

УДК 628.336.422

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТИПОРАЗМЕРНОГО РЯДА ФИЛЬТРА НАПОРНОГО С АНТРАЦИТО-КВАРЦЕВОЙ ЗАГРУЗКОЙ ДИАМЕТРОМ КОРПУСА 2000 ММ И 3000 ММ

А. В. ЕРОХИН, канд. техн. наук, заведующий лабораторией,
И. С. БЕРЕЖНОЙ, директор опытного завода, **Ю. С. ГАВРИШ**, начальник отдела,
Л. Т. ЛАПИНА, начальник отдела, **Д. В. СЕМЕНОВ**, младший научный сотрудник
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

УкрГНТЦ «Энергосталь» разработал и освоил изготовление на собственном опытном заводе фильтра напорного с антрацито-кварцевой загрузкой диаметром корпуса 2000 мм и 3000 мм (фильтры ФН-2000 и ФН-3000). Назначение фильтра – компоновка фильтровальных станций производительностью до 1500 тыс. м³/ч доочистки сточных вод в системах оборотного водоснабжения станов горячей прокатки и МНЛЗ. Фильтр отличается высокими технико-экономическими показателями: средняя скорость фильтрования – 30–40 м/ч, продолжительность фильтроцикла – 24 ч и др.

Станы горячего проката и машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) являются наиболее крупными потребителями воды в черной металлургии. Водоснабжение этих агрегатов осуществляется по оборотной схеме.

Отработанные сточные воды, загрязненные окисью и маслами, проходят очистку в отстойниках и напорных зернистых фильтрах различной конструкции.

На отечественных предприятиях черной металлургии в системах оборотного водоснабжения станов горячей прокатки и МНЛЗ наиболее широко применяется 3-ступенчатая технологическая схема очистки оборот-

ной воды: яма для окислины – радиальный или горизонтальный отстойник – напорный фильтр с антрацито-кварцевой загрузкой диаметром 3400 мм конструкции УкрГНТЦ «Энергосталь». При таком составе очистных сооружений достигается требуемое качество воды по содержанию окислины и масел для любых потребителей станов горячей прокатки и МНЛЗ, что является главным условием создания полностью замкнутых систем водоснабжения [1].

Напорный фильтр диаметром 3400 мм имеет высокие технологические показатели. Требуемое качество



оборотной воды достигается при скорости фильтрования 30–40 м/ч и продолжительности фильтроцикла 24 ч.

В качестве фильтрующих материалов применяются кварцевый песок и антрацит толщиной слоя загрузки по 1,1 м.

За время многолетней эксплуатации выявлен ряд недостатков в конструкции этого фильтра, а именно: возникли трудности в замене дренажных колпачков, ведении водо-воздушной промывки фильтрующей загрузки, низком уровне автоматизации и др.

Область применения фильтра напорного диаметром 3400 мм – фильтровальные станции производительностью от 1500 м³/ч до 6000 м³/ч. При меньшей производительности фильтровальной станции по условиям стабильности гидравлического режима и снижения разовых расходов воды на промывку целесообразно иметь фильтр меньшей производительности, например, фильтр напорный диаметром корпуса 2000 мм и 3000 мм.

В связи с вышеизложенным, УкрГНТЦ «Энергосталь» в 2004–2005 гг. разработал новый типоразмерный ряд фильтра напорного с антрацито-кварцевой загрузкой диаметром корпуса 2000 мм и 3000 мм (фильтры ФН-2000 и ФН-3000). Фильтр ФН-2000 в количестве 6 шт. принят в проект для оснащения фильтровальной станции доочистки воды от окалины и масел в грязном оборотном цикле водоснабжения МНЛЗ № 6 на ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» («ОЭМК»), а фильтровальная станция грязного оборотного цикла водоснабжения литейно-прокатного завода в г. Ярцево Смоленской обл. оснащается фильтром ФН-3000.

Изготовитель фильтров ФН-2000 и ФН-3000 – опытный завод УкрГНТЦ «Энергосталь» (г. Харьков).

В первом квартале 2005 г. на опытном заводе изготовлена промышленная партия фильтров ФН-2000 для ОАО «ОЭМК». Фильтровальное оборудование для литейно-прокатного завода в г. Ярцево намечается изготовить в первом полугодии 2006 г.

Технические требования к фильтрам ФН-2000 и ФН-3000. Разрабатываемые фильтры должны соответствовать следующим условиям:

- достижению требуемой эффективности и стабильности очистки;
- обеспечению эффективной регенерации фильтрующей загрузки и классификации зерен антрацита и песка по слоям загрузки;
- продолжительности фильтроцикла, определяемой величиной допустимой потери напора в фильтрующей загрузке;
- надежности работы фильтра.

При выборе принципиальной схемы фильтра необходимо было обратить внимание на снижение задерживаю-

щей способности в процессе фильтрования взвешенных частиц в верхнем слое загрузки и предотвращение образования поверхностного слоя осадка с большим сопротивлением. Указанное явление может быть исключено путем использования в первом слое более крупных зерен загрузки, направлением потока фильтруемой воды от крупных зерен загрузки к более мелким и фильтрования на повышенных скоростях через слой загрузки большой высоты.

Распределительные устройства фильтра должны исключать вынос зерен загрузки во время фильтрования, промывки и попадания случайных предметов в фильтр. Эти условия могут быть обеспечены за счет установки в верхнем распределительном устройстве колосниковой решетки из нержавеющей стали, а также за счет того, что ширина щелей в нижнем распределительном устройстве меньше, чем диаметр наименьших зерен загрузки нижнего слоя.

Нижнее распределительное устройство выполняется по типу «ложное днище» с установкой щелевых колпачков большой пропускной способности (в режиме фильтрования – до 1 л/с, в режиме промывки – до 2 л/с), изготовленных из нержавеющей стали.

Следует учитывать, что в период фильтрования нижнее распределительное устройство будет выполнять функции дренажной системы, обеспечивая равномерный отвод фильтрата, а во время обратной промывки фильтрующей загрузки оно должно обеспечивать равномерное распределение воздуха и воды по площади фильтра, исключая гидравлическую неустойчивость входящего водо-воздушного потока.

Конструктивные решения по нижнему распределительному устройству должны быть приняты, исходя из следующих положений:

- равномерного распределения фильтрата в процессе фильтрования воды, а при промывке – воздуха и воды. Это достигается за счет применения дренажных колпачков большого сопротивления;
- величина потери давления принимается, исходя из условий обеспечения напорно-расходной характеристики работы фильтра в устойчивом режиме;
- забываемость щелей колпачков достигается тем, что ширина щелей в колпачках меньше, чем наименьший диаметр зерен загрузки, а скорость воды в щелях колпачка при промывке должна быть больше 3 м/с. Эти условия обеспечиваются при потере давления в колпачках не менее 50 кПа.

Состав фильтров ФН-2000 и ФН-3000. Технологическая схема фильтра представлена на рис. 1.

Показатели назначения. Основные параметры и размеры фильтров ФН-2000 и ФН-3000 приведены в табл. 1.

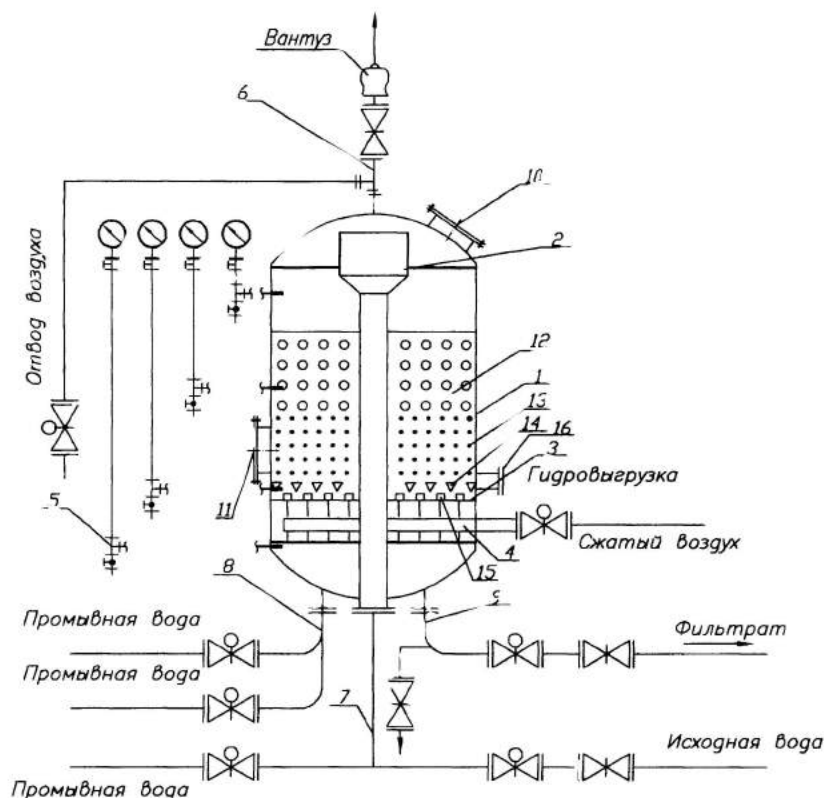


Рис. 1. Технологическая схема фильтров ФН-2000 и ФН-3000:

- 1 – корпус; 2 – верхнее распределительное устройство (фильтр грубой очистки); 3 – нижнее распределительное устройство; 4 – коллектор для подвода сжатого воздуха; 5 – узел замеров давления и отбора проб; 6 – узел отвода воздуха из корпуса фильтра; 7 – узел подачи исходной и отвода промывной воды; 8 – узел подачи промывной воды; 9 – узел отвода фильтрата и опорожнения фильтра; 10 – люк загрузки фильтрующих материалов; 11 – люк технологический; 12 – слой антрацита; 13 – слой кварцевого песка; 14 – подстилающий слой гранитного щебня; 15 – колпачок щелевой дренажный; 16 – штуцер для гидровыгрузки.

Принцип действия и режим работы. Фильтрация «грязной» воды в зернистом слое производится при движении водного потока «сверху-вниз». Обработываемая вода под давлением насосов поступает в корпус 1 фильтра через вертикальную трубу и колосниковые решетки в верхнем распределительном устройстве 2. Проходя слои антрацита и кварцевого песка через дренажные колпачки в нижнем распределительном устройстве 3, она попадает в поддренажное пространство и по трубопроводу 9 отводится в коллектор фильтрованной воды. При достижении заданной величины перепада давления в фильтрующей загрузке фильтр переводится в режим промывки, или же длительность процесса фильтрации в одном цикле может быть ограничена заданным временем работы фильтра.

В первом случае контроль работы фильтра ведется по разности показаний манометров (разности потери динамического напора по дифференциальному манометру); во втором случае ограничивается заданной продолжительностью полезного времени фильтроцикла. В обоих случаях после окончания рабочего цикла

фильтрации фильтр отключается от трубопроводов исходной воды и фильтрата и переводится на промывку.

Промывка фильтрующей загрузки производится обратной («снизу-вверх») подачей сжатого воздуха и потока воды.

Для вымывания и удаления накопившихся в фильтре загрязнений через дренажные колпачки «снизу-вверх» в загрузку сначала подается воздух, который барботирует зернистый фильтрующий материал, а затем вода, предназначенная для вымывания частиц окислы и капелек масел. Расходы сжатого воздуха и воды, продолжительность их подачи представлены в табл. 1.

Программа операций управления работой фильтра в режимах фильтрации и промывки представлена на рис. 2.

Общая характеристика принципа работы фильтровальной станции. Фильтровальная станция, оборудованная фильтрами ФН-2000 и ФН-3000, работает по методу сверхскоростного фильтрации.

Сущность метода состоит в том, что осветленная вода фильтруется через зернистую насадку «сверху-вниз» с уменьшающейся скоростью фильтрации в течение фильтроцикла. Создание единых гидравлических и технологических условий работы фильтров обеспечивается объединением их в самостоятельные блоки.

Работа фильтровальной станции характеризуется следующими особенностями:

- каждый фильтр работает с понижающейся скоростью фильтрации в течение фильтроцикла. Максимальная скорость фильтрации – в начале фильтроцикла, минимальная – в конце фильтроцикла. Исходя из условий экономичности работы фильтра, допускается понижение средней скорости фильтрации не более чем на 30 %. Таким образом, принимается отклонение от средней скорости фильтрации не более $\pm 30\%$;
- разность давлений, равная потере напора в фильтрующей загрузке, колпачковом дренаже, подводящих и отводящих коммуникациях фильтра, в любой момент времени одинакова для всех фильтров фильтровальной станции в целом. Эта величина равна разности показаний манометров, установленных на коллекторах подачи грязной воды и отвода фильтрата. Причем манометры должны быть выведены на одну отметку. Величина разности давлений зависит от потребного



Таблица 1.

Основные параметры и размеры фильтров ФН-2000 и ФН-3000

Наименование параметра и размера	Единица измерения	Норма	
		фильтр ФН-2000	фильтр ФН-3000
1. Производительность	м ³ /ч	100	300
2. Давление рабочее, не более	МПа (кгс/см ²)	0,6 (6)	0,6 (6)
3. Площадь фильтрования	м ²	3,09	6,95
4. Температура рабочая, не более	°С	+40	+40
5. Среда	–	вода с фильтрующей загрузкой (антрацит, кварцевый песок, щебень гранитный). Не токсичная, не взрывоопасная, но коррозионная	
6. Фильтрующие материалы антрацит:			
– диаметр зерен	мм	3–6	3–6
– коэффициент неоднородности	–	2	2
– толщина слоя	м	1,1	1,1
– плотность	кг/м ³	1650	1650
– насыпная плотность	кг/м ³	900	900
– объем слоя загрузки	м ³	3,07	7,645
кварцевый песок:			
– диаметр зерен	мм	1,6–2,4	1,6–2,4
– коэффициент неоднородности	–	1,5	1,5
– толщина слоя	м	1,1	1,1
– плотность	кг/м ³	2600	2600
– насыпная плотность	кг/м ³	1400	1400
– объем слоя загрузки	м ³	3,07	7,645
гранитный щебень (поддерживающий слой):			
– диаметр зерен	мм	5–10	5–10
– толщина поддерживающего слоя	м	0,1	0,1
– плотность	кг/м ³	2800	2800
– насыпная плотность	кг/м ³	1680	1680
– объем слоя загрузки	м ³	2,763	0,695
7. Годовая потеря загрузки	%	10	10
8. Масса фильтрующей загрузки:			
– антрацит	т	2,763	6,880
– кварцевый песок	т	4,298	10,703
– щебень гранитный	т	0,516	1,168
9. Расчетная скорость фильтрования (средняя за фильтроцикл)	м ³ /м ² ч	30–40	30–40
10. Эффективность очистки			
– от твердых взвешенных частиц	%	90	90
– от плавающих масел	%	75	75
11. Продолжительность фильтроцикла с учетом времени промывки	ч	12–24–36	12–24–36
12. Продолжительность промывки с учетом открытия и закрытия затворов	ч	0,5	0,5
13. Перепад давления при номинальной производительности	МПа, (кгс/см ²)	0,05 (0,5)	0,05 (0,5)
14. Давление, необходимое для промывки до	МПа, (кгс/см ²)	0,4 (4)	0,4 (4)
15. Режим промывки:			
первый этап – подачей сжатого воздуха, интенсивностью до	нм ³ /м ² с	0,014 (350 нм ³ /ч)	0,014 (350 нм ³ /ч)
*второй этап – потоком воды, интенсивностью до	м ³ /м ² с	0,014 (350 м ³ /ч)	0,014 (350 м ³ /ч)

*– Один раз в неделю второй этап промывки производится подачей воды расходом на фильтр ФН-2000 – до 350 м³/ч, фильтр ФН-3000 до 850 м³/ч продолжительностью 7–8 мин.

Таблица 1. Продолжение

Наименование параметра и размера	Единица измерения	Норма	
		фильтр ФН-2000	фильтр ФН-3000
16. Расход воздуха на одну промывку	нм ³	40	90
17. Расход воды на одну промывку	м ³	40	90
18. Относительный расход воды на промывку, не более	%	1	1
19. Масса фильтра			
– конструкции фильтра	кг	4650	7500
– нагрузочная (с учетом фильтрующих материалов и воды)	кг	19826	45380
20. Габаритные размеры:			
– длина	мм	2400	3300
– ширина	мм	2150	3024
– высота	мм	5130	5380
– внутренний диаметр	мм	2000	3000

расхода чистой воды на технологические нужды и промывку фильтров, количества работающих фильтров, продолжительности фильтроцикла и других факторов.

Общие потери давления в фильтрах не должны превышать 0,1 МПа. Скорость фильтрования в любой момент времени в отдельных фильтрах будет разной при равной общей потере напора в станции. Последнее объясняется различной степенью заиливания фильтрующей загрузки, что, соответственно, создает разное сопротивление фильтрованию, так как каждый фильтр проработал к данному моменту времени различное время после промывки.

Фильтровальная станция, состоящая из одного блока фильтров, при работе на основном режиме продолжительностью фильтроцикла 24 часа должна быть рассчитана на пропуск полезного расхода воды и расхода воды на промывку каждого фильтра один раз в сутки. В качестве промывной воды используется охлажденный фильтрат после градирни. Для этой цели часть фильтрата равномерно отводится в аккумулирующую емкость, а оттуда отдельными насосами подается на промывку.

При наличии в системе оборотного водоснабжения водонапорной башни промывка фильтров производится водой из этой башни. Высота башни должна быть достаточной для создания напора промывной воды.

Оснащение фильтров ФН-2000 и ФН-3000 устройством КИПиА. На корпусе фильтров установлены 4 манометра: до «ложного» днища, выше «ложного» днища, на границе раздела песок-антрацит и выше слоя антрацита. Все манометры выведены на одну отметку.

Перепад давления между коллекторами грязной воды и фильтрата измеряется манометрами, вынесенными также на одну отметку.

Система автоматизации должна обеспечивать управление режимами фильтрования и промывки фильтров фильтровальной станции в целом.

При разработке технической документации рекомендуется принять следующий уровень автоматизации оборудования фильтровальной станции:

- автоматизация и управление фильтровальной станции выполняются на базе микропроцессорных устройств и контроллеров фирмы «Siemens»;
- основные параметры работы оборудования должны отображаться на мониторе управления насосно-фильтровальной станции;
- управление агрегатами осуществляется с помощью контроллера;
- предусматривается автоматическое управление работой фильтров (фильтрование и промывка) во временном режиме; при этом в каждом блоке в работе может находиться различное количество фильтров при продолжительности фильтроцикла 24 часа (основной режим), 12 или 36 часов.

В ходе выполнения данной работы с учетом многолетнего опыта эксплуатации фильтра с антрацито-кварцевой загрузкой диаметром корпуса 3400 мм разработан новый типоразмерный ряд фильтра диаметром корпуса 2000 мм и 3000 мм (фильтры ФН-2000 и ФН-3000) усовершенствованной конструкции.

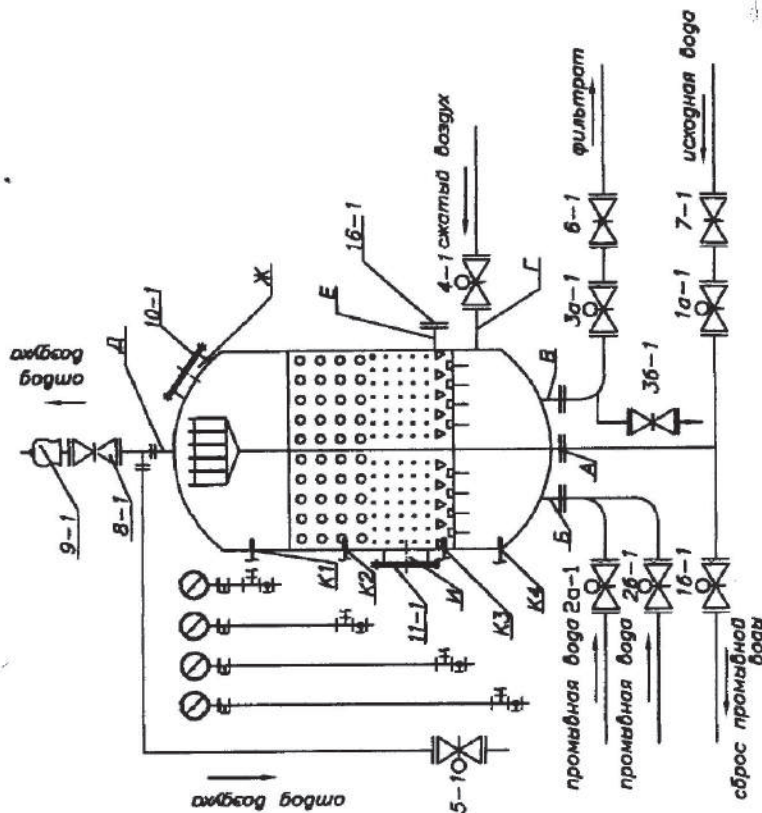
Новый фильтр отличается более высокими технико-экономическими показателями.

Назначение фильтра – глубокая доочистка воды от окислы и масел в системах оборотного водоснабжения прокатных цехов и МНЛЗ.

Изготовитель фильтра – опытный завод УкрГНТЦ «Энергосталь» (61166, Украина, г. Харьков, пр. Ленина, 9).



- Примечание:
1. Затвор 2б-1 предназначен для подачи дополнительного расхода воды при необходимости проведения интенсивной промывки.
 2. Затвор 3б-1 предназначен для опорожнения фильтра.
 3. Интенсивная промывка производится по такой же программе, за исключением: затворы 2а-1 и 2б-1 открываются одновременно, а продолжительность подачи промывной воды составляет 7-8 мин.
 4. Затворы б-1 и 7-1 с ручным приводом предназначены для отключения фильтра на ремонт.
 5. Номера запорно-регулирующей арматуры показаны для фильтра N1 фильтровальной станции.



Наименование операций и NN затворов	закр. 1а-1, 3б-1.	откр. 1б-1, 5-1.	откр. 4-1.	барботи-рование загрузки сжатым воздухом	откр. 2а-1.	закр. 5-1.	закр. 2б-1, 1б-1	подача промывной воды	откр. 1а-1, 3б-1.
	подача исходной воды	понижение уровня воды в фильтре							
Наименование технологического процесса	промывка, мин.								
Продолжительность	23,5	2	1	1	1	1	1	10	1
Программа операций управления работой фильтра ФН-3000 в режимах фильтрования и промывки.									

Рис. 2. Режимная карта работы фильтра ФН-2000 и ФН-3000 (основной режим с длительностью фильтрования 24 ч.)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обследование и разработка рекомендаций на расширение существующего оборотного цикла (контур № 7) МНЛЗ ОАО «ОЭМК»: Отчет / УкрГНТЦ «Энергосталь». – Харьков, 2004. – 16 с.
2. Ерохин А. В. Доочистка маслокалиносодержащих сточных вод цехов горячего проката и непрерывной разливы стали на сверхскоростных двухслойных фильтрах: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Ленинград, 1981.
3. Исследование работы головного образца антрацитокварцевого фильтра в производственных условиях: Отчет о НИР/ ВНИПИчерметэнергоочистка; № ГР 79029360. – Харьков, 1980. – 50 с.
4. А. с. 710580 СССР, МКИ² В 01 D23/26. Фильтр для очистки воды / А. В. Ерохин, В. Ф. Цвилков, В. Р. Шварц, Е. А. Мороз (СССР). – № 3747676/23-26; Заяв. 31.05.84; Оpubл. 07.03.86, Бюл. № 12. – 3 с.: ил.
5. А. с. 1215730 СССР, МКИ¹ В 01 D23/20. Дренажный колпачок фильтра / А. В. Ерохин, В. Р. Шварц, В. Ф. Обозный, Л. В. Косовцева, Г. С. Пантелют, Р. М. Грызлин (СССР). – № 3747676/23-26; Заяв. 31.05.84; Оpubл. 07.03.86, Бюл. № 12. – 3 с.: ил.