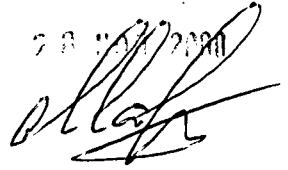


На правах рукописи

РГБ ОД

7 0 1 0 0 1 2 0 0 0

Моргунов Алексей Викторович



ОЧИСТКА ВЫСОКОМУТНЫХ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ
СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЦЕХА ТОПЛИВОПОДАЧИ ТЭЦ

05.23.04 - Водоснабжение, канализация, строительные системы
охраны водных ресурсов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических
наук

Новосибирск 2000

Работа выполнена на кафедре водоснабжения и водоотведения в
Новосибирском Государственном архитектурно-строительном
университете

Научный руководитель - член-корреспондент РЭА,
доктор технических наук,
профессор А. М. Фоминых

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Г.Р. Бочкарев
- кандидат технических наук,
доцент К.Л. Кунц.

Ведущая организация ОАО «Новосибирсктеплоэлектропроект».
Защита состоится *28 июля* 2000 года в 10 часов в ауд. 306
на заседании диссертационного Совета Д 064.04.02 в
Новосибирском государственном архитектурно-строительном
университете по адресу: 630008, г. Новосибирск, ул.
Ленинградская, 113.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НГАСУ.

Автореферат разослан *27 июля* 2000г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доцент, канд. тех. наук.



Дзюбенко Л.Ф.

Актуальность работы Важнейшим условием экономического и социального развития нашей страны является строительство топливно-энергетического комплекса. Одним из видов теплоэнергетического комплекса являются теплоэлектростанции (ТЭС), работающие на твердом топливе. В процессе подготовки топлива для сжигания возникает большое количество пыли, для борьбы с которой используют огромные объемы воды. Образовавшаяся сточная жидкость транспортируется в золоотвал, при этом происходит потеря угля, свежей воды и загрязнение окружающей среды. В настоящее время, в связи с нехваткой денежных средств промышленных предприятий на разработку и строительство очистных сооружений, остро стоит проблема охраны окружающей среды и рационального использования водных ресурсов страны. В связи с этим, возникает необходимость разработки новых экономически выгодных и недорогих, по возможности бессточных и безотходных технологий очистки сточных вод промышленных предприятий. Техническое водоснабжение ТЭС, работающих на твердом топливе, предусматривается в целом оборотным. Однако не решен вопрос с очисткой сточных вод от аспирационных установок и гидроуборки трактов топливоподдачи. Расход их составляет в среднем 2000 м³/сут, при содержании угольной пыли порядка десятка граммов в литре. Таким образом, проведение исследований и разработка технологии очистки сточных вод от гидроуборки и аспирационных установок трактов топливоподдачи ТЭС от угольной пыли с возвратом воды в оборот является актуальной проблемой.

Цель и задачи работы Цель данной диссертации – исследование процесса очистки высокомутных углесодержащих сточных вод цеха топливоподдачи ТЭС методом прямоточного фильтрования на зернистых фильтрах с использованием теории и технологического моделирования профессора А. М. Фоминых. На основании полученных параметров технологического моделирования разработать рекомендации для проектирования и расчета фильтров в оптимальных условиях работы при условии обеспечения степени очистки по взвешенным веществам до 20 мг/л, возвратом осадка на сжигание, а воды в

оборот. Для достижения указанной цели в диссертационной работе решались следующие основные задачи:

- исследование технологии топливоподачи ТЭС, работающих на твердом топливе;
- сравнение и выбор оптимальной из существующих технологий фильтрования для очистки углесодержащих вод;
- проведение опытов по очистке углесодержащих высокоомутных сточных вод от цеха топливоподачи ТЭС – 5 г. Новосибирска, в лабораторных и полупроизводственных условиях;
- выбор методики технологического моделирования;
- оптимизация процесса очистки воды фильтрованием в разработанной А.М. Фоминых безотходной технологии очистки высокоомутных углесодержащих сточных вод от цеха топливоподачи ТЭС;
- определение экономической эффективности оборотной системы водоснабжения узла гидрооборки и аспирации трактов топливоподачи с возвратом осадка на сжигание, а воды в оборот.

Научная новизна:

- впервые для исследования процесса очистки высокоомутных углесодержащих сточных вод выполнено технологическое моделирование;
- исследована технологическая схема оборотной системы водоснабжения узла гидрооборки и аспирационных установок трактов топливоподачи ТЭС с возвратом осадка на сжигание;
- научно обоснована оптимизация процесса очистки сточных вод прямоточным фильтрованием;
- решена проблема охраны окружающей среды узла топливоподачи ТЭС.

Практическая ценность проделанной работы заключается в решении проблемы очистки высокоомутных углесодержащих сточных вод цеха топливоподачи ТЭС, с возвратом полученного осадка на сжигание. Получен экономический эффект.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- оптимизация и обоснование разработанной технологии очистки сточных вод цеха топливоподачи ТЭС, в результате технологического моделирования процесса очистки высокомутных углесодержащих сточных вод прямоточным фильтрованием без предварительного отстаивания;
- технико - экономическое обоснование разработанной технологии.

Работа докладывалась на:

1. 53 Научно – технической профессорско-преподавательской конференции с участием представителей строительных, проектных и научно – исследовательских организаций. - 1996г. Новосибирск.
2. 54 Научно – технической профессорско-преподавательской конференции с участием представителей строительных, проектных и научно – исследовательских организаций. - 1997г. Новосибирск.
3. 57 Научно – технической конференции посвященной 70 – летию НГАСУ – Новосибирск 2000.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения и приложений; изложена на 131 странице машинописного текста; содержит 21 рисунок, 23 таблицы и 3 приложения; список литературы включает 122 наименования.

Содержание работы

В первой главе рассмотрены элементы тракта топливоподачи тепловых электростанций, работающих на твердом топливе, а так - же отрицательные последствия пылеобразования, возникающие при транспортировании углей (пожаро -, взрывоопасность и антисанитарные условия). Приведены сведения о мероприятиях по борьбе с пылением, основными из которых является гидроуборка и аспирация. Сформулированы требования к качеству воды, используемой для повторной гидроуборки и аспирационных установок. Допускается содержание взвешенных веществ в пределах 20 мг/л, рН = 6,5 ... 8,5. Вода так же не должна вызывать коррозии и солевых отложений в трубопроводах и оборудовании. Произведен анализ существующих технологий и способов очистки сточных вод ТЭС от угольной пыли.

Во второй главе диссертации сформулированы теоретические предпосылки очистки высокомутных углесодержащих сточных вод от цеха топливоподдачи фильтрованием и проведен выбор методики технологического моделирования процессов фильтрования через зернистые загрузки. Описана характеристика состава сточных вод от гидроуборки тракта топливоподдачи и аспирационных установок. Определен гранулометрический состав, и концентрация угольной пыли в сточной воде от аспирационных установок, узлов пересыпки и дробления от гидроуборки в системе топливоподдачи ТЭС – 5 г. Новосибирска, работающей на углях Кузбасского месторождения. Сточная вода имела черный цвет, обусловленный наличием угольной пыли. Основными загрязнителями исследуемой жидкости являются мелкодисперсные угольные частицы каменного угля. Особенностью угольных суспензий, обработанных ПАА, является способность к образованию пространственной структурной сетки. Описана способность осадка к структурообразованию в загрузке фильтров. Рассмотрено образование периодических коллоидных структур как процесс, обеспечивающий глубокое осветление воды фильтрованием. Был сделан вывод, что осадок, полученный в процессе фильтрования из угольных частиц с применением полиакриламида, относится к категории периодических коллоидных структур, способных сопротивляться внешнему воздействию потока воды. При фильтровании создаются благоприятные условия для структурообразования осадка без добавки коагулянта и лишь небольшого количества флокулянта ПАА. Более того, структурированный осадок обладает высокой прочностью на сдвиг, что вызывает быструю кольматацию мелкозернистых слоев загрузки. Поэтому применение фильтров с мелкозернистыми загрузками для фильтрования углесодержащей сточной жидкости, обработанной полиакриламидом, недопустимо. Лучшим решением будет укрупнение фракций зерен фильтрующей загрузки и фильтрование снизу вверх, так как это обеспечит более равномерное распределение осадка в загрузке и позволит увеличить продолжительность фильтроцикла. Описаны

существующие теории осветления воды фильтрованием. Подробно рассмотрены теории Д. М. Минца, К. Айвеса, А. М. Фоминых. Для проведения эксперимента была принята теория и методика технологического моделирования А.М. Фоминых. Представлена математическая модель принятой теории осветления воды фильтрованием. Представлено обоснование выбора формулы Козени – Кармана для расчета гидравлических и геометрических параметров при фильтровании через зернистые материалы.

В третьей главе диссертации описана методика проведения экспериментальных исследований по фильтрованию через щебеночную загрузку и представлены результаты обработки экспериментальных данных. Показан выбор и теоретическое обоснование фильтрующего материала для очистки высокомутных углесодержащих сточных вод. Наиболее эффективным фильтрующим материалом являются дробленые горелые породы угольных месторождений. Однако в связи с отсутствием их централизованного приготовления в период настоящих исследований возникла необходимость использования других материалов. В связи с необходимостью применения крупнозернистых материалов для очистки высокомутных углесодержащих сточных вод, в качестве замены горелых пород принято решение использовать строительный щебень соответствующих фракций. Для осуществления технологического моделирования очистки вод фильтрованием, проведены гидравлические исследования щебня различных фракций в широком диапазоне чисел Рейнольдса. Были выведены зависимости в графическом виде, между эквивалентным диаметром, пористостью и коэффициентом формы, которые использовались для определения параметров технологического моделирования. Описано технологическое моделирование: методика, задачи, установка, результаты опытов, расчет и оптимизация фильтров на оптимальную работу. Технологическое моделирование проводилось на основании принятой теории фильтрования. Фильтрование проходило снизу вверх со скоростями 7,56; 11 и 16,2 м/ч. Всего было сделано 15 фильтроциклов. Перед началом фильтроцикла определялись исходные параметры моделирования: диаметр

формы - α , коэффициент динамической вязкости - μ , начальный гидравлический уклон - i_0 .

Исследования по технологическому моделированию проводились на модельной воде, созданной путем перемешивания помолотого угля. Опытная установка состоит из 4-х последовательно соединенных коротких колонок сечением 10×10 см, высотой загрузки 0,6 м. Схема установки представлена на рис 1. Каждая колонка это – ярус однородной загрузки щебня высотой около 60 см, с диаметром зерен 9,33; 4,67; 2,33; 1,167. Окончание фильтроцикла фиксировалось по качеству фильтрата с концентрацией более 20 мг/л. По данным поисковых опытов, проведенных в лабораторных условиях, были получены оптимальные скорость фильтрования и доза полиакриламида. Приведены результаты исследования на полупроизводственной установке. По параметрам технологического моделирования, полученным в результате исследований, произведен расчет и оптимизация работы фильтров. Технологическое моделирование проводилось на основании теории А. М. Фоминых, которая заключается в том, что при движении воды через загрузку фильтров на поверхности зерен загрузки возникают касательные напряжения, разрушающие накопившийся осадок. Когда наступает равенство касательных напряжений и прочности осадка на сдвиг - фильтроцикл заканчивается. При равномерном движении через слой загрузки движущая сила уравнивается силой сопротивления:

$$i\rho gm_{np} = \omega\tau_{np}, \quad (1)$$

где i - гидравлический уклон; g - ускорение силы тяжести, m/c^2 ; ρ - плотность воды, kg/m^3 ; m_{np} - предельная пористость; ω - удельная поверхность фильтрующего материала, $1/m$; τ_{np} - предельные касательные напряжения на поверхности зерен, Па.

Приравнявая $\tau = \sigma$, где σ - прочность осадка на сдвиг, получим условия для технологического моделирования, которое вследствие неравномерности накопления осадка по слоям

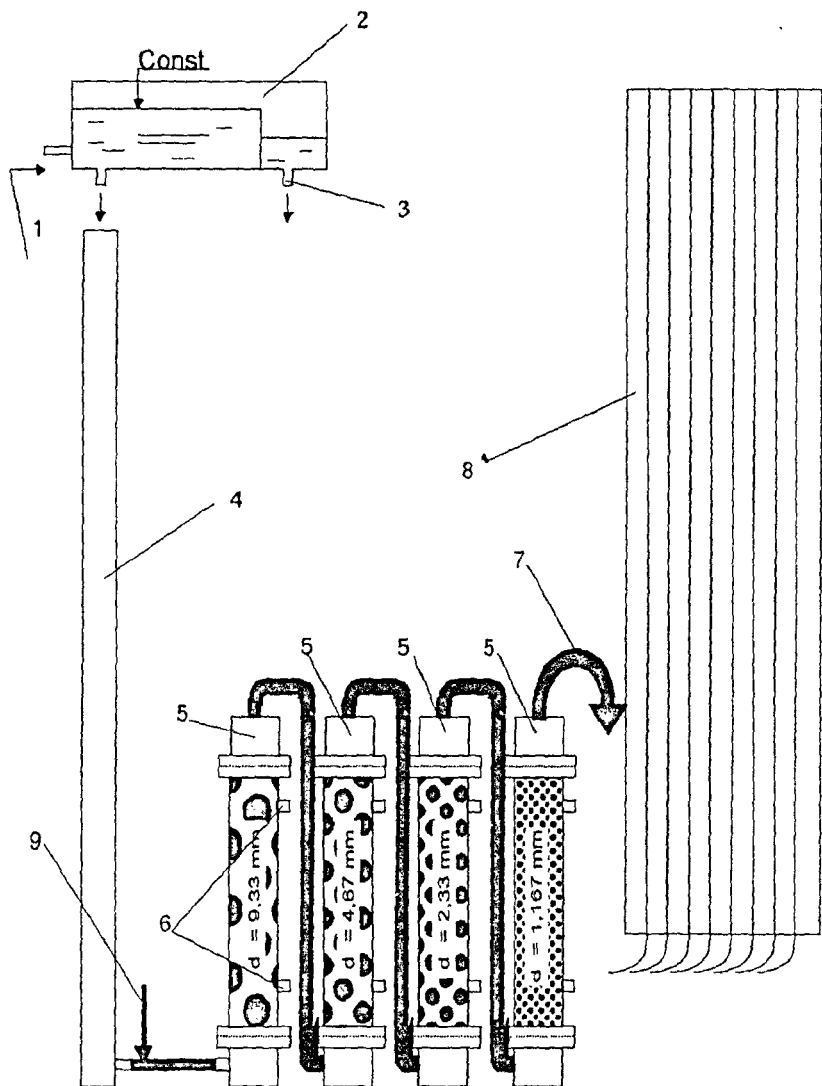


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки где: 1 - подача исходной воды; 2 - бак постоянного напора; 3 - перелив; 4 - воздухоотделитель; 5 - колонки; 6 - пьезометры; 7 - отвод фильтрата; 8 - пьезометрический щит; 9 - ввод полиакриламида.

загрузки, проводится на 4 -х последовательно соединенных колонках.

Гидравлический уклон при ламинарном режиме определяется по формуле Козени - Кармана:

$$i_{\text{пр}} = \frac{184V\alpha^2 \mu (1 - m_{\text{нр}})^2}{\rho g d_{\text{ЭК}}^2 m_{\text{нр}}^3}, \quad (2)$$

где ρ - плотность воды, кг/ м³; V - скорость фильтрования, м/с; $d_{\text{ЭК}}$ - эквивалентный диаметр зерен загрузки, м; μ - вязкость воды, Па с; α - коэффициент формы зерен.

Предельный гидравлический уклон характеризует такое состояние процесса осветления воды фильтрованием, когда вследствие накопления осадка в загрузке величина касательных напряжений на поверхности зерен достигает величины прочности осадка на сдвиг. При этом начинается ухудшение качества фильтрата, и фильтр должен выходить на промывку.

Скоростью фильтрования называют расход фильтруемого потока, отнесенный к единице площади поперечного сечения пористой среды:

$$v = \frac{Q}{F}, \quad (3)$$

Коэффициент формы α - есть отношение поверхности зерна к поверхности равновеликого по объему шара. Прямых методов вычисления α нет, его определяют в аэродинамических и гидравлических испытаниях.

Так как обычно коэффициент формы мало изменяется с изменением величины зерен данного материала, то удельная поверхность зерен загрузки может быть вычислена по известной формуле:

$$\omega = \frac{6\alpha(1 - m_{\text{нр}})}{d}, \quad (4)$$

Чтобы произошел сдвиг одной частицы осадка относительно другой, должно быть преодолено, сопротивление сдвигу. В соответствии с математической моделью, принятой теории фильтрования, величина предельных касательных напряжений при предельной насыщенности пор осадком ($m_{\text{нр}}$) равна:

$$\tau_{np} = \frac{30,66V\alpha(1-m_{np})}{dm_{np}^2}, \quad (5)$$

$$\text{отсюда } m_{np} = -\frac{B}{2} + \sqrt{\left(\frac{B^2}{4} + B\right)}, \quad (6)$$

где В - критерий подобия:

$$B = \frac{30,66V\alpha\mu}{d\tau_{np}}, \quad (7)$$

Насыщенность загрузки осадком:

$$\Delta m_{np} = m_0 - m_{np}, \quad (8)$$

Продолжительность фильтроцикла:

$$t_{ц} = \frac{\Delta m_{np}X_1C + \dots + \Delta m_{np}X_4C}{v(C_0 - C)}, \quad (9)$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 - толщина слоя загрузки в колонке, м; C_0 - концентрация взвеси в исходной воде, мг/л; C - концентрация взвеси в фильтрате, мг/л.

Концентрация осадка в межзерновом пространстве загрузки, кг/м³:

$$C_3 = \frac{C_T}{\Delta m_{np}X}, \quad (10)$$

где C_T - грязеемкость загрузки, кг/м².

Для обобщения процесса с учетом совместной работы слоев загрузки А. М. Фоминых предложена эмпирическая формула:

$$C_T = f(X\Delta m_{np}\omega^n), \quad (11),$$

где X - высота фильтрующего слоя загрузки, м; Δm_{np} - насыщенность загрузки осадком; ω - удельная поверхность зерен загрузки; n - коэффициент, характеризующий долю удельной поверхности, на которой накапливается осадок; определяется параметром В (7)

Графическая зависимость n от В, была получена после обобщения всех экспериментальных данных по фильтрованию (рис 2).

По параметрам технологического моделирования для каждого фильтроцикла определялся коэффициент n из формулы (11),

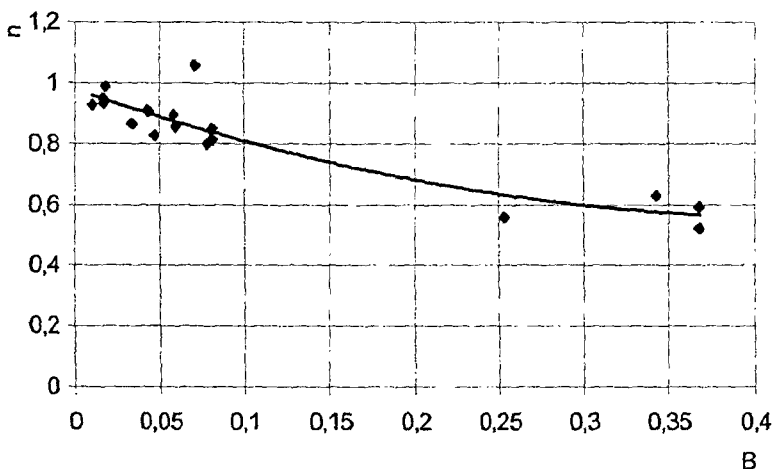


Рис 2 Графическая зависимость эмпирического коэффициента n и параметра B по данным опытов

параметр B - из формулы (7). В результате обработки данных, получена зависимость, которая описывается уравнением:

$$n = 2,1992B^2 - 1,9329B + 0,9793 \quad (12),$$

где величина достоверности аппроксимации R^2 , равна 0,8293.

Зная значение коэффициента n, по формуле (11) можно определить грязеемкость слоя для любого диаметра загрузки в заданных условиях фильтрования на основании опытных данных. Скорости фильтрования назначались из условий оптимальности: требуемое качество фильтрата при максимальной скорости, максимальной грязеемкости и минимальной продолжительности фильтроцикла. Для расчета щебеночных фильтров приняты скорости 11 и 16,2 м/ч. Таким образом, с помощью параметра C_T создаются условия для учета совместной работы слоев загрузки при изменяющейся прочности осадка на сдвиг по ходу движения воды, что и позволяет обобщить процесс. Формула (11) позволяет определить грязеемкость слоя для любого диаметра загрузки в заданных условиях фильтрования на основании опытных данных.

Расчет фильтров с загрузкой из гранитного щебня производился по

параметрам технологического моделирования. Конструкция фильтра назначается из условия неперемешивания слоев. Первый слой назначается из условия непроникания зерен загрузки внутрь трубчатой распределительной системы и фракции щебня, выпускаемой заводом – 20 ... 10 мм; второй - из условия неперемешивания слоев и фракции, выпускаемой заводом – 10 ... 5 мм; третий – 5 ... 2,5 мм; четвертый - 2,5 ... 1,125 мм.

Предельные касательные напряжения принимались на основании опытных данных в момент окончания фильтроцикла.

Обобщенные графики совместной работы слоев загрузки при различных скоростях фильтрования представлены на рисунках 3, 4. По формуле (6) рассчитывалась предельная пористость загрузки, а параметр В определялся по формуле (7).

По графику, представленному на рисунке 2, определялся эмпирический коэффициент n . Удельная поверхность зерен загрузки определялась по формуле (4)

Предельные потери напора определялись по формуле:

$$H_{np} = \left(i_{np}^i X_1 + \dots + i_{np}^{iiii} X_4 \right), \quad (13)$$

где H_{np} - предельные потери напора в фильтре, м; $i_{np}^i, i_{np}^{ii}, i_{np}^{iii}, i_{np}^{iiii}$ - предельный гидравлический уклон по слоям фильтра; X_1, X_2, X_3, X_4 - толщина слоев фильтра, м.

Таким образом, получены два варианта загрузки фильтров очистки углесодержащих вод, для фильтрования снизу вверх. Высота фильтрующей загрузки составила 2,4 м. Высота фильтра и толщина каждого слоя загрузки подбирались таким образом, чтобы получить наибольшую грязеемкость при наименьших потерях напора. Расчеты велись для каждого слоя отдельно, но с учетом их взаимной работы.

Параметры по технологическому моделированию представлены в таблице 1.

В четвертой главе описывается существующая система отвода стоков от гидроуборки ТЭЦ 5 г. Новосибирска и новая безотходная технология для очистки высокомутных углесодержащих сточных вод топливоподачи ТЭЦ. Состав схемы отводящего гидросмыва.

Таблица 1

Определение параметров по технологическому моделированию в лабораторных условиях

Скорость фильтрования 11 м/ч. Доза ПАА = 1,4 мг/л. Исходная концентрация взвеси 1150 мг/л. Продолжительность фильтроцикла 18 ч., температура 12 С ⁰ .											
Диаметр зерен d, мм	C _r по слоям, кг/м ²	Нач. гидравл. уклон, i ₀	Предельный гидр. уклон i _{пр}	Начальная пористость, m ₀	Предельная пористость, m _{пр}	Предельная насыщенность	К-т формы	n	B	Касательные напряжения	Удельная поверхность
9,33	94	0,017	1,09	0,435	0,131	0,304	2	0,89	0,02	1,301	1117
4,67	63	0,05	0,78	0,449	0,196	0,253	1,82	0,8	0,044	0,95	1880
2,33	43	0,178	0,75	0,45	0,281	0,169	1,73	0,75	0,011	0,78	3203
1,167	14	0,656	0,821	0,457	0,384	0,048	1,71	0,72	0,241	0,704	5415
Скорость фильтрования 16,2 м/ч. Доза ПАА = 1,6 мг/л. Исходная концентрация взвеси 1080 мг/л. Продолжительность фильтроцикла 11 ч., температура 12 С ⁰ .											
9,33	94	0,017	1,324	0,435	0,148	0,277	2	0,88	0,026	1,2	1095
4,67	57	0,05	1,242	0,449	0,215	0,234	1,82	0,8	0,059	0,93	1835
2,33	39	0,178	1,184	0,45	0,31	0,14	1,73	0,74	0,139	0,75	3233
1,167	8	0,656	0,145	0,457	0,428	0,029	1,71	0,71	0,32	0,65	5867

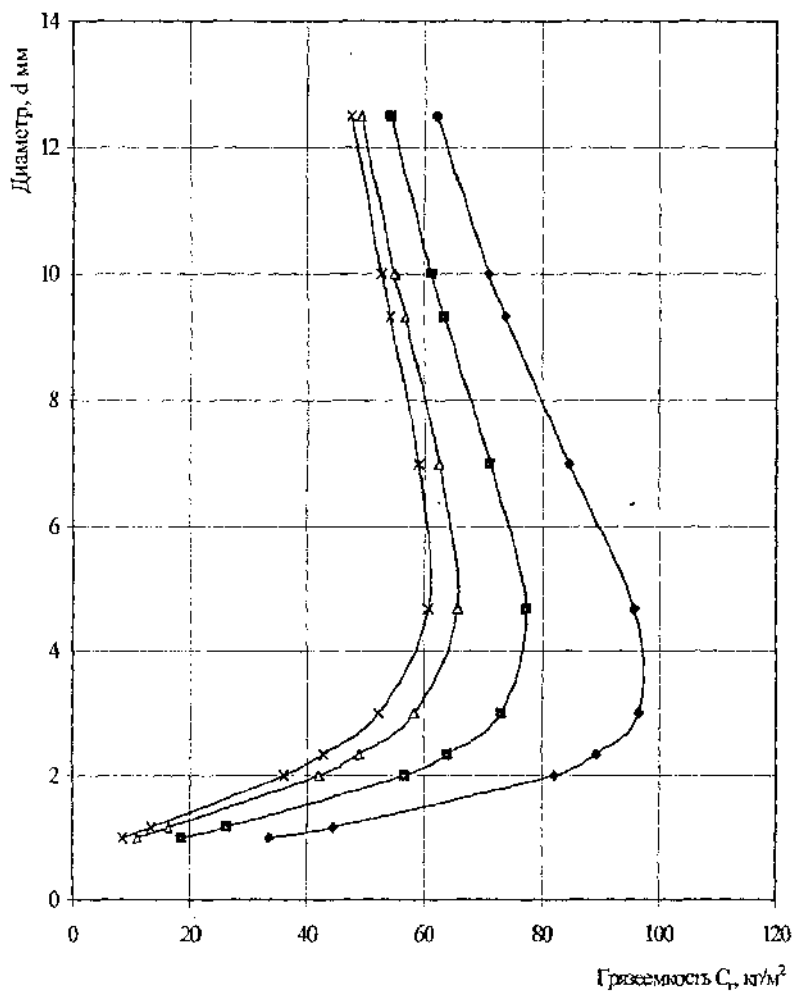


Рис. 3 Зависимость грязеємкости от диаметра
при $V = 11$ мм

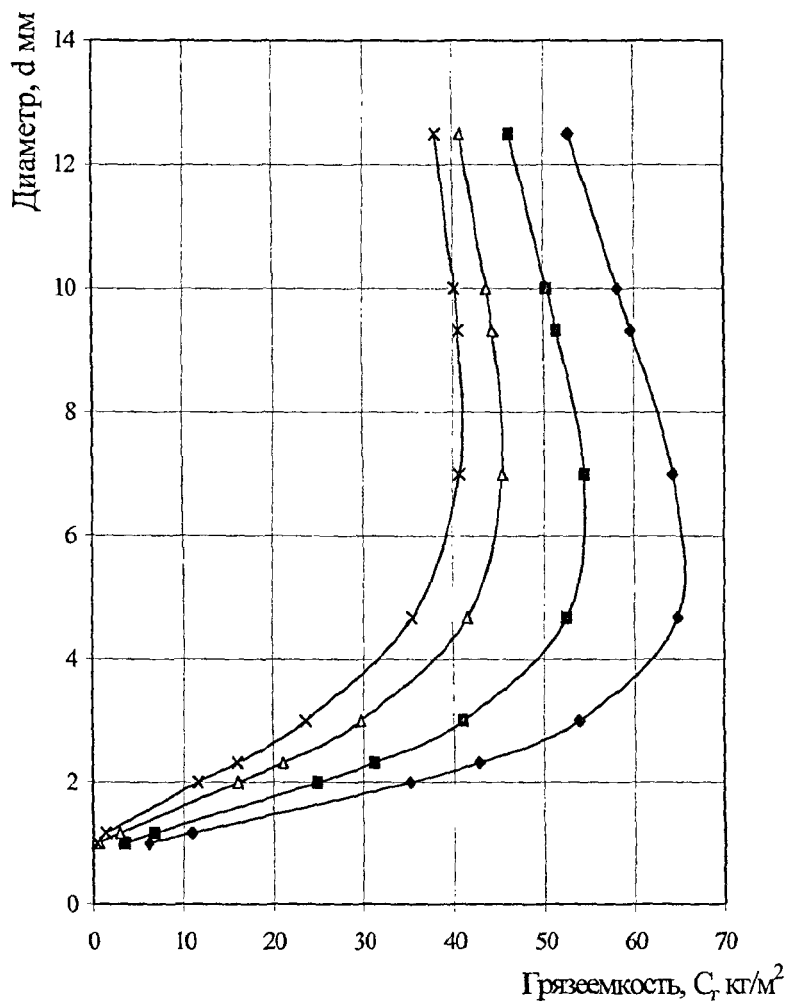


Рис. 4. Зависимость грязеемкости от диаметра при $V = 16,2 \text{ м/ч}$

Описывается смыв осевшей пыли, который производят с помощью пожарных шлангов четыре раза в сутки, с общим расходом воды 2000 м³/сут. Гидростоки собираются самотеком по уклону полов в пониженных местах тракта топливоподачи в приямки гидросмыва. Из приямков стоки транспортируются насосами в напорный трубопровод осветленной воды гидрозолоудаления.

По результатам проведенных исследований, разработана схема оборотного водоснабжения узла гидрооборки и аспирационных установок трактов топливоподачи, работающих на твердом топливе, схема представлена на рис. 5.

В данной технологии (рис. 5) предусмотрено регулирование неравномерного поступления углеродсодержащих сточных вод в непроточном отстойнике – регуляторе, рассчитанном на равномерную работу очистных сооружений в течение суток, что дает значительную экономию капиталовложений. Также, данный отстойник – регулятор позволяет задерживать крупные частицы (диаметром до 2 мм) и предотвращает засорение толщи фильтрующей загрузки. Задержанные крупные частицы угля направляются на обезвоживание и дальше - на сжигание. Далее сточная вода поступает на фильтр и фильтруется в направлении снизу вверх. Профильтрованная вода отводится в резервуар очищенной воды и после используется на нужды ТЭЦ. Фильтрующая загрузка регенерируется методом водо-воздушной промывки. В данной технологии предусмотрено многократное использование промывной воды в замкнутом цикле с очисткой в двухсекционном непроточном отстойнике. После промывки всех фильтров, грязная промывная вода сбрасывается в первую секцию промывного отстойника и отстаивается в течение времени фильтроцикла до следующей промывки. Затем песковым насосом осадок удаляется из отстойника промывной воды и перскачивается для складирования на склад, а осветленная вода насосом подается на промывку фильтров. Одновременно грязная промывная вода отводится во вторую секцию отстойника промывной воды. После этого цикл повторяется. Содержание взвешенных веществ на выходе не превышает 20 мг/л.

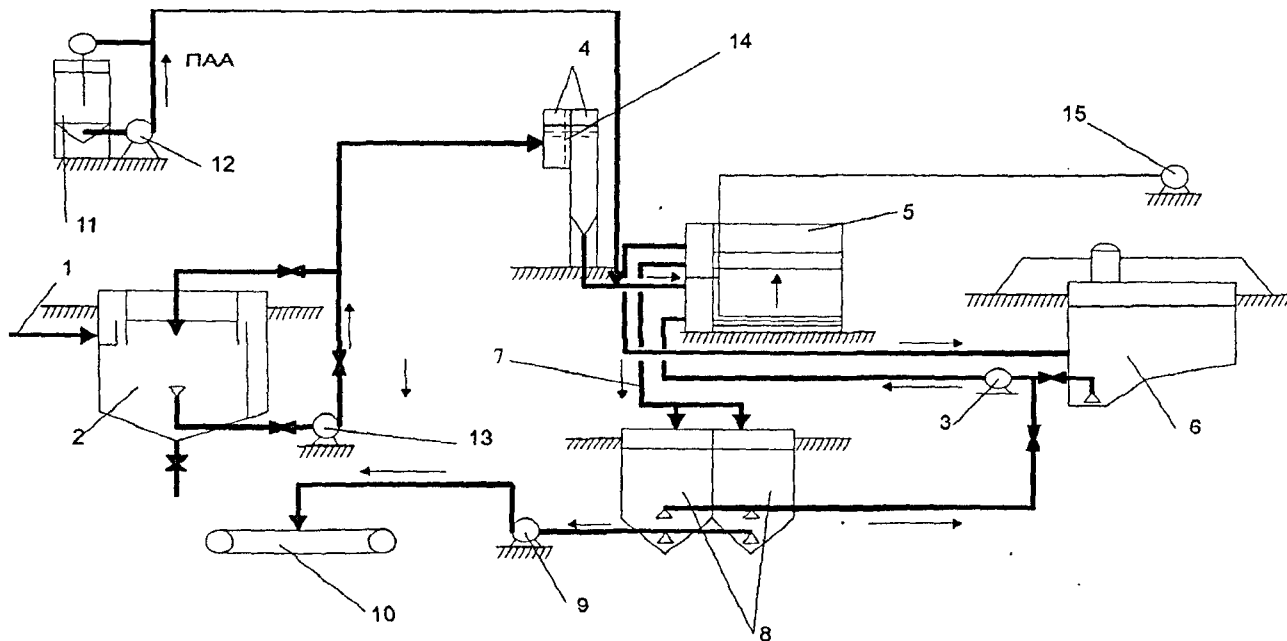


Рис. 5. Разработанная технология очистки высокомутных углеродсодержащих сточных вод от цеха топливоподачи ТЭЦ где: 1 - подача исходной воды; 2 - резервуар сбора стоков гидросмыва; 3 - насос; 4 - регулятор скорости и напора; 5 - фильтр; 6 - резервуар очищенной воды; 7 - сброс промывной воды; 8 - отстойник промывной Воды; 9 - песковой насос; 10 - лентопряжяный механизм ; 11 - раствороно - расходный бак ПАА; 12 - насос дозатор НД; 13 - горизонтальный насос ГРТ 160/71; 14 - сетки с ячейкой 2 x 2 мм; 15 - воздуходувка.

На основании параметров технологического моделирования при турбулентном режиме движения воды определена интенсивность промывки водой. В результате расчетов получено, что для промывки фильтров требуется интенсивность до $23,55 \text{ л/см}^2$. Проведенные опыты подтвердили, что при промывке одной водой требуется очень большая интенсивность подачи воды, что создает трудности в осуществлении на практике. Кроме того, при такой промывке часть осадка остается в загрузке вследствие наличия застойных зон. Поэтому для крупнозернистых загрузок одной водяной промывки недостаточно и для текущей промывки рекомендован режим апробированной водо-воздушной промывки с одновременной подачей воздуха и воды по методу профессора А. М. Фоминых. Перед началом промывки производится сброс водяной подушки до уровня поверхности загрузки. Для этого предусматриваются специально устроенные отверстия с задвижкой в стенке фильтра. После этого в течение 5 минут подается воздух, затем производят промывку водой в течение 2-х минут. Затем сбрасывают воду до нижних слоев загрузки. Под этот уровень производят продувку воздухом с интенсивностью 18 л/см^2 и одновременно включают промывную воду со скоростью, обеспечивающей подъем воды до поверхности загрузки в течение 10-15 минут. В этот момент происходит медленное движение бурного «кипящего» слоя воды через всю загрузку до тех пор, пока вода не достигнет поверхности загрузки. Тогда воздух выключается, и производится промывка водой с интенсивностью 18 л/см^2 в течение 5 минут.

В пятой главе приводится технико – экономическое обоснование принятой технологии. Экономическая эффективность очистных сооружений характеризуется следующими показателями (в ценах 1999 года):

1. Предварительный экономический ущерб за счет сокращения сброса загрязняющих веществ и использования водоема как водоприемника сточных вод 8,64 тыс. руб./год.
2. Сокращение платежей за размещение осадка (угля) в золоотвале 185,77 тыс. руб./год.
3. Сокращение водопотребления (забора свежей воды из городского водопровода) 590 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$.

4. Дополнительное количество угля, получаемого при очистке сточных вод по разработанной технологии 1218 т/год. Чистый экономический эффект от предотвращенного ущерба, сокращения водопотребления, получения дополнительного топлива за вычетом приведенных затрат по очистным сооружениям составит 786,64 т.р. Капитальные вложения окупятся за 1,61 года.

Общие выводы

1. Исследован процесс очистки воды фильтрованием, методом технологического моделирования при скоростях от 7,56 до 16,2 м/ч на экспериментальной установке как на модельной, так и на реальной воде. Полученные параметры технологического моделирования позволяют оптимизировать фракционный состав.
2. Установлено, что с увеличением скорости фильтрования уменьшается грязеемкость фильтров, но распределение осадка по слоям фильтра происходит более равномерное. Наиболее благоприятными скоростями для фильтрования являются 11 – 16,2 м/ч, так как достигается достаточно большая продолжительность фильтроцикла – до 24 часов, большая грязеемкость загрузки - 200 кг/м² и обеспечивается требуемое качество фильтрата при равномерной работе слоев загрузки.
3. По результатам исследований рассчитаны новая загрузка и параметры работы щебеночных фильтров.
4. Для регенерации фильтров рекомендуется промывка по методу проф. А. М. Фоминых.
5. Практическая ценность проделанной работы заключается в решении проблемы очистки высокомутных углесодержащих сточных вод цеха топливоподачи ТЭЦ, с возвратом полученного осадка на сжигание. При этом полностью исключается сброс сточных вод в водоем, существенно сокращается потребление свежей воды, электроэнергии, а так же потери топлива. Уменьшаются затраты в сравнении с прямоточной системой водоснабжения со сбросом сточной воды в золоотвал, в сравнении с технологией с использованием отстойников; получение “безвредного” осадка с направлением его на сжигание.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Фоминых А. М., Фоминых В. А., Быковский О. В., Моргунов А. В. Использование строительного щебня в качестве фильтрующего материала при очистке вод фильтрованием//Известия вузов. Строительство – Новосибирск. – 1997. - №12. - С. 74 - 77.
2. Фоминых А. М., Фоминых В. А., Моргунов А. В. Механизм образования периодических коллоидных структур в зернистых слоях фильтров при очистке воды//ТРУДЫ НГАСУ. – Новосибирск: НГАСУ. – 1998. – Вып. 2 (2) – 160с.
3. Фоминых А. М., Фоминых В. А., Моргунов А. В. Определение гидравлических и геометрических параметров при разделении суспензий фильтрованием через зернистые материалы//Известия вузов. Строительство – Новосибирск. - 1999. - №10. - С. 72 – 76.
4. Фоминых А. М., Фоминых В. А., Моргунов А. В. Очистка сточных вод углеподачи ТЭЦ//Известия ВУЗов. Строительство – Новосибирск. – 2000. - №5. – С. 70 – 73.