве материала используются нейлон, полипропилен, полиэфир и тефлон.

Мешочные фильтры, трубчатые фильтры и фильтры для трубопроводов — продукция фирмы «Ronningen-Petter» [36]. Сменные фильтрующие мешки многократного пользования с площадью фильтрования отдель-

ного мешка до $0,33 \text{ м}^2$ обеспечивают тонкость фильтрования $1\text{--}3 \text{ мкм}$. Одноразовые мешки из нетканых материалов имеют площадь фильтрования до $1,69 \text{ м}^2$.

Фирма выпускает разнообразные быстроразборные трубчатые фильтры и многокорпусные системы на их основе. В многокорпусных системах предусмотрена обратная промывка каждого фильтрующего элемента фильтратом или другой промывной жидкостью. Фильтрующие элементы изготовляются из стали, полипропилена, полиэфира или тефлона. Рабочее давление $1\text{--}1,36 \text{ МПа}$, однако для фильтров высокого давления оно может достигать $6,8 \text{ МПа}$.

Для снижения потери давления в системе обратной промывки предусмотрены шаровые затворы, а с целью повышения эффективности регенерации внутри фильтрующего элемента размещают диффузоры, по принципу действия аналогичные используемым фирмой «Dugco».

Наряду с обыкновенными цилиндрическими одиночными фильтроэлементами фирма производит трубчатые фильтры, где монтируется фильтроэлемент Tri-Cluster, представляющий собой три щелевых патрона с общим фланцем. Для интенсификации обратной промывки внутри каждого патрона установлен спиральный диффузор в виде гофрированной ленты, закрученной в спираль.

Еще более высокая эффективность обратной промывки достигается за счет оснащения фильтров с фильтроэлементами Tri-Cluster элементами клапанной системы. В этом случае последовательно регенерируется каждый из патронов Tri-Cluster элемента (рис. 25).

Система работает следующим образом.

Когда перепад давления на фильтроэлементе достигает предельной величины, система автоматики переводит фильтр в режим регенерации. На приводные цилиндры поступает пневмосигнал, управляющий клапанами. Два клапана А и В под воздействием сжатого воздуха опускаются вниз и закрывают выходные отверстия соответствующих патронов. Клапан С остается в исход-

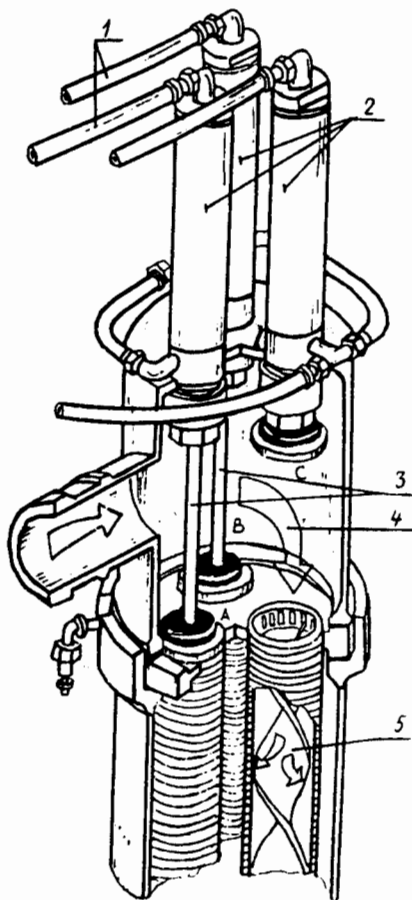


Рис. 25. Схема последовательной регенерации патронов фильтроэлемента Tri-Cluster:

1 — управляющая пневмокоммуникация; 2 — пневмоцилиндр для перемещения клапанов; 3 — клапан; 4 — поток промывной жидкости при обратной промывке; 5 — спиральный диффузор

ном верхнем положении. Открывается клапан промывной жидкости, жидкость поступает в открытый патрон, движется вдоль него и установленного внутри спирального диффузора и, смывая загрязнения, поступает в камеру с суспензией. Затем клапан промывной жидкости закрывается, клапан С опускается вниз и отсекает очищенный патрон, а клапан А поднимается и открывает соответствующий патрон для регенерации, и процедура повторяется. Когда элемент полностью регенерирован, автоматическая система переключается на регенерацию следующего фильтра.

В тех случаях, когда фильтруемая жидкость является дорогостоящей или опасной, в фильтре может быть организована регенерация с утилизацией до 80% жидкости, находящейся в корпусе, которая при обычной обратной промывке теряется вместе с промывной жидкостью. На рис. 26 показаны этапы работы фильтра с утилизацией фильтруемой среды: цикл I — фильтрование; II — утилизация (жидкость из корпуса фильтра вытесняется воздухом в утилизирующий коллектор); III — цикл обратной промывки (воздух вытесняется из фильтра вместе с промывной жидкостью); IV — цикл заполнения (фильтр заполняется жидкостью из утилизирующего коллектора, а воздух дренируется через вентиль 9).

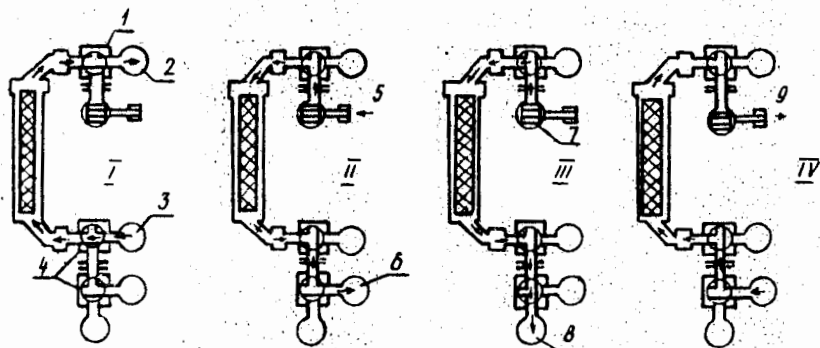


Рис. 26. Схема обратного промывания трубчатого фильтра с утилизацией фильтруемой жидкости, остающейся в корпусе:

1 — трехходовой кран; 2 — выходной коллектор; 3 — входной коллектор; 4 — трехходовые краны; 5 — воздух; 6 — утилизирующий коллектор; 7 — подача промывной жидкости; 8 — дренаж; 9 — вентиль

Характеристики многокорпусных трубчатых фильтров фирмы «Ronning-Petter» даны в табл. 7.

Фирма «W. L. Gore and Associates, Inc.» предлагает мембранную фильтроткань [30] и фильтр на ее основе [31].

Мембрана Gore—Тех обладает высокой проницаемостью и задерживающей способностью и получается из вспученного политетрафторэтилена (PTFE). Рабочая температура до 260°C. Мембрана имеет все химические и термические характеристики тефлона, а гладкая скользкая поверхность мембраны обеспечивает полное удаление осадка с ее поверхности. Снабженная подложкой из ткани или нетканого материала мембрана образует «мембранную» фильтроткань и может быть использована в промышленных фильтрах.

Характеристики многокорпусных трубчатых фильтров

Модель	Количество корпусов	Производительность, л/мин		Площадь фильтрования, см ²
		Без клапанной системы	С клапанной системой	
SS-84-236	1	1—133	—	3290
SS-84-202	2	1—133	4—171	6581
SS-84-203	3	133—265	171—361	9871
SS-84-204	4	265—397	361—589	13161
SS-84-205	5	397—530	589—885	16452
SS-84-206	6	530—681	885—1026	19742
SS-84-207	7	681—833	1026—1197	23032
SS-84-208	8	833—984	1197—1368	23323
SS-84-209	9	984—1136	1368—1539	29613
SS-84-210	10	1136—1287	1539—1710	32903

Этот вид фильтрующего материала использован в фильтре с обратной импульсной регенерацией. Фильтр работает при низком давлении порядка 0,03—0,1 МПа. Достоинства фильтра: высокая скорость фильтрования; улавливание частиц субмикронного размера (в отсутствие осадка фильтрующий материал задерживает частицы размером 0,5 мкм). При наличии осадка на поверхности мембраны задерживаются частицы размером менее 0,5 мкм.

Фильтруемая суспензия может иметь концентрацию от 0,002 до 10%. Площадь фильтрования до 185 м². Фильтр работает с суспензиями, в которых скорость оседания частиц менее 0,005 м/мин (эти суспензии не разделяются в промышленных отстойниках), а также когда скорость оседания частиц более 0,08 м/мин, так как осадок в фильтре, как и оседающие под действием силы тяжести частицы, удаляются через донную часть фильтра.

При импульсном удалении осадка он не диспергируется в суспензии и в виде кусков оседает на дно и выводится из фильтра.

Цикл фильтрования короткий порядка 2 мин, толщина осадка невелика и поэтому при фильтровании может быть использовано низкое давление 0,03—0,1 МПа. Время удаления осадка составляет несколько секунд.

В фильтре можно получить сгущенную суспензию с концентрацией 20% и выше. Сравнительные характеристики мембранного фильтра с традиционным патронным фильтром приведены в табл. 8 [31].

Мембранная фильтроткань Gore—Tex может быть использована для экипировки барабанных, дисковых, ленточных и других типов фильтров.

Оборудование фирмы «Fandi Feinbau GmbH» (Германия) представляет по лицензии на рынке США и Канады фирма «ARTECH» («Alternative Resource Technologies, Inc.»). Фирма «Fandi» производит широкий ассортимент продукции для разделения дисперсных систем, например:

автоматизированные ленточные фильтры из нетканого материала для очистки жидкостей путем гравитационного фильтрования;

гидроциклоны;

магнитные сепараторы;

вакуум-фильтры, в том числе для очистки жидкостей в различных централизованных или индивидуальных системах больших машин производительностью до 20000 л/мин;

**Сравнительные характеристики мембранного фильтра Gore-Tex
с фильтрами традиционного типа**

Показатель	Мембранный фильтр	Фильтр обычного типа
Время вспомогательных операций:		
удаление осадка	1,5—5 с	5—10 мин
время, необходимое до начала фильтрования с заданной производи- тельностью	0—10 с	15—20 мин
Общая продолжительность вспомога- тельных операций	$t_D = 1,5 \div 15$ с	$t_{RN} = 20 \div 30$ мин
Продолжительность фильтрования, для которой время вспомогательных опера- ций составляет 10%	0,5—1,5 мин	3—5 ч
Перепад давления при фильтровании	70—100 кПа	200—400 кПа
Перепад давления, необходимый для удаления осадка обратной промывкой	20—35 кПа	150—300 кПа

стандартные и компактные системы с намынным фильтром, в том числе с непосредственной сушкой осадка на фильтрующих элементах; дисковые и патронные фильтры; фильтры для электролитов; корзинчатые фильтры для трубопроводов; микрофильтры и другое оборудование.

Фирма «Fandі» предлагает широкий выбор фильтров-сепараторов для фильтрования и осушки авиационного топлива. В фильтре предусмотрены две ступени очистки: коалесценция и сепарация. На первой ступени очистки фильтроэлемент имеет слой бумаги, а также зоны дезмульгирования и коалесценции. В качестве коалесцирующего материала используются в различных комбинациях: стекловата, шерстяная ткань, войлок и синтетические волокна.

На второй ступени очистки установлен сепарационный элемент из гидрофобной бумаги, но в последнее время почти всегда применяют проволочные ткани из металла, покрытые тефлоном. Даже при большой скорости фильтрования двухступенчатые фильтры-сепараторы имеют небольшие размеры и при необходимости снабжаются автоматической системой дренажа, измерительными и контролирующими устройствами, подогревателем и др. Расположение фильтроэлементов в фильтре может быть как горизонтальное, так и вертикальное.

Обычно в системах очистки топлива перед фильтром-сепаратором устанавливают микрофильтр для предварительной очистки. Фильтрующие элементы выполняются из бумаги или из сетки с толщиной фильтрования — 2, 5, 15, 30 и 40 мкм, рабочее давление 1; 1,6 и 2,5 МПа.

Для разделения дисперсий масло — вода фирмой «Fast» предлагается система РАСЕ с мембранами [35]. Система предусматривает периодическую промывку мембран водой или моющими средствами и снабжена стандартным мешочным фильтром. На рис. 27 показана схема системы РАСЕ.

Система работает следующим образом.

Разрежение, создаваемое работающим насосом в предварительном сепараторе 2, вызывает подсос загрязненной воды, подлежащей очистке. Свободное масло отделяется в сепараторе 2 и поднимается в его верхнюю часть. Химическая и механическая эмульсии проходят через мешочный фильтр на вторую стадию обработки.

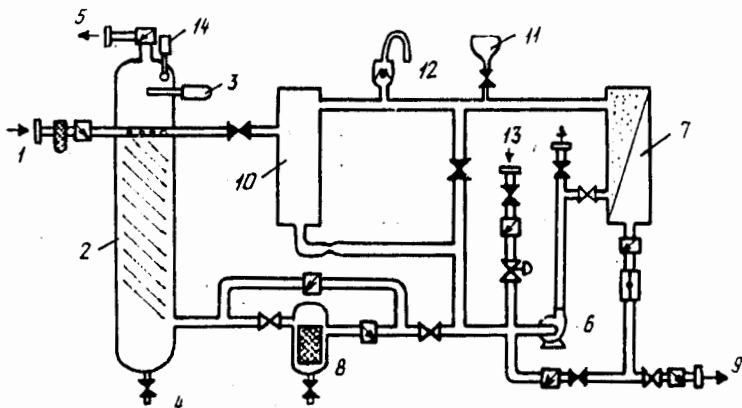


Рис. 27. Схема системы PACE:

1 — вход с обратным клапаном, который соединяется с внешним корзичатым фильтром грубой очистки для предотвращения попадания твердых частей в систему; 2 — предварительный сепаратор для удаления свободного и эмульгированного масла и автоматического вывода его из системы; 3 — датчик уровня границы раздела фаз; 4 — дренаж для промывки и удаления шлама по мере необходимости; 5 — вывод масла на дальнейшую обработку с обратным клапаном; 6 — насос; 7 — мембранный модуль для разделения эмульсии; 8 — мешочный фильтр для защиты мембраны; 9 — вывод очищенной воды и обратный клапан; 10 — резервуар для предварительного удаления избытка масла из эмульсии и возврата ее в предварительный сепаратор; 11 — воронка для ввода детергента при промывке мембраны; 12 — воздушник; 13 — ввод воды для вытеснения масла из сепаратора 2 с регулятором давления; 14 — контроль уровня жидкости

Эмульсия прокачивается вдоль поверхности мембран. Вода, соли и детергенты фильтруются через мембрану, а концентрированная эмульсия поступает в резервуар 10, где отделяется избыточное масло и возвращается в предварительный сепаратор 2, а остаток поступает на вход насоса. Таким образом, за счет рециркуляции скорость прокачки жидкости через мембранный модуль много больше производительности системы. Высокая скорость жидкости вдоль поверхности мембраны обеспечивает смыв масла и минимизирует ее забивку. Отводимая из системы очищенная жидкость создает в ней разрежение, за счет которого подсасываются дополнительные порции загрязненной жидкости. При накоплении в сепараторе 2 масла уровень границы раздела масла — вода опускается и достигает датчика 3, который подает сигнал на вывод масла из системы. Насос останавливается, клапан на выходе чистой воды закрывается, а на входе воды отрывается. Вода, давление которой в линии регулируется, вытесняет накопленное масло через вывод 5. После удаления определенного объема масла включается насос, ввод воды 13 закрывается и открывается линия вывода очищенной воды, система продолжает работать.

Суточная производительность системы в зависимости от ее размеров может составлять от 3028 до 231155 л.

Следует отметить фильтрующие установки патронного типа фирмы «Im-pell», которые находят широкое применение. Фильтры с патронными фильтро-

элементами регенерируются обратной импульсной промывкой, что обеспечивает минимальное ресуспензирование осадка и высокую скорость промывающей жидкости. Обычно для повышения производительности используют вспомогательные фильтрующие вещества.

В фильтрах с сухой выгрузкой осадка используют для удаления осадка воздух или газ, применяемый в качестве сушильного агента. Воздуха давлением 0,68 МПа находится в воздушном аккумуляторе, имеющем соответствующие коммуникации и клапаны. За время менее 0,5 с осадок срывается обратным потоком воздуха и выносится из фильтра в контейнер для отходов, установленный под фильтром.

Фильтровальные установки имеют программируемые контроллеры для управления работой фильтра.

Фильтры имеют следующие параметры: расчетное давление 1,02 МПа (в особых случаях до 6,8 МПа); рабочая температура от 4 до 260°C; тонкость фильтрования от 5 до 100 мкм; материал фильтрующих элементов — нержавеющей сталь; перепад давления на чистом фильтре 0,03 МПа, а на загрязненном — 0,4 МПа.

Фирма «Imprell» поставляет фильтры для более чем 500 фирм в нефтяной, нефтехимической, энергетической, аэрокосмической и других отраслях промышленности.

В отличие от большинства патронных фильтров, у которых фильтрующей поверхностью является внешняя поверхность патрона, в фильтре Mott My Pulse LSI фирмы «Mott Metallurgical Corp.» фильтрующей является внутренняя поверхность патрона. Фильтр снабжен стандартными стальными патронами с тонкостью фильтрования от 0,2 до 20 мкм, способными работать при перепаде давления до 0,85 МПа. Регенерация осуществляется обратной или импульсной промывкой. Фильтр рассчитан на улавливание катализатора и работу в системах с давлением до 4,8 МПа и температурой до 260°C.

Среди различного фильтровального оборудования отметим систему Filtoff [37]. Фирма «Littleford» снабдила эффективными сепараторами Filtoff для разделения дисперсных систем жидкость — твердое свои смесители марки FM—FKM и реакторы-сушилки DVT Polyphase. Сепаратор Filtoff — это фильтр, имеющий фильтрующую пластину, лист или патрон или фильтроэлемент другой конструкции, который служит для удаления жидкости из смесителя (реактора) и установлен в смесителе (реакторе) таким образом, чтобы не влиять на процесс перемешивания обрабатываемых сред. Фильтры, установленные в смесителе (реакторе), позволяют последовательно осуществлять в одном аппарате смешение, реакцию, фильтрование, промывку и сушку.

ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Успех любого процесса фильтрования определяется качеством фильтрующей среды, а также в значительной степени зависит от строения дренажного основания. Для США характерно большое число фирм-производителей фильтрующих материалов, которые выпускают различные виды материалов для всевозможных областей применения.

Назовем некоторые компании, производящие решета, дренажные основания и сетки. Следует сказать, что, как правило, продукция имеет многоцелевое назначение и может (особенно тканые сетки из проволоки) использоваться в качестве защиты от электромагнитного излучения, съема заряда

статического электричества, звукоизоляции, основы композиционных материалов.

Сетки и трубчатые решетчатые элементы из полиолефинов для фильтров и фильтрующих элементов выпускает фирма «Internet». Изделия получают путем экструзии или ориентирования, что обеспечивает им более высокую прочность и гибкость, а также низкую стоимость по сравнению с ткаными сетками. Область их применения: фильтрующая среда, дренажные основания, сита, защитные слои и каркасы. Площадь свободного сечения сеток и труб составляет от 19 до 63%.

Аналогичную продукцию поставляет на рынок и фирма «Conwed Plastics»: сетки из полипропилена или полиэтилена толщиной от 0,229 до 2,92 мм и площадью свободного сечения от 29 до 95%, а также жесткие трубчатые решетчатые элементы. В этой же области занимается производственной деятельностью фирма «Naltex».

Высокая химическая стойкость, гидрофобные свойства, низкая удельная масса по сравнению с аналогичной продукцией из металла, высокие санитарно-гигиенические свойства постоянно расширяют сферу применения названных выше видов продукции. Особенно широко полимерные материалы применяются при изготовлении микрофильтров, мембран и в конструкциях патронных фильтров.

Металлические тканые сетки с толщиной фильтрации от 6,3 до 500 мкм предлагает фирма «Metallweave Inc.». Сетки используются для сит и для фильтрации полимеров при экструзии.

Фирма «Ferguson Perforating and Wire Co.» производит сетки, решета и перфорированные листы из различных материалов для фильтров и центрифуг. Перфорированные листы могут иметь отверстия диаметром до 0,5 мм при свободном сечении листа 20%, а также отверстия квадратного сечения, отверстия в виде вытянутых прорезей и щелей. Продукция фирмы: сетки для фильтр-прессов, листовых фильтров, центрифуг, фильтрующие подложки.

Фирма «Johnston Filtration Systems» специализируется на производстве коллекторов (распределителей) в виде сеток и клиновидных решет, которые используются при переработке минерального сырья, очистке воды и водоподготовке, в нефтехимическом производстве. Коллекторы (распределители) являются составной частью ионообменных и угольных фильтров, песчаных фильтров и дренажных систем, водозаборных устройств, а также реакторов.

Фирма «Liquid-Solids Separation Corp.» предлагает клиновидные металлические сита и сетки различной формы, которые применяются при обезвоживании, распределении жидкости, подземном дренаже, в поддерживающих решетках в фильтрах, фильтрующих элементах, в частности, в фильтрах грубой очистки в технических трубопроводах.

Проволочные сетки из нержавеющей стали и других коррозионно-стойких сплавов выпускает фирма «BWC» [38]. Сетки могут иметь длину от 0,3 до 3000 м. Накопленный фирмой опыт позволяет производить проволочные сетки на основе ниобия, титана, молибдена, вольфрама, никрома, алюминия, никеля и других металлов. Диаметр проволоки для сеток может быть от 0,02 до 2,03 мм.

Фирма «Tetko» [39] выпускает широкий ассортимент сеток и фильтрующих сред, в качестве материала для которых могут быть использованы как металлы, так и полимеры. Продукцией фирмы являются ленты и ткани для вакуум-фильтров, ленточных фильтр-прессов и листовых фильтров, работающих под давлением, а также основы для мембран.

Среди синтетических материалов, используемых в производстве тканей, можно назвать нейлон, полиэфир, полипропилен, фторуглерод, углеродные волокна. Продукция фирмы находит применение в химической, нефтехимической, пищевой промышленности, а также в медицине и аэрокосмической технике.

Сетки и фильтрующие ткани предлагает фирма «Industrial Fabrics». Сетки из синтетических волокон Monodur имеют квадратные ячейки размером до 3 мкм и выше и изготавливаются из монофиламентных нитей. Сетки из волокон Monodur имеют большой срок службы, так как имеют повышенную стойкость к абразивному износу и не подвержены коррозии. Они хорошо работают в условиях вибрации и изгиба и используются в виброситах, сепараторах, фильтрах различного назначения. Материалом для сеток служат нейлон, полиэфир, полиэтилен, сарсан, полипропилен, тефлон.

Ткани для фильтров могут изготавливаться как из моно-, так и многофиламентных нитей. Ленты Durotex используются в ленточных фильтрах и соответствуют всем требованиям регулировки при эксплуатации фильтров.

Широко представлены на рынке США фильтрующие ткани и нетканые материалы. Например, фирма «National Filter Media Corp.» («NFM») [40] предлагает разнообразную продукцию для фильтрования жидкостей и газов из тканей и нетканых материалов на основе стекловолокна, полипропилена, полиэфира, нейлона, хлопка, тефлона. Фирма «NFM», в частности, начала выпускать новую ткань из нейлона Super-Max с текстурированными волокнами, которая в два раза превосходит по прочности аналогичную ткань из нетекстурированных волокон.

Фирма предлагает изготовленные из тканей чехлы для листовых фильтров, чехлы для дисковых фильтров, ткань для барабанных фильтров и фильтров со сходящим полотном, а также для карусельных и горизонтальных конвейерных фильтров, салфетки для плиточно-рамных фильтр-прессов.

Из нетканых материалов предлагаются: фильтровальная бумага, иглопробивные материалы и нетканые материалы в виде листов или рулонов, рукавов всех форм и размеров, мешков для мешочных фильтров, вкладышей для центрифуг.

Компанией «Du Pont» разработан ряд высокоэффективных материалов для фильтрования [41].

Фильтрующая среда Тувек для разделения субмикронных частиц формируется из волокон полиэтилена высокого давления. Среда Тувек задерживает частицы размером до 0,3 мкм за счет многостадийной укладки неориентированных нитей, создающих тонкую сетчатую структуру. Материал может формироваться в листы, ленты, патроны и рукава, максимальная рабочая температура 121°C, пористость 68%. Некоторые характеристики фильтрующих сред Тувек даны в табл. 9.

Фильтрующая среда из волокон Teflon в виде мешков обладает стойкостью к агрессивным средам и имеет рабочую температуру до 260°C.

Фильтрующая среда Tefaire представляет собой смесь из 85% волокон Teflon и 15% тонкого стекловолокна. В результате повышается эффективность улавливания субмикронных частиц, так как стекловолокно удваивает удельную поверхность волокон, доступных для частиц.

Навивные фильтрующие патроны из полипропилена, хлопка, района, полиэфира, нейлона, модакрила и стекловолокна предлагает фирма «Filter Cor Inc.». В зависимости от вида патрона они имеют длину от 101 до 1016 мм и тонкость фильтрования от 0,5 до 150 мкм.

Фирма «Snow Filtration Company» является крупным производителем нетканых материалов для фильтрования жидкостей, в частности, нетканых

Характеристика фильтрующих сред Тувек

Показатель, ед. изм.	Марка			
	T-980	T-984	T-988	T-989
Извлечение латексных сферических частиц размером 0,624 мкм, %	93	97,7	99,6	99,6
Извлечение латексных частиц размером 1,1 мкм, %	99	99,5	Более 99,9	Более 99,9
Пропускная способность по воде при давлении 0,068 МПа, мл/мни/см ²	93	58	37	30

материалов, предназначенных для экипировки плиточно-рамных фильтпрессов, вакуум-фильтров, листовых и дисковых фильтров. Основой для нетканых материалов являются волокна из хлопка, полиэфира, Dralon T, полиэтилена, модакрила, полипропилена, нейлона, сарана, бумаги и тефлона.

Фирма «Filtration Sciences Corp.» также специализируется на производстве нетканых фильтроматериалов. Фирма производит фильтровальную бумагу и синтетические нетканые материалы. Тонкость фильтрования различных сортов фильтроматериалов находится в пределах от 1,5 до 55 мкм. Листовой материал Hollytex из длинных полиэфириных волокон (толщина волокон 0,038—0,28 мм) может использоваться в качестве фильтрующей среды или основы для мембран, используемых при микрофильтрации, ультрафильтрации и обратном осмосе.

Разнообразные нетканые материалы предлагает фирма «Iydall» [42]. Некоторые из выпускаемых фирмой материалов перечислены ниже.

Astipure — фильтрующая среда из волокон, импрегнированная активированным углем (тонко измельченный активированный уголь значительно увеличивает удельную поверхность среды). Используется для очистки воды.

Lytherm — бумага из неорганических волокон, не содержит асбеста, предназначена для работы при температуре до 1648°C.

Luroge — среда, используемая для фильтрации гидравлических и смазочных масел, а также других промышленных жидкостей. Тонкость фильтрации от 1 до 25 мкм.

Lydair — фильтрующая среда, применяемая практически во всех случаях очистки воздуха. Материал Lydair выпускается четырех классов: класс 1000 ASHRAE — эффективностью по ASHRAE до 95%; класс 2000 Prefilter/Hospital — эффективностью 84—99% для частиц размером 0,3 мкм; класс 3000 HEPA — эффективностью от 99,9 до 99,998% для частиц размером 0,3 мкм и класс 5000 ULPA — эффективностью 99,999% для частиц размером до 0,12 мкм.

Кроме того, фирма выпускает фильтрующие среды из стекловолокна и синтетических волокон для различных областей применения.

Трикотажные и тканые фильтрующие материалы для различных фильтров выпускает фирма «Chattanooga Sewing and Sales Co., Inc.». Трикотажные мешки Веапе для жидкостных фильтров не имеют швов, что делает их более прочными и позволяет полностью использовать их поверхность как фильтрующую. Фильтрующие материалы могут быть изготовлены как из традиционных материалов, так и из стекловолокна, волокон Р84, кевлара,

керамических волокон. Область их применения: ткани для фильтр-прессов, дисковых и барабанных фильтров, мешочных фильтров.

Фирма «Pall» производит разнообразное фильтровальное оборудование для атомной энергетики. Фирма изготавливает как фильтры, так и фильтрующие материалы для них [43].

Первой продукцией фирмы в 1946 г. был фильтр, изготовленный из спеченного порошка нержавеющей стали для отделения урана 236 от урана 235. В настоящее время фирма «Pall» имеет более 900 патентов, действующих в 30 странах. Фильтры фирмы установлены на более чем 150 атомных станциях, предприятиях по производству ядерного топлива, установках по переработке радиоактивных отходов.

Фирма «Pall» производит различные фильтрующие среды, в частности: РММ, Ultipore GF Plus, HDC II, PSS, Rigimesh, Profile II, PMF.

Материал РММ — мембранная металлическая фильтрующая среда, представляющая собой спеченную матрицу тонкодисперсного порошка стали внутри пористой структуры металлической ткани (из стали) Rigimesh. Материал обеспечивает абсолютное извлечение из фильтруемой среды частиц размером 2 мкм, а также удаление 99,9% общего числа частиц размером 1 мкм, или 99% частиц размером 0,5 мкм, или 90% всех частиц размером 0,1 мкм.

В качестве металла могут применяться нержавеющая сталь марок 316 и 304 или монель и различные никель-хромовые сплавы. Гладкая поверхность материала РММ делает его превосходной рабочей средой в фильтрах-умягчителях и в намывных фильтрах. Из РММ производят патронные фильтрующие элементы, в том числе и складчатые. Допустимая рабочая температура 400°C, давление 1,4 МПа.

Материалы Ultipore GF Plus и Ultipore GF представляют собой пористую среду из стекловолокна, пропитанного полимерной смолой, которая в водной среде придает материалу положительный дзета-потенциал и гарантирует отсутствие миграции волокон. Материал обеспечивает абсолютное извлечение частиц размером 0,7 мкм. Высокая пористость материала 80—85% позволяет изготавливать фильтроэлементы, обладающие низким гидравлическим сопротивлением. Фильтры могут работать при температуре до 120°C и перепаде давления до 0,5 МПа.

Фильтрующая среда HDC II представляет собой пористую среду в виде многослойной нетканого материала из непрерывных полипропиленовых волокон диаметром до 5 мкм, пропитанного смолой. Патронные элементы на основе HDC II обеспечивают абсолютное извлечение частиц размером 0,6 мкм или 99% частиц размером 0,35 мкм. Пористые металлические фильтры фирмы «Pall» марки PSS получают спеканием тщательно контролируемых порошков стали с использованием специальной технологии. Их проницаемость в 2—3 раза выше, чем проницаемость других фильтров из порошков. Степень извлечения частиц размером 5 мкм составляет 100%.

Фильтрующий материал Rigimesh состоит из тонких спеченных металлических тканых сеток из нержавеющей стали. Свойства материала таковы, что позволяют регенерировать его даже при наличии большой концентрации масла в фильтруемой среде. Патронные фильтры из Rigimesh рекомендуются для жидких радиоактивных отходов с содержанием масла выше 5—10 ppm.

Объемный фильтрующий материал из полипропиленовых волокон Profile II применяется для патронных фильтров. Фильтроэлемент имеет зону предварительного фильтрования, создаваемую волокнами переменного диаметра (размер пор постепенно уменьшается от 40 до 1 мкм), и зону с постоян-

ным размером пор, обеспечивающую 100%-ное извлечение частиц размером 0,3 мкм. Фильтр имеет большую объемную емкость и в 6 раз более длительный срок службы. Идеален для фильтрования деионизированной воды, конденсата и в качестве префильтра в системах обратного осмоса.

PMF — пористая волокнистая среда из спеченных тонких и коротких волокон из стали марки 316L, обеспечивающая полное удаление частиц размером до 2,5 мкм. Допускаемая температура до 315°C и перепад давления на фильтре до 1,36 МПа.

В большинстве фильтров фирмы «Pall» организовано движение очищаемой среды в направлении изнутри наружу, что минимизирует загрязнение корпуса фильтра и возможную опасность для персонала, обслуживающего фильтр.

Фирма выпускает самые разнообразные фильтры для атомной энергетики.

Фирма «Nuclear Metals, Inc.» предлагает порошковые металлы, полученные с применением технологии вращающегося электрода, которые могут являться хорошей основой для получения спеченных фильтрующих материалов. Порошки могут быть получены из самых различных материалов: молибдена, ниобия, титана, циркония, кобальта, никелевых сплавов, вольфрама. Технология обеспечивает сферичность частиц, высокую чистоту материала и узкий диапазон распределения частиц по размерам в области от 1000 до 45 мкм.

Фильтрующие элементы из металла, производимые по заказу потребителя, поставляет фирма «Fuji America» [44].

Фильтрующая среда Fujiplate, являющаяся основой для изготовления фильтрующих элементов, представляет собой многослойный лист из нескольких защитных и дублирующих слоев сеток, спеченных в вакууме (количество слоев может быть десять). В результате обеспечивается высокая прочность и жесткость материала при высоких фильтрующих свойствах.

Рабочие характеристики среды Fujiplate: толщина 1,66 мм; пористость 35%; рабочая температура от -267°C до 480°C; разрывное напряжение 12 кг/мм²; тонкость фильтрования от 1 до 200 мкм. Фильтрующие элементы трубчатого типа имеют диаметр 10,5; 14; 25; 35 и 50 мм, дискового типа — от 5 до 2500 мм. Среда Fujiplate применяется и при фильтровании полимеров.

Схема регенерации элементов Fujiplate показана на рис. 28. В общем случае предусмотрена очистка элемента от полимера в зависимости от свойств последнего с помощью соляной ванны 1, горячего растворителя 2 или горячего псевдооживленного слоя 3. Химическая чистка 4 требуется для когезионных загрязнений после длительной эксплуатации. Твердые загрязнения могут быть удалены одним из следующих способов: струей воды высокого давления 5, ультразвуком 6 или обратным потоком жидкости под высоким давлением 7. После чистки элемент проходит испытание 8 и используется для фильтрования.

Фильтрующая среда Fuji Metal Fiber — это спеченные слои металлических волокон, проложенные между поддерживающей и защитной сетками. Обычно это два слоя, один из которых предназначен для грубого, а второй для тонкого фильтрования. Материалы такого типа находят широкое применение в производстве полимеров, синтетических волокон, пленок, пластмасс и т. п. и имеют следующие характеристики: пористость 70--80%; размер стандартных листов 1180×1500 мм; имеют трубчатую, дисковую конфигурацию или выполняются в виде дисков для пластинчатых фильтров, патронов; толщина без сеток 0,3—0,65 мм; тонкость фильтрования от 3 до 40 мкм.

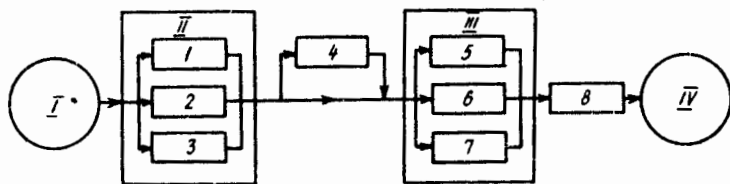


Рис. 28. Схема регенерации фильтроэлементов Fujiplate:
 I — грязный элемент; II — удаление полимера; III — удаление
 твердых загрязнений; IV — чистый элемент

Фирма «Zinga Industries» [45] предлагает фильтрующие материалы для гидравлических жидкостей, топлива, смазочных масел и охлаждающих жидкостей. Выпускаются также водопоглотительные элементы и патронные фильтры высокого давления (до 40,8 МПа) тонкостью фильтрации 3, 10, 75, 141 мкм. Для емкостей разработана серия фильтроэлементов Magnetic с магнитными вставками (рис. 29).

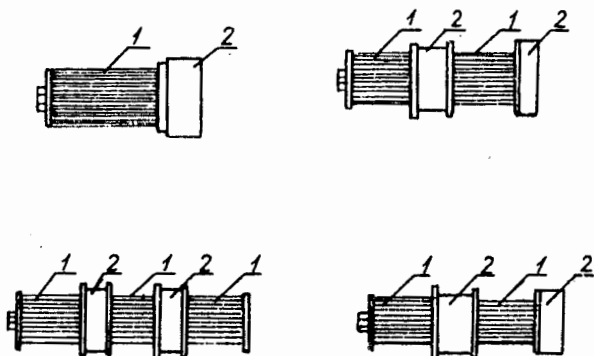


Рис. 29. Фильтры Magnetic:
 1 — фильтрующий элемент; 2 — магнит

Фирма «Manville», известная своими вспомогательными фильтровальными веществами, выпускает высокоэффективные патронные фильтрующие элементы из стекловолокна, пропитанного смолой, обеспечивающие тонкость фильтрации от 0,5 до 125 мкм. Фильтрующий нетканый материал из боросиликатного стекла может поставляться в виде войлока или труб.

Для гидросистем фирмой «Filtroil North America, Inc.» разработан байпасный фильтр (рис. 30) с фильтроэлементом в виде рулона с точной намоткой слоев целлюлозы [46]. Фильтроэлемент представляет собой рулон из бумаги общей длиной 365,6 м и способен удалять загрязнения самой различной дисперсности без забивки. Это достигается за счет фильтрации потока жидкости в направлении вдоль рулона. Хотя общая площадь поверхности бумаги составляет около 83,6 м², он занимает только несколько десятков кубических сантиметров объема. Фильтр обеспечивает извлечение

частиц размером до 0,1 мкм при объемном расходе от 1 л/мин (модель BU-50) до 2,2 л/мин (модель BU-200), при этом достигается уровень чистоты масла по международному стандарту (ISO) 15/12—12/9.

Фильтры и фильтрующие системы для масел, топлива и подобных им жидкостей с патронными фильтроэлементами предлагает фирма «Roilgard Inc.». Основой объемных фильтрующих элементов патронного типа является среда из смеси волокон шерсти и хлопка, сформированная в отдельные диски с регулируемой плотностью. Набор этих дисков с помощью нажимной плиты обжимается и в результате формируется фильтрующий элемент. Нажимная плита выполнена подвижной и способной реагировать на давление нагнетательного насоса. Перепад давлений между давлением на внешней стороне фильтрующего элемента и во внутреннем коллекторе фильтрата создает усилие, воздействующее на нажимную плиту, которая сжимает набор дисков, предотвращая тем самым возможное образование щелей между дисками. Фильтрующие элементы имеют тонкость фильтрования 1, 5, 10, 15 и 25 мкм.

По-другому решается задача эффективной очистки масел с использованием уплотняющего воздействия перепада давления на фильтроэлемент фирмой «Peachtree Filtration» [47]. Схема работы фильтра, обеспечивающего тонкость фильтрования 1—5 мкм, показана на рис. 31.

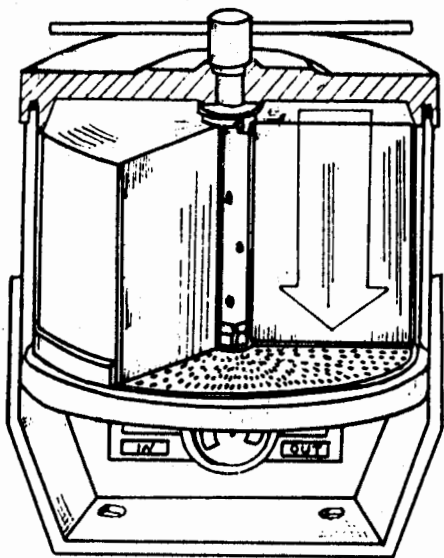


Рис. 30. Байпасный фильтр

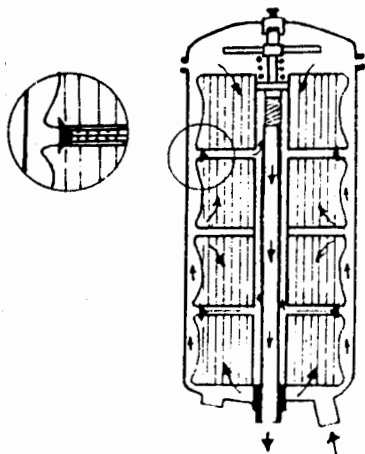


Рис. 31. Схема работы фильтра

Сведения о фирмах США, производящих фильтрующие материалы, приведены в приложении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор продукции фирм-производителей фильтровального оборудования дает повод говорить о поступательном развитии этой отрасли химической техники, использующей новые оригинальные идеи из различных областей науки и техники.

Постоянно расширяется область применения фильтров. Традиционные типы фильтров совершенствуются за счет конструктивных разработок, использования новых материалов, а также за счет применения вычислительной техники для управления их работой.

Установка гидропривода на фильтрах расширяет область их применения, диапазон рабочих режимов, обеспечивает безопасность эксплуатации. Замена металлических узлов и деталей фильтров на полимерные или из композиционных материалов дает экономию, начиная от затрат при изготовлении фильтров и капитальных затрат при установке оборудования и кончая снижением энергоемкости и повышением чистоты продукта.

Обращает на себя внимание большое разнообразие фильтрующих материалов, позволяющее удовлетворить практически любые требования потребителей. Появились новые конструкции фильтров. Большое внимание уделяется поставке фильтровального оборудования потребителю под конкретный технологический процесс.

Возрастает активность научно-исследовательских лабораторий и фирм, занимающихся деятельностью в данной области, вызванная стимулирующим действием недавно созданного Американского общества фильтрования.

Уровень развития данной группы технологического оборудования в США следует признать высоким. Целесообразно проводить постоянный и более широкий анализ исследований, конструкторских разработок и выпускаемого в США фильтровального оборудования.

Фирмы США, производящие фильтровальное оборудование

Фирма	Оборудование	Адрес
A Dover Resources Comp. (Ronningen-Petter Division)	Мешочные фильтры и фильтры для трубопроводов	9151 Shaver Road, P.O.Box 188, Portage, MI 49081—0188
A/G Technology	Мембраны для микрофильтрации, обратного осмоса, ультрафильтрации. Мембраны из полых волокон	34 Wexford Street, Needham, MA 02194—2912
Alcan Powders & Pigments	Фильтроэлементы из порошковой бронзы	901 Lehigh Avenue, Union, NJ 07083
Alar Engineering Corp.	Барабанные вакуум-фильтры с площадью фильтрования от 0,28 до 46,8 м ²	9651 W. 196th Street, Mokena, IL 60448
American Colloid Company	Системы для обработки сточных вод с ленточными фильтрами	1500 W. Shure Drive, Arlington Heights, IL 60004

Фирма	Оборудование	Адрес
American Felt & Filter Co.	Мешочные фильтры и системы для очистки жидкостей на рабочее давление до 2 МПа	New Windsor, NY 12550
Anotec Separations	Мембранные фильтры с размером пор 0,2 и 0,02 мкм из алюминиевой матрицы с применением анодирования	New York, NY
АМТЕК	Фильтрующие складчатые патроны с толщиной фильтрования до 0,65 мкм из целлюлозы, а также в сочетании со стекловолокном (используется также спеченная керамика, активированный уголь, полипропилен), абсолютные диски Sox с размером пор 0,65; 1; 2; 5 и 10 мкм и обладающие задерживающей способностью 99,9999%	502 Indiana Avenue, P.O. Box 1047, Sheboygan, Wisconsin 53082
Apv Rosista Inc.	Фильтр-прессы и фильтрующие среды для них	1325 Samuelson Road, Rockford, IL 61109
Artisan Industries, Inc.	Динамические фильтры-сгустители непрерывного действия	73 Pond Street, Waltham, MA 02254—9193
Ashbrook—Simon-Hartley	Электроакустический пресс EAD, позволяющий увеличить степень обезвоживания примерно на 10%	11600 East Hardy, Houston, TX 77093
Atkomatic Valve Company, Inc.	Фильтрующие одноразовые элементы и фильтры высокого давления для защиты клапанов, насосов и других устройств, устанавливаемых на трубопроводах высокого давления, рабочее давление до 20 МПа	141 S.Sherman Dr., Indianapolis, IN 46201
Avery Filter Company Inc.	Фильтр-прессы, в том числе с отжимными диафрагмами (площадь фильтрования 18,6—233 м ² , объем камер от 0,28 до 5,66 м ³), полипропиленовые плиты и рамы для фильтр-прессов размером от 250×250 до 2000×2000 мм	99 Kinderkamack Road, Westwood, NJ 07675
Belleville Wire Cloth Co. Inc.	Проволочные сетки из различных металлов с размером ячеек и диаметром проволоки от 0,075 до 2,0 мм	135 Little Street, Belleville, NJ 07105—1299
Berex Corp.	Шнековые фильтр-прессы	150 Todd Road, Santa Rosa, CA 95402
Bird Machine Corp.	Карусельные фильтры; барабанные вакуум-фильтры и барабанные фильтры, работающие под давлением; центрифуги различных конструкций	100 Neponset Street, South Walpole, MA 02071
Cambridge Wire Cloth Co.	Проволочные сетки для фильтров	P.O. Box 399, Cambridge, MD 21613

Фирма	Оборудование	Адрес
CECO Filters, Inc.	Объемные фильтрующие материалы для очистки газов (степень извлечения для частиц размером порядка 1 мкм 99,5%), материалы: стекловолокно, керамика, фторопласт и др.	1013 Conshohocken Rd., P.O. Box 683 Conshohocken, PA 19428
Chattanooga Sewing & Sales Co., Inc.	Фильтрующие элементы различного назначения от рукавных до фильтрующих материалов для экипировки дисковых, барабанных фильтров и фильтр-прессов, Systarog — фильтрующая среда, обеспечивающая улавливание частиц размером до 0,1 мкм с эффективностью до 99,999%	2901 Long Street, P.O. Box 2400, Chattanooga, TN 37409
Continental Water Systems Corp.	Лабораторные системы Modlab получения сверхчистой воды для применения в биотехнологии и аналитических лабораториях, а также в производстве и приготовлении сверхчистых реактивов	P.O.Box 40369, San Antonio, TX 78229
Conwed Plastics	Сетки и трубчатые элементы из полиэтилена или полипропилена для фильтров и фильтрующих элементов	2640 Patton Road, Roseville, MN 55113
CUNO	Оборудование для микрофильтрации	400 Research Parkway, Meriden, CT 06450
Du Pont Company	Фильтрующий материал Tyvek, выпускаемый в различных модификациях, может использоваться как рукавный фильтр, патронный фильтр, в виде ленты или основы для других покрытий (степень извлечения латексных частиц диаметром 1,1 мкм для материалов T 988 и T 989 более 99,9%, частиц размером 0,624 мкм — 99,6%), материалы: Nomex, Teflon и др.	Barley Mill Plaza G-51925 P.O. Box 80029, Wilmington, DE 19885-0029
EBBCO, Inc.	Мешочные фильтры для жидкостей	P.O. Box 1913 Warren, MI 48090
EIMCO Process Equipment Company	Барабанные вакуум-фильтры, ленточные вакуум-фильтры, ленточные фильтр-прессы, дисковые фильтры, фильтр-прессы различного назначения	P.O. Box 300 Salt Lake City, Utah 84110
Elite Commercial & Industrial Filtration	Мешочные фильтры и фильтры для трубопроводов, а также фильтрующие ткани и нетканые материалы в виде мешков	123 N. Saginaw, Pontiac, MI 48058
Ergon Nonwovens	Нетканые синтетические материалы, в том числе из микроволокон	P.O. Drawer 1639, Jackson, MS 39215-1639

Фирма	Оборудование	Адрес
Ertel Engineering Company	Фильтровальное оборудование для пищевой, химической, фармацевтической и пивоваренной промышленности, фильтр-прессы, герметизированные фильтр-прессы, пластинчатые, дисковые, листовые фильтрующие материалы для жидкостей	P.O.Box 3358 Kingston, NY 12401
Faundi (ФРГ) (в США по лицензии — фирма «AR-TECH»)	Вакуумные фильтры, микрофильтры, патронные фильтры, фильтры с центробежной выгрузкой осадка, фильтры для СОЖ, топливные фильтры и другое оборудование	1221 E. Houston, Broken Arrow, OK 74012
Ferguson Perforating & Wire Co.	Производство сеток и решет для различных типов фильтров и центрифуг, а также металлические фильтроткани	130F Ernest Street, Providence, RI 02905
Filter Systems	Быстроремные фильтры Ultra для технических трубопроводов (рабочее давление до 2 МПа, пропиленовая фильтрующая среда, тонкость фильтрования от 1 до 100 мкм)	6800 Shingle Creek Parkway, Brooklyn Center, MN 55430
Filtercor, Inc.	Патронные навинные фильтры с тонкостью фильтрования от 150 до 0,5 мкм из полипропилена, хлопка, района, полиэфир, пайлона, стекловолокна, модакрила	7932 Ajay Drive, San Valley, CA 91352
Filterex Inc.	Нетканые композиционные материалы Garfil из активированного угля и волокон	RD 3 Box 84, Snow Hill, MD 21863
Filters Gaudfrin America	Ленточные, дисковые и барабанные вакуум-фильтры, дисковые фильтры под вакуумом или давлением, листовые фильтры, патронные фильтры и др.	4950 Highland Dr., Salt Lake City, Utah 84117
Filtra Systems	Автоматизированные вертикальные фильтр-прессы высокого давления Verti-Press для обезвоживания суспензий с высокоэффективной промывкой осадка	30000 Beck Road, Wixom, MI 48096
Filtration Sciences Corp.	Фильтрующие нетканые материалы, фильтровальная бумага, листовые материалы без адгезива	P.O.Box A, Mount Holly Springs, PA 17065—0238.
Filtration Systems (Division of Mechanical Mfd. Corp.)	Мешочные фильтры (номинальная тонкость фильтрования до 1 мкм)	30—C Gleam St., West Babylon, NY 11704
Fillroil North America, Inc.	Байпасные фильтры для гидросистем с фильтрующим элементом рулонного типа (тонкость фильтрования до 0,1 мкм)	P.O.Box 2855, Charlottesville, VA 22902
Finit Filter Company, Inc.	Фильтры для улавливания аэрозолей, преимущественно для компрессорных установок (степень улавливания частиц от 3 до 6 мкм 99,97%). Фильтрующие материалы на базе микростекловолокна	500 Glaspie St., P.O. Box 599 Oxford, MI 48051

Фирма	Оборудование	Адрес
Fluitek Corp.	Фильтроэлементы для масел, топлив, воды и воздуха, фильтроэлементы: плоские, объемные, с радиальными ребрами, навивные, адсорбционные, коалесцирующие, металлические и др.	P.O.Box 1017, Cookeville, TN 38503—1017
Fluorocarbon	Полипропиленовые плиты и рамы для фильтр-прессов; фильтрующие материалы, а также комплектующие детали	Northwoods Industrial Park, 12257 FM 529, Houston, TX 77041
Fuji America, Inc.	Многослойные фильтрующие материалы из спеченных сеток и металлических волокон, а также фильтрующие элементы из них	The Perkinson Co. Building, 4044 Yancey Road, Charlotte, NC 28217
GENEX Corp.	Мембранные фильтры (например, с размером пор 0,45 и 0,2 мкм)	16020 Industrial Drive, Gaithersburg, MD 20877
GFT	Мембранное оборудование для различных целей, преимущественно для разделения в паровой фазе	400 Myrtle Avenue, Boonton, NJ 07005
Gottsmann National Corporation	Магнитные сепараторы, магнитные сепараторы в сочетании с фильтром для очистки СОЖ и отдельные фильтры для очистки СОЖ	42400 Nien Mile Road, Novi, Michigan, 48050
Harmsco Industrial Filters	Патронные фильтры со сменными фильтрующими патронами (фильтры комплектуются патронами с толщиной фильтрования от 0,35 до 100 мкм или патронами с активированным углем)	P.O.Box 14066, North Palm Beach, FL 33408
Hayward Industrial Inc.	Фильтры для трубопроводов, в том числе самоочищающиеся для трубопроводов диаметром от 6,25 до 1524 мм	900 Fairmount Avenue, Elizabeth, NJ 07207
Hewitt Machine Company	Барабанные гравитационные фильтры с внутренней фильтрующей поверхностью	375 Byrd Ave., P.O.Box 688 Neenah, WI 54956—0688
Hoesch Industries	Фильтр-прессы, в том числе с отжимными мембранами (от лабораторных фильтров до фильтров площадью фильтрования 743 м ² и объемом камер до 11,3 м ³), автоматизированные фильтр-прессы, ленточные фильтр-прессы Escobell	P.O.Box 461 Wharton, NJ 07885
Hollingsworth & Vose Comp.	Фильтрующие бумага и нетканые материалы из ультратонких волокон различной природы	112 Washington Street, East Walpole, MA 02032

Фирма	Оборудование	Адрес
Hyde Products Inc.	Автоматизированные ультрафильтрационные системы для сточных вод с микропроцессорным управлением (удаление эмульгированных масел и загрязнений), обеспечивают уменьшение объема загрязненной нефтепродуктами воды на 95—98%	28045 Ranney Parkway, Cleveland, OH 44145
IMPELL Corp.	Фильтры для очистки сточных вод в нефтедобывающей промышленности	333 Research Court, Technology Park/Atlanta, Norcross, GA 30092
Industrial Fabrics Corp.	Фильтрующие сетки, ткани на основе металлов, полипропилена, полиэфигов, нейлона и других материалов	7208 Boone Avenue, N/Minneapolis, Minnesota 55428
INTERNET Inc. (Plastic Netting Fabrication & Sales)	Экструдированные или ориентированные сетки и трубчатые решетчатые элементы из полиолефинов для экипировки фильтров и фильтрующих элементов	2730 Nevada Ave. N, Minneapolis, MN 55427
Iydall, Inc.	Фильтрующие нетканые материалы	1. Colonial Drive, Manchester, CT 06040
Johns-Manville	Вспомогательные фильтрующие вещества из диатомита, стекловолокна, микроволокон стекла Tempstron (могут поставляться в виде рулонов, гранул или в насыпном виде)	Ken-Caryl Ranch, Denver, CO 80217—5108
Johnston Filtration Systems, Inc.	Промышленные сетки и решета для разделения систем «жидкость—твердое»	1950 Old Hwy 8, P.O. Box 64118, St. Paul, MN 55164—0118
JWI, Inc.	Фильтр-прессы J-Press с размером плит от 450×450 (с числом камер 4, объемом камер 0,017 м ³) до 1500×1500 мм (с числом камер 111, объемом камер 5,6 м ³)	2155 112th Avenue, Holland, Michigan 49424
LAROX, Inc.	Автоматизированные фильтр-прессы	9730 Patuxent Woods Drive, Columbia, Maryland 21046
LEWCOTT Corp.	Фильтрующие материалы для газа и жидкости с использованием активированного угля	110 Elm Street, Millbury, Mass. 01527
Liquid-Solids Separation Corp. (Mustang Division)	Промышленные клиновидные металлические сита, сетки из металла или пластика, в том числе для фильтров различного назначения	Houston, TX
Littleford Bros, Inc.	Фильтровальная система Filtrorr, совмещающая барабанный реактор или смеситель с фильтром	7451 Empire Dr., Florence, KY 41042—2985

Фирма	Оборудование	Адрес
K-F Enviromental Technologies, Inc.	Ленточные фильтр-прессы, камерные фильтр-прессы, фильтры с центробежной выгрузкой осадка, фильтр-прессы с отжимной мембраной, мобильные системы для фильтрования	17 Furler St. Totowa, NJ 07512
Kimberly-Clark	Фильтрующие композиционные материалы из полипропиленовых микроволокон и неволоконистых адсорбционных материалов	1400 Holcomb Bridge Road, Rowell, GA 30076
Komline-Sanderson Engineering Corp.	Горизонтальные ленточные вакуум-фильтры и ленточные гравитационные фильтры, ленточные фильтр-прессы, барабанные фильтры под вакуумом или давлением, горизонтальные листовые фильтры и другое оборудование	12 Holland Avenue, P.O.Box 257 Peapack, NJ 07977
Metalweave Inc.	Производство тканых сеток для фильтрования полимеров	Peabody Office Bldg, One Newbury St., Peabody, MA 01960
Michigan Dynamics, Inc.	Автоматические самоочищающиеся фильтры и фильтровальные системы, а также фильтрующие материалы: проволочные ткани, войлок, многослойные композиционные фильтрующие материалы	P.O.Box 2920, Rock Hill, South Caroline 29731
Millipore	Мембранные фильтры, системы тонкой газоочистки с степенью очистки 99,9999999% для всех частиц размером более 0,05 мкм (хроматография, обратный осмос, фракционирование крови, микрофильтрование и др.)	80 Ashby Road, Bedford, MA 01730
Myers Metal & Minerals, Inc.	Производство зернистых фильтрующих сред и смесей (песок, уголь, ортосиликат)	459 Colman Building, Seattle, WA 98104
National Filter Media Corp.	Тканые и нетканые фильтрующие материалы для фильтров и центрифуг различных конструкций	1717 Dixwell Av., P.O. Box 4217, Hamden, CT 06514
NETZSCH, Inc.	Высокоавтоматизированные фильтр-прессы плиточно-рамные, камерные, камерные с отжимными мембранами, а также системы для обезвоживания с помощью фильтр-прессов сточных вод, оборудование для микрофильтрования	119 Pickering Way; Exton, PA 19341—1393
Norman Ultraporous Filter Co.	Патронные фильтры для технологических трубопроводов диаметром до 50 мм, фильтрующие патроны из нержавеющей стали, стекловолокна или целлюлозы (рабочее давление 102 МПа)	9850 Industrial Dr., P.O.Box 1349, Bridgeview, IL 60454

Фирма	Оборудование	Адрес
Nuclear Metals	Металлические порошки для производства фильтрующих элементов	2229 Main Street, Concord, MA 01742
Oakland Products	Фильтры грубой очистки для трубопроводов, мешочные фильтры, патронные фильтры	1130 Wide Track Drive, Pontiac, MI 48058
Osmonics, Inc.	Патронные фильтроэлементы, складчатые патронные фильтроэлементы, ультрафильтрационные мембраны (синтетические и из металла), керамические микропористые фильтры, патронные фильтры	5954 Clearwater Drive, Minnetonka, Minnesota, 55343
Pall Corporation	Фильтрующее оборудование различного назначения для атомной энергетики	2200 Northern Boulevard, East Hill, NY 11548
Penn-Anderson Equipment Company, Inc.	Проектирование и изготовление установок для испытания фильтрующих сред	P.O.Box 305 Oakmont, PA 15139
Perlite Company	Порошковые вспомогательные фильтрующие вещества	8150 Washington Village Drive, Dayton, OH 45458
Porter Systems	Портативные системы удаления масла и других загрязнений из воды, в том числе ультрафильтры	P.O.Box 415, Bridgeport, NY 13030
Precision Fabrics Group Inc.	Фильтрующие ткани из различных материалов	Suite 600, One Southern Life Center, Greensboro, NC 27401
Progress Water Technologies Corp.	Системы непрерывной водоподготовки (удаление нитратов, органики и неорганики, фильтрование, удаление тяжелых металлов, токсинов, обесцвечивание)	St. Petersburg, Florida
Roediger Pittsburgh, Inc.	Ленточные фильтр-прессы, гравитационные ленточные фильтры Roebelt, барабанные сетчатые концентраторы для предварительного сгущения суспензий	3812 Rt. 8, Allison Park, PA 15101
Roilgard Inc.	Фильтры и системы для очистки масел и топлив с тонкостью фильтрования до 1 мкм, байпасные фильтры и передвижные фильтры с насосом	5600 Thirteenth St., Menominee, Michigan 49858
RON-VIK, Inc.	Большой ассортимент проволочных фильтровальных тканей, фильтров грубой очистки для трубопроводов и всасывающих линий	794 Colorado Ave. So., Minneapolis, MN 55416
Rosedale Products, Inc.	Мешочные фильтры и мешки к ним, позволяющие задерживать частицы размером до 1 мкм (площадь фильтрования до 7 м ²)	P.O.Box 1085, Ann Arbor, MI 48106

Фирма	Оборудование	Адрес
Serfilco Ltd.	Патронные, гравитационные, ленточные фильтры, фильтр-прессы, а также фильтрующие среды самого различного назначения	1234 Depot Street, Glenview, IL 60025
Simpson Filtration, Inc.	Фильтр-прессы	81 Parr Bldg., Richmond, CA 94801
Snow Filtration Company (одна из наиболее крупных национальных компаний по производству нетканых фильтрующих материалов)	Фильтрующие материалы для жидкостей и газов	4900 Spring Grove Av. Cincinnati, OH 45232
D.R. Serry & Co.	Фильтр-пресс Sperry	112 North Grant Street, North Aurora, IL 60542
SWECO	Гравитационные виброфильтры	8029 US. Hwy. 25, P.O.Box 1509, Florence, KY 41022-1509
TETKO, Inc.	Производство сеток и тканей, фильтрующих лент и рукавов из самых различных материалов от металлов до углеродных волокон	420 Saw Mill River Road, Elmsford, NY 10523
The Duriron Company, Inc.	Производство разнообразного оборудования, в том числе реактор-нуж фильтров, трубчатые фильтры, фильтр-прессы, горизонтальные и вертикальные листовые фильтры	9542 Hardpan Road, Angola, NY 14006
Vapronics, Inc.	Системы обработки воды, ионообменные фильтры, установки обратного осмоса и ультрафильтрации	Cordage Park Plymouth, Mass. 02360
Water Services Corp.	Установки для обратного осмоса, ионообменное оборудование, ультрафильтры, микрофильтры и зернистые фильтры	Waukesha, WI
Western Textile Products	Материалы, используемые в качестве фильтров (ткани, нетканые, иглопробивные и другие материалы)	8939 Directors Row, Dallas, TX 75247
Whatman, Inc.	Фильтрующие материалы и мембраны для микрофильтрации	9 Bridgewell Place, Clifton, NJ 07014
William R. Perrin, Inc.	Ленточные фильтр-прессы, автоматизированные фильтр-прессы с размером плит от 470 до 1200 мм и другое фильтровальное оборудование	Ajax, Ontario, Canada, L13 2G7

Фирма	Оборудование	Адрес
W.L. Gore & Associates, Inc.	Жидкостные фильтры с обратной импульсной регенерацией и мембранной фильтротканью Gore-Tex, задерживающей на своей поверхности 90% латексных частиц размером 3 мкм	101 Lewisville Road, P.O.Box 1100, Elkton, MD 21921
Zinga Industries, Inc.	Фильтры для емкостей и фильтры для трубопроводов, патронные фильтроэлементы (в некоторых конструкциях в сочетании с магнитами для извлечения из потока магнитных примесей), передвижные фильтрующие установки	1464 Industrial Drive, Itasca, IL 60143
Zimpro/Passavant	Дисковые фильтры типа Idrex под давлением с удалением осадка при помощи щеток, автоматизированные фильтр-прессы и системы для обезвоживания шламов	301 W. Military Rd., Rothschild, WI 54474
3M Filtration Products	Мешочные фильтры с толщиной фильтрования до 1 мкм, многослойные фильтрующие материалы из нетканых полипропиленовых микроволокон для различных отраслей промышленности	552-1, 3M Center, St. Paul, MN 55144

ЛИТЕРАТУРА

1. Мауер Е. Solid/Liquid Separation — Selection Techniques// Fluid/Particle Separation Journal. — 1988, 1, N 2, p. 129—139.
2. Проспект фирмы «Eimco». Filtration and Separation Equipment.
3. Проспект фирмы «Eimco». EimcoMet. — 1984.
4. Проспект фирмы «Eimco». Solvent Oil Dewaxing Filters. — 1989.
5. Проспект фирмы «Eimco». HDP Beltpress Filters. — 1982.
6. Туровский И. С., Двинских Е. В., Керни А. С. Обезвоживание осадков сточных вод с применением фильтр-прессов /Обзорная информация. Сер. ХМ-1. — М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1989.
7. Бюллетени фирмы «Komline-Sanderson». KSB 509—8310; 510—7902; 160—8801; 504—8710; 145—9/85.
8. Бюллетень фирмы «Hewitt». Sewage Disposal Screens.
9. Бюллетень фирмы «Hewitt». Water Filters/Microstrainers.
10. Проспект фирмы «GNC». — 1988.
11. James J. Joseph. Coolant Filtration. — Joseph Marketing, East Syracuse, NY, 1985.
12. El-Hindi. J. Gravity or Air Vacuum Flat Bed Filters // Filtratin News (USA). 1989, 7, N 5, p. 18—22.
13. Проспект фирмы «Верех». — 1989.
14. Каталог фирмы «Serfilco, Ltd». — 1989.
15. Pollution Engineering. — 1990, March, p. 53.
16. Filtration and Separation. — 1990, 27, N 1, p. 47.
17. Проспект фирмы «Hayward Industrial Products». SOM-100. — 1989.
18. Бюллетень фирмы «Artisan Industries Inc.» № 4081; № 4060.

19. Проспект фирмы «Eimco». Sriver Filter Presses. — 1986.
20. Бюллетень фирмы «The Duriron Company Inc.» EF/24; EF-12j; EF-14i; EF-21a.
21. Бюллетень фирмы «Zimpro/Passavant». FP-100. — 1989.
22. Бюллетень фирмы «Netzsch-Filtrationstechnik GmbH». FP-101; FP-006.
23. Бюллетени фирмы «Ertel Engineering Co». № 90; EM-6; V-1; EF-4.
24. Бюллетень фирмы «K—F Environmental Technologies».
25. Проспект фирмы «BHS Werk Sonthofen» (ФРГ). — 1987.
26. Бюллетень фирмы «Zimpro/Passavant». — 1989.
27. Бюллетень фирмы «Michigan Daynamics Inc.» № 400A. — 1988.
28. Бюллетени фирмы «Michigan Daynamics Inc.» № 530A; № 1100; № 560.
29. Проспект фирмы «Oakland Products».
30. Бюллетень фирмы «W. L. Gore and Associates, Inc.» LF-7; LF-1. — 1987.
31. Gardon R. S. Swith. Gore Back-Pulse Filtration Compared to Gravity Thickening //Present at American Filtration Society Annual Meeting. — March 27—29, Pittsburgh, PA. — 1989.
32. Бюллетень фирмы «Norman Ultraporous Filter Company». — 1988.
33. Брошюры фирмы «Filtration Systems». A; B; C; D; E. — 1988.
34. Каталоги фирмы «Rosedale». 6002-MX; MB; 6002-FB2; DF-2; CL-103.
35. Проспект фирмы «Fast Systems». — 1987.
36. Проспекты фирмы «Ronningen-Petter». — 1990.
37. Бюллетень фирмы «Littleford Bros», № 17.
38. Проспект фирмы «Belleville Wire Cloth Co.» — 1989.
39. Каталог фирмы «Tetko». — 1987.
40. Бюллетень фирмы «NFM». — 1990.
41. Проспект фирмы «Du Pont». — H-24321.
42. Проспекты фирмы «lydall, Inc.».
43. Проспекты фирмы «Pall». — 1989.
44. Проспекты фирмы «Fuji America».
45. Каталог фирмы «Zinga Industries». — 1988.
46. Бюллетень фирмы «Filtroil».
47. Бюллетени фирмы «Peachtree Filtration» — 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	1
Фильтры непрерывного действия	2
Фильтры периодического действия	15
Фильтрующие материалы	38
Заключение	46
Фирмы США, производящие фильтровальное оборудование	46
Литература	55

Набрано на ФА 500

Отвественный за выпуск Т. С. Мельникова

Технический редактор Т. К. Буракова

Корректор Т. Н. Реброва

Подписано в печать 24.04.91 г.

Усл. печ. л. 3,75.

Уч.-изд. л. 4,52.

Тираж 690 экз. Заказ № 228. Изд. № 2964. Формат 60×90¹/₁₆. Цена 3 руб.

ПМБ ЦИНТИхимнефтемаша. 119048, Москва, Г-48, ул. Доватора, 12