

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ**

На правах рукописи

**КОРОБОЧКА  
Александр Николаевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ  
И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ  
СРЕД НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Специальность: 05. 26. 05 \* Инженерная экология \*

**Автореферат**

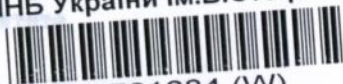
диссертация на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Днепропетровск  
1995

36.082  
Диссертация является рукописью

Работа выполнена в Дн  
техническом

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00761684 (W)

Научный консультант:

д-р техн. наук, проф.

Тихонцов Александр Михайлович

Официальные оппоненты: докт. техн. наук, проф.

Денисенко Александр Иванович

докт. техн. наук, проф.

Туркенич Александр Михайлович

докт. техн. наук, проф.

Волошин Николай Дмитриевич

Ведущая организация: Институт проблем природопользования  
и экологии НАН Украины

Защита состоится "21" декабря 1995г. в 14<sup>00</sup> час.  
на заседании специализированного совета Д 03.06.01 по  
защите диссертаций при Государственной горной академии Украины  
/ 320027, Днепропетровск-27, проспект К.Маркса, 19/.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государствен-  
ной горной академии Украины.

Автореферат разослан "20" ноября 1995г.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
канд. техн. наук, с. н. с.

А.В.Зверовский

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Защита окружающей природной среды — одна из наиболее важных задач, имеющих общегосударственное значение. Обязательным является своевременный и полный учет вопросов охраны водных ресурсов от загрязнения при размещении, проектировании, строительстве и эксплуатации всех горных предприятий. На горнообогатительных фабриках вода является технологической средой, в которой осуществляются основные операции обогащения. При выполнении геологоразведочных и горных работ с гидромеханизацией технологические процессы осуществляются с использованием энергии движущегося потока жидкости (воды, раствора или механической смеси воды с твердыми частицами). В качестве рабочей жидкости горных машин и механизированных крепей применяются водные эмульсии. В механических цехах обогатительных фабрик, заводов горного машиностроения эффективность технологических процессов обработки металлов определяется свойствами водных технологических сред, среди которых значимое место занимают водные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Значительные объемы водных эмульсий в системах механизированных крепей, частые монтаж и ремонт, связанные со сливом рабочей жидкости из гидроэлементов крепи, приводят к загрязнению шахтных вод.

Отработанные водные СОЖ являются одним из загрязнителей окружающей среды. Водные эмульсии — многокомпонентные химические растворы, содержащие токсичные химические вещества (гексацианоферрат калия, триэтаноламин, нитрит натрия и т.д.).

Объем отработанных водных эмульсий, образующихся только в механических и ремонтно-механических цехах горных предприятий угольной промышленности страны превышает 10 млн.м<sup>3</sup> в год.

Объем сбрасываемых отработанных водных смазочно-охлаждающих жид-

костей, образующихся на горных предприятиях Украины, достигает 35 млн. м<sup>3</sup> в год.

В этой связи актуальной научной проблемой является теоретическое обоснование создания технологии и оборудования очистки водных технологических сред, позволяющих многократно использовать рабочие жидкости в производственных процессах на горных предприятиях.

В основу диссертационной работы положены исследования, выполняемые Днепродзержинским государственным техническим университетом по тематике научно-исследовательских работ в соответствии с Постановлением ГКНТ СССР (проблема 0.03.02 № 491-244 от 08.12.1981г.), с Постановлением № 272 Совета Министров УССР от 11.07.1985г., а также по хоздоговорам с проектными институтами и производственными предприятиями.

Целью работы является разработка научных основ создания технологий и оборудования для очистки водных сред, позволяющих многократно использовать водные эмульсии в условиях водооборотных систем горных предприятий.

Идея работы заключается в обосновании возможности использования в качестве управляющего фактора процессов очистки, регенерации и утилизации водных сред скорости движения жидкости, развитии теории теплообмена и конвективного переноса с учетом турбулентной диффузии, с целью выявления закономерностей малоотходной и безотходной технологии эксплуатации водных эмульсий в условиях горных предприятий.

Методология и методика исследований предмета и объекта включает в себя системный анализ эффективности способов реализации процессов безотходной технологии эксплуатации водных технологических сред, обобщение передовых достижений науки и практики, технико-экономический анализ, научное классифицирование, матема-

тическое моделирование, лабораторный и промышленный эксперименты.

Основные научные положения и результаты, выносимые на защиту.

1. Основным критерием регенерации водных технологических сред является скорость движения жидкости, обеспечивающая регулирование интенсивности протекания процессов очистки, что позволяет создать малоотходную и безотходную технологию эксплуатации водных эмульсий в условиях горных предприятий.

2. Скорость массоотдачи в процессе приготовления водных эмульсий определяется степенью турбулентной диффузии и градиентом концентрации растворяемого вещества, характеризующиеся изменением коэффициентов диффузии от  $1,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$  до  $3,0 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$  и массоотдачи от  $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}/\text{с}$  до  $4,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}/\text{с}$  в интервале температур от  $20^\circ\text{C}$  до  $80^\circ\text{C}$ , что обеспечивает заданный уровень дисперсности компонентов, образующих водные эмульсии.

3. Рациональный режим гидротранспортирования твердых частиц в форме криволинейных прямоугольных пластин и одно-, двухвитковых спиралей в трубопроводах малого диаметра ( $15 \cdot 10^{-3}$  -  $75 \cdot 10^{-3}$  м) находится в интервале скоростей от  $2,8 \text{ м}/\text{с}$  до  $3,5 \text{ м}/\text{с}$ , что обеспечивает эффект полного взвешивания механических примесей в потоке жидкости.

4. Доказано, что максимальное время эксплуатации фильтровальных тканей для очистки водных сред определяется соотношением скоростей движения жидкости и твердых частиц в очистных устройствах, которое изменяется в интервале  $0,3 - 0,8$ , что обеспечивает уменьшение расхода фильтровальных материалов в  $1,8 - 2,0$  раза.

5. Безотходная технология термического обезвреживания отработанной эмульсии достигается за счет ее адиабатного разложе-

ния на стадии термонагрева и распыления капельного потока с дисперсностью в интервале от  $0,2 \cdot 10^{-3}$  м до  $0,6 \cdot 10^{-3}$  м, при температуре 135 - 150°C, что позволяет выделить технологически чистую воду и органический остаток, пригодные для дальнейшего использования.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением фундаментальных положений и теории гидромеханики, прикладной математики, моделирования, законов охраны окружающей среды; использованием апробированных методов математического моделирования и технико-экономического анализа; сопоставимостью результатов теоретических исследований с натуральными измерениями (расхождение не превышает 10...15%); экспериментальной проверкой результатов исследований в промышленных условиях, а также их внедрением в проекты и технологические процессы очистки водных сред на действующих карьерах, обогатительных фабриках и заводах горного машиностроения.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработаны основные положения создания экологически чистых циклов водооборота в промышленных цехах горных предприятий с применением непрерывно действующего оборудования, базирующегося на использовании энергии свободных и затопленных струй жидкости;

- установлены основные закономерности процесса напорного гидротранспортирования твердых частиц в форме криволинейных прямоугольных пластин и одно-, двухвитковых спиралей, позволяющие учитывать гранулометрический состав твердых частиц и обеспечить эффективные скорости перемещения гидросмеси в трубопроводах малого диаметра в системах очистки водных сред;

- дано развитие теории процессов приготовления, очистки и регенерации водных сред, отличающихся тем, что основным управ-

ляющим фактором в этих процессах является скорость движения жидкости, что позволяет прогнозировать эффективность процессов очистки водных сред в условиях горных предприятий;

- разработаны методические положения, технология и оборудование для эффективного температурного разделения отработанных жидкостей путем создания рациональных температурных режимов утилизации, позволяющих выделить технологически чистую воду и органический остаток;

- обоснованы основные принципы формирования дисперсного состава капель жидкости в испарительной камере устройств для утилизации отработанных водных сред, учитывающие дисперсные характеристики капельного потока, скорость движения жидкости, высоту её падения и силы сопротивления движению;

- теоретически обоснован и разработан ряд новых фильтровальных устройств с особыми компоновочными схемами для очистки жидкости от механических примесей, основанных на использовании энергии свободных и затопленных струй жидкости, обеспечивающих возможность управления процессами фильтрации и регенерации фильтровальных материалов.

Практическое значение работы:

- разработаны новые технологии и оборудование для очистки жидкостей от механических примесей, термической обработки и обезвреживания отработанных водных технологических сред для условий горных предприятий;

- разработана методика определения технологических параметров оборудования для утилизации отработанных водных эмульсий, установлены области применения конденсата и органического остатка;

- обоснованы критерии эффективности термической обработки

жидкостей, позволяющие определить рациональные температурные режимы биологической очистки водных сред в условиях горных предприятий;

- разработаны технологические схемы и определены эффективные параметры экологически чистых водооборотных систем эксплуатации водных технологических сред для условий горных предприятий.

Реализация результатов работы. Полученные научные результаты использованы в государственных и отраслевых нормативных и методических документах, в т.ч. в Комплексной программе НТП Украины "О мерах по дальнейшему повышению эффективности использования материальных ресурсов" (Постановление Совета Министров СССР № 272 от 11.07. 1985 г.). Использованы при выполнении задания 0.03.02 "Разработать и освоить промышленное производство оборудования и комплексных систем для эффективной эксплуатации водных сред" (Постановление ГКНТ СССР № 491-244 от 08.12.1981г.).

Технологические решения, опыт эксплуатации созданного оборудования и комплексных систем малоотходной эксплуатации водных сред явились основой для создания справочника "Механизация трудоемких и вспомогательных работ в механических цехах" (1987 г.) и учебника "Тепловые процессы при обработке материалов резанием".

Разработаны системы очистки водных технологических сред от механических примесей и смазочных масел для Орельского спецкарьерера "Укрдорстройиндустрия" и Полтавского ГОКа.

Разработаны и внедрены рациональные комплексные системы эксплуатации водных сред при реконструкции механических цехов Днепродзержинского завода электроисполнительных механизмов, Киржачского инструментального завода.

Экономический эффект от внедрения результатов исследований составил 506,7 тыс. руб. в ценах 1988 г.

Апробация работы. Основные положения работы и её отдельные разделы докладывались и получили одобрение в Ленинградском горном институте, на Всесоюзном научно-техническом симпозиуме "Проблемные вопросы автоматизации производства" (Воронеж, 1987 г.), на III Всесоюзной конференции "Динамика процессов и аппаратов в химических технологиях" (Воронеж, 1990 г.), в Горьковском политехническом институте, на республиканской конференции "Размерный анализ и методы регулирования точности технологических процессов" (Запорожье, 1981 г.), на Всесоюзной конференции "Интенсификация технологических процессов механической обработки" (Ленинград, 1986 г.), на координационных совещаниях Всесоюзного института сварочного производства (1989 г.), проектно-конструкторского института "Типроприбор" (1986, 1987 г.г.).

Декларация конкретного личного вклада в разработку научных результатов, вынесенных на защиту, состоит в формулировании научной проблемы, цели, научных положений и задач исследований, теоретическом обосновании технологических решений по созданию водооборотных систем эксплуатации водных технологических сред, разработке математических моделей процессов приготовления, очистки, термической обработки жидкостей, в создании новых видов экологически чистого оборудования для малоотходной и безотходной эксплуатации водных сред, внедрении результатов исследований в условиях промышленных предприятий.

Публикации. Научные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 72 печатных трудах соискателя. Из них 2 монографии, 1 справочник, 1 учебник, 8 авторских свидетельств и 60 статей.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка использованной литературы, содержит 273 страницы, 36 рисунков, 21 таблицу. Приложения содержат до-

кументы, подтверждающие использование и внедрение результатов работы.

Автор выражает благодарность проф. Тихонцову А.М. за консультации в процессе выполнения работы.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Оценка изученности проблемы создания экологически чистой техники и технологии малоотходной и безотходной эксплуатации водных технологических сред, замкнутых циклов оборотного водоснабжения промышленных предприятий показала, что значительный вклад в её решение внесен коллективами Днепропетровского, Криворожского, Ленинградского горных вузов, а также научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов: ИГТМ НАН Украины, ИПЭ НАН Украины, НПО "Масма", КЭКТИавтопрома, НИИТавтопрома и др.

Существенный вклад в решение этой проблемы внесли работы Смолдырева А.П., Покровской В.Н., Задорского В.М., Волошина Н.Д., Тихонцова А.М., Костюка В.И., Красуцкого Г.А., Шапаря А.Г., Солодовника Л.М., Четверика М.С., Дриженко А.Ю., Змушко Л.С., Русого В.Д., Худобина Л.В., Полянского Ю.В., Латышева В.Н., Бердычевского Е.Г., Румянцевой Т.А., Брагинского Л.Н., Бегачева В.И., Жузикова В.А., Скобеева И.К., Костенко Г.Н., Братуты Э.Г., Переселкова А.Р., Кулагина А.В., Лембдена Д.И., Мостинского И.Л., Дубровского Г.М., Лебедева Е.В., Морозова В.Г., Редько С.Г., Качан В.И.; зарубежных ученых: Цукамото К., Исияма К., Стренка Ф., Кноблоха Н., Потчке Н., Гротти Г. и др.

Этими и другими исследованиями были заложены фундаментальные основы теории очистки, регенерации и утилизации водных технологических сред; водооборотных систем для горных и машиностроительных предприятий.

Менее полно представлены исследования, посвященные созданию непрерывно действующих систем, базирующихся на использовании экологически чистой техники и технологии эксплуатации водных технологических сред.

Анализ имеющегося значительного мирового опыта показал, что существует два направления исследований указанной проблемы: совершенствование существующих систем и технологий очистки водных сред, основанных на традиционных видах оборудования, в направлении их адаптации к специфическим особенностям различных отраслей, предприятий и применяющихся там водных сред; и создание новых видов эффективного оборудования, позволяющего обеспечить качественное выполнение отдельных операций очистки, регенерации или утилизации жидкостей, не объединенных основными закономерностями технологического цикла эксплуатации водных сред в системах замкнутого водооборота.

Таким образом, анализ состояния проблемы показывает, что одним из прогрессивных направлений следует считать создание экологически чистой техники и технологии эксплуатации водных технологических сред на основе непрерывно действующего оборудования для очистки, регенерации и утилизации жидкостей.

На основании вышеизложенного и в соответствии с целью в работе поставлены следующие задачи исследований:

1. Научно обосновать возможности создания и применения технологии и оборудования для очистки, регенерации и утилизации водных эмульсий, базирующихся на использовании энергии свободной и затопленной струи жидкости.

2. Развить теорию процессов очистки, регенерации и утилизации водных сред, заключающуюся в анализе специфичных режимов работы непрерывно действующего оборудования, обусловленных использованием новых способов регулирования и управления, полу-

чении неизвестных ранее зависимостей, характеризующих эффективные режимы работы малоотходной и безотходной технологии эксплуатации водных сред.

3. Создать непрерывно действующее оборудование на основе использования энергии движения затопленной и свободной струи жидкости.

4. Обосновать основные принципы формирования комплексных систем малоотходной и безотходной эксплуатации водных технологических сред для условий горных предприятий.

5. Выполнить экспериментальные исследования, позволяющие обосновать исходные предпосылки и принятые в анализе процессов очистки, регенерации и утилизации водных эмульсий допущения, подтверждающие эффективность разработанных технических и технологических решений. Провести промышленные испытания комплексов оборудования, использующих предложенные технические решения, внедрить результаты исследований.

Все операции, необходимые для поддержания эксплуатационных параметров водных технологических сред, тесно связаны между собой, так как исключение хотя бы одной из них не дает возможности их повторного использования. Проведенный анализ отечественной, зарубежной литературы и патентной информации позволил разработать технологическую схему эффективной эксплуатации водных сред, которая предусматривает выполнение следующих операций регенерации :

- автоматизированное приготовление водных технологических сред, основанное на гидродинамическом перемешивании;

- централизованную подачу жидкостей с помощью напорного

гидротранспорта;

- централизованный сбор загрязненной жидкости;
- очистку жидкости от механических примесей на фильтровальных установках с новыми компоновочными схемами;
- отделение свободных незаэмульгированных масел в маслоотделителях непрерывного действия;
- предотвращение процесса биологического разложения водной среды посредством её термической обработки;
- восстановление первоначального объема жидкостей в централизованной системе её эксплуатации;
- разложение отработанной водной технологической среды выпариванием с целью возврата технической воды в систему эксплуатации.

Основным вопросом системного анализа комплексов оборудования для эксплуатации водных сред является выбор критерия эффективности функционирования их технологических схем.

В соответствии с иерархической структурой системы эксплуатации водных технологических сред каждая иерархическая ступень характеризуется отдельным показателем эффективности. Отдельные устройства, процессы оцениваются с помощью технологических критериев, более высокие - с помощью обобщенных и экономических критериев.

Например, основными технологическими критериями систем очистки водных сред от механических примесей является степень  $C_0$  и тонкость  $K_0$  очистки от твердых частиц. На следующей стадии анализа необходимо использовать такие критериальные оценки как производительность  $G_{ж}$  очистных установок, удельную занимаемую площадь  $F_{уд}$  оборудованием и срок службы жидкости  $K_{ж}$ . При этом преимущество критериальных оценок  $C_0$  и  $K_0$  перед производительностью  $G_{ж}$  объясняется тем, что ряд очи-

стных устройств с малой производительностью, но с высокими технологическими показателями могут объединяться последовательно либо параллельно, обеспечивая требуемый расход жидкости в системе очистки. Критерий  $F_{yg}$  имеет различный вес, который зависит от условий применения комплексной системы эксплуатации водной среды: на стадии создания производства или на стадии его реконструкции.

Обобщенный критерий эффективности отдельной операции процесса эксплуатации водной среды определяется из соотношения

$$D_o = \alpha_1 C_{ок}^* + \alpha_2 G_{\text{м}}^* + \alpha_3 F_{yg}^* + \alpha_4 C_3^*, \quad (1)$$

где  $C_{ок}^*$  - критериальная оценка загрязненности жидкости механическими примесями, смазочными маслами, микроорганизмами и т.д.;

$G_{\text{м}}^*$ ,  $F_{yg}^*$ ,  $C_3^*$  - критериальные оценки производительности оборудования, занимаемой оборудованием площади, экономической эффективности, соответственно;

$\alpha_{1...4}$  - вес критериев эффективности:

$$\alpha_i = \frac{n_o - n_n}{n_o},$$

здесь  $n_o$  - количество анализируемого оборудования;

$n_n$  - количество оборудования, удовлетворяющего нормативным требованиям.

Использование зависимости (1) позволяет оценить уровень развития оборудования для каждой операции технологического процесса эксплуатации водной среды.

Системы эксплуатации водных сред промышленных предприятий должны представлять собой комплекс технологических участков, включающих процессы водоподготовки и приготовления водных сред, их регенерации и утилизации отработанных жидкостей. На всех

этих участках и во всех технологических процессах требуется решение вопросов охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

Поэтому системы замкнутого водооборота водных технологических сред должны оцениваться по экономическим, технологическим и экологическим критериям.

Критерий экономичности системы эксплуатации жидкости равен

$$K_{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}_z}{y},$$

где  $\mathcal{E}_z$  - эксплуатационные затраты на  $1 \text{ м}^3$  переработки жидкости,  $\text{крб/м}^3$ ;  $y$  - удельные капитальные затраты,  $\text{крб/м}^3$ .

Критерий технологичности системы эксплуатации водной технологической среды

$$K_T = \frac{T_H}{T_C},$$

здесь  $T_H$  - период стойкости жидкости без применения системы восстановления технологических параметров водной среды, ч;

$T_C$  - период стойкости жидкости при работе с системой регенерации и утилизации, ч.

Критерий экологичности системы эксплуатации водной технологической среды равен

$$K_{\text{ЭК}} = \frac{G_C}{G_n},$$

где  $G_C$  - количество сбросов загрязненной жидкости при эксплуатации водной среды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$G_n$  - потребное количество жидкости для обслуживания производственных процессов,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Обобщенный критерий эффективности системы эксплуатации водной технологической среды, учитывающий экономические, тех-

нологические и экологические критериальные оценки, равен

$$K_{\text{ж}} (1 - K_{\text{т}}) - K_{\text{э}} (1 - K_{\text{эк}}) > \mathcal{E}_{\text{н}}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{н}}$  - нормативный коэффициент окупаемости системы эксплуатации водной среды.

Использование зависимости (2) позволяет оценить эффективность существующих и создаваемых систем эксплуатации водных технологических сред.

Для постоянно действующих систем эксплуатации водных технологических сред необходимо создание непрерывно действующего оборудования. Это позволяет избежать использование переливных и накопительных емкостей для обеспечения бесперебойной работы оборудования.

На рис. 1 представлены новые виды созданного непрерывно действующего оборудования для приготовления водных сред (рис. 1, а), для очистки жидкостей от механических примесей (рис. 1, б, в), отделения смазочных масел (рис. 1, г), термической обработки водных технологических сред (рис. 1, д, е).

Для приготовления водных сред (водных СЖ, промывочных растворов) эффективным является турбулентное перемешивание в непрерывно действующих установках (рис. 1, а), создаваемое заопленными струями жидкости.

Эффективное время приготовления водных сред определяется в результате совместного решения дифференциального уравнения диффузии и уравнения массоотдачи:

$$\frac{\partial^2 c_{\text{т}}}{\partial t^2} = \frac{\partial c_{\text{т}}}{\partial t^2} \frac{\partial F}{\partial F} + D \left( \frac{\partial^2 c_{\text{т}}}{\partial x^2} \frac{\partial c_{\text{т}}}{\partial t} + 2 \frac{\partial^2 c_{\text{т}}}{\partial y^2} \frac{\partial c_{\text{т}}}{\partial t} \right) +$$

$$+ 0,64 \frac{Q}{d_c x} \cdot \frac{1}{\left[ 1 + 0,34 \left( \frac{y}{x} \right)^2 \right]^2} \cdot \frac{\partial^2 c_{\text{т}}}{\partial x \partial t} +$$

## Оборудование для эксплуатации водных сред

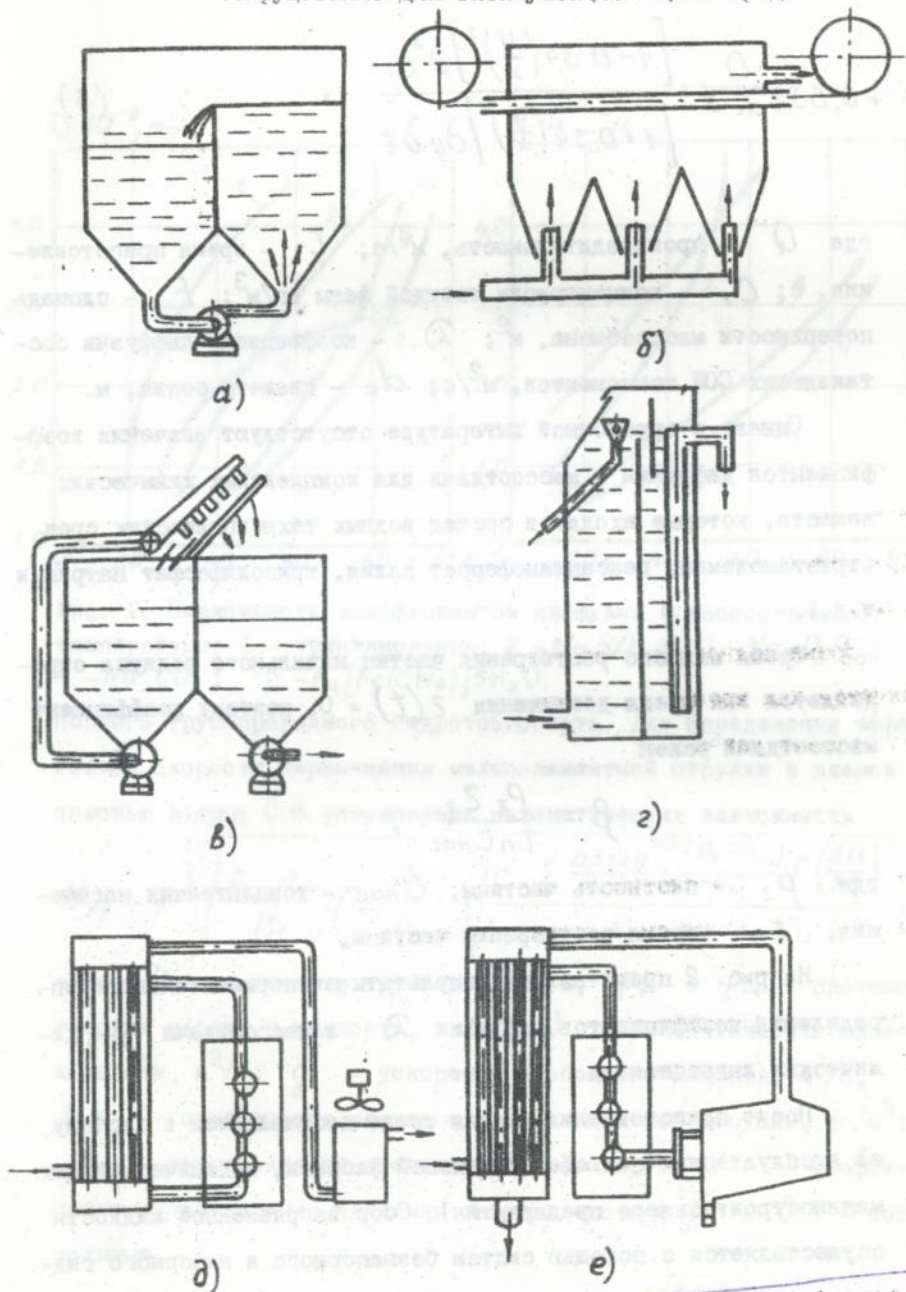


Рис. I.

$$+ 0,632 \frac{Q}{d_c \cdot x} \cdot \frac{\left[1 - 0,34 \left(\frac{y}{x}\right)^2\right] \partial^2 c_T}{\left[1 + 0,34 \left(\frac{y}{x}\right)^2\right] \partial y \partial t}, \quad (3)$$

где  $Q$  - производительность, м<sup>3</sup>/с;  $t$  - время приготовления, с;  $C_T$  - концентрация твердой фазы кг/м<sup>3</sup>;  $F$  - площадь поверхности массообмена, м<sup>2</sup>;  $D$  - коэффициент диффузии составляющих СОЖ компонентов, м<sup>2</sup>/с;  $d_c$  - диаметр сопла, м.

Однако в справочной литературе отсутствуют значения коэффициентов диффузии и массоотдачи для комплексных химических веществ, которые входят в состав водных технологических сред (триэтанолламин, гексацианоферрат калия, триполифосфат натрия и т.д.).

Время полного растворения частиц начального радиуса определяется как время достижения  $z(t) = 0$ , поэтому коэффициент массоотдачи равен

$$\beta = \frac{\rho_2 z_2}{t_n C_{нас}}$$

где  $\rho_2$  - плотность частицы;  $C_{нас}$  - концентрация насыщения;  $t_n$  - время растворения частицы.

На рис. 2 представлены результаты экспериментального определения коэффициентов диффузии  $D$  и массоотдачи  $\beta$  химических ингредиентов.

После приготовления водная среда доставляется в систему её эксплуатации (цех обогатительной фабрики, механический цех машиностроительного предприятия). Сбор загрязненной жидкости осуществляется с помощью систем безнапорного и напорного гидротранспорта. Сбор загрязненной СОЖ, прошедшей зону резания, в механических цехах целесообразно осуществлять с помощью на-

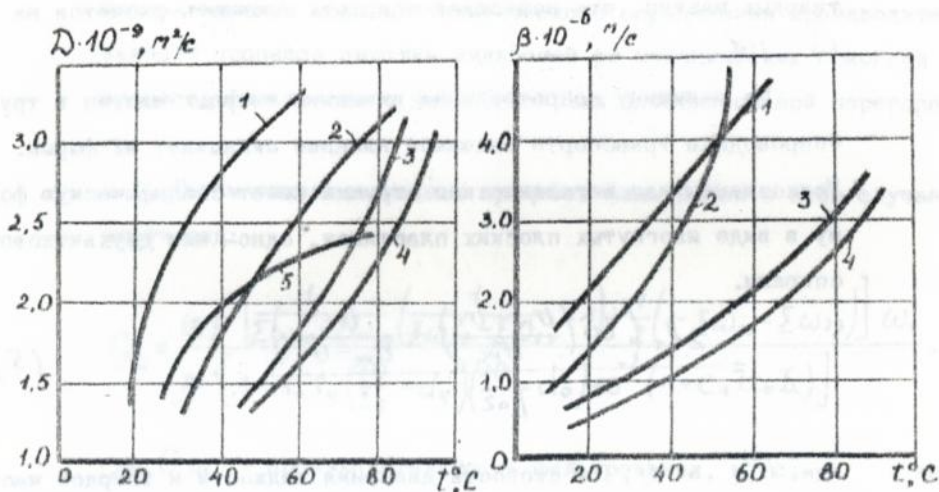


Рис. 2. Зависимость коэффициентов диффузии и массоотдачи от температуры; 1 - триэтаноламин; 2 -  $\text{NaNO}_2$ ; 3 -  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ; 4 -  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 5 -  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN}_6)] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

порного трубопроводного гидротранспорта. Для определения эффективной скорости перемещения мелкоэлементной стружки и шламов с помощью водных суспензий установлена математическая зависимость

$$U_{кр} = g \sqrt{\frac{\rho_T - \rho_{ж}}{\rho_{ж}} g D_T \frac{\nu}{\Delta}} \cdot \sqrt{\frac{C_{ш} \sum \frac{0,532g^{0,5} (\rho_T - \rho_{ж}) \cdot \Gamma(\frac{3a}{2b})}{\lambda_T \nu}}{\lambda_T \cdot 100}}, \quad (4)$$

здесь  $D_T$  - диаметр трубопровода, м;  $\rho_T$  и  $\rho_{ж}$  - плотность твердых частиц и жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\nu$  - кинематическая вязкость жидкости,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$C_{ш}$  - концентрация шламов и мелкоэлементной стружки,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\Delta$  - шероховатость стенок трубопровода, м;  $\lambda_T$  - коэффициент сопротивления движению твердых частиц;  $a$  и  $b$  - постоянные.

В отличие от известных зависимостей, полученных Покровской В.Н., Смолдыревым А.Н., данная математическая зависимость поз-

воляет в процессе расчетов учесть гранулометрический состав твердых частиц, что позволяет повысить точность расчетов на 10...15%.

На величину сопротивления движению твердых частиц в трубопроводном транспорте значимое влияние оказывает их форма. Мелкоэлементная металлическая стружка имеет специфическую форму в виде изогнутых плоских пластинок, одно- или двухвитковой спирали.

$$\lambda_T = \frac{2\ell_T \left( \xi \eta \left( \frac{v_{ж} - v_T}{v_{ж}} \right) + \frac{v_T}{v_{ж} - v_T} \right)}{L}, \quad (5)$$

где  $v_{ж}$  и  $v_T$  - скорость движения жидкости и твердой частицы, м/с;  $L$  - длина пути, пройденного частицей, м;  $\ell_T$  - наибольший линейный размер частицы, м.

Значение  $\lambda_T$  определялось экспериментальным путем по известным  $v_T$ ,  $v_{ж}$  и  $L$ . Скорость движения твердых частиц определялась с помощью скоростной киносъемки.

Математическая обработка экспериментальных данных и расчеты, произведенные с помощью зависимости (5), позволили установить, что для прямоугольных пластинок  $\lambda_T = \frac{32C\omega}{\sqrt{Re}}$ , для спиральных частиц  $\lambda_T = \frac{44C\omega}{\sqrt{Re}}$ . Большое влияние на критическую скорость движения гидросмеси оказывает крупность частиц до  $(4...5) \cdot 10^{-3}$  м. С увеличением диаметра трубопровода, например, с  $D_T = 15 \cdot 10^{-3}$  м до  $D_T = 75 \cdot 10^{-3}$  м критическая скорость движения гидросмеси увеличивается в 1,5...1,8 раза.

Для очистки жидкости от механических примесей разработана гамма фильтровальных установок (рис. 1, б, в) с новыми компоновочными схемами. Принцип их действия основан на использовании энергии затопленной и свободной струи жидкости. Процесс фильтрации производится с закупоркой пор фильтрующей перегородки.

В результате теоретических исследований впервые получена математическая модель аналитического определения производительности процесса очистки жидкостей от механических примесей для процесса фильтрации с закупоркой пор фильтровальной перегородки.

Математическая модель процесса фильтрации в этом случае имеет вид:

$$G_{\text{ж}} = \frac{v_1 \rho \left[ \frac{1}{\sum \omega_{20} - \sum \omega_{22}} \left( \frac{1}{\sum \omega_{20} - \sum \omega_{22}} - 1 \right) + \frac{1}{2} (1 - \sum \omega_{20} - \sum \omega_{22}) \right] \omega_1}{\mu \left[ 1 - s_0 s_y \left( \frac{10}{s_y} - d_y \right) \left( \frac{10}{s_0} - d_0 \right) 10^{-2} (1 + c_1 v_1 \tau) \right]}, \quad (6)$$

где  $G_{\text{ж}}$  - производительность фильтрования, м<sup>3</sup>/с;  $\tau$  - время очистки, с;  $v_1$  - скорость движения жидкости перед фильтровальной перегородкой, м/с;  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости;  $\sum \omega_{20}$ ,  $\sum \omega_{22}$  - суммарная площадь открытых и закупоренных пор на 1 м<sup>2</sup>;  $\omega_1$  - площадь фильтровальной перегородки, м<sup>2</sup>.

Решая уравнение (6) можно определить производительность фильтровальной установки в начальный момент времени и изменение производительности с течением времени.

Для решения уравнения (6) необходимо знать значение скорости движения жидкости перед фильтровальной перегородкой. Экспериментальные исследования определения скорости движения в нагнетательной камере фильтровальной установки показали, что основными параметрами, влияющими на скорость движения жидкости являются расход жидкости  $G_0$ , соотношение расходов  $\frac{G_p}{G_0}$ , расстояние  $\ell_x$  от оси движения струи жидкости, уровень определения  $H_i$  скорости движения жидкости. Математическая зависимость между этими параметрами отыскивалась в виде полинома второго порядка:

$$V_1 = 0,43 + 0,07 G_o - 0,09 H - 0,008 \frac{G_p}{G_o} - 0,15 \ell_x + 0,037 \ell_x^2 - 0,05 G_o \ell_x - 0,009 G_o H - 0,05 \left( \frac{G_p}{G_o} \right)^2 + 0,06 H \ell_x.$$

В бескамерных фильтровальных установках скорость  $V_1$  определяется из соотношения:

$$V_i = \left( V_1^2 - \frac{X^2 V_1^2}{\left( t_0 \frac{\alpha_c}{2} L_c \right)^2} \right)^{0,5},$$

здесь  $X$  - расстояние от оси струи жидкости, м;  $L_c$  - расстояние от среза сопла до фильтровальной перегородки, м;  $\alpha_c$  - угол раскрытия струи жидкости.

Величина угла  $\alpha_c$  раскрытия закрученной струи жидкости зависит: от расхода жидкости через сопло  $G_o$ ; отношения расходов жидкости  $G_T/G_o$ ; от диаметра сопла  $d_c$ :

$$\alpha_c = 36 + 73,96 \left( \frac{G_T}{G_o} \right)^2 - 1,4 L_c - 2110 d_c - 102,85 \frac{G_T}{G_o} + 5410 \frac{G_T}{G_o} d_c - G_o (20 G_o - 97,9 + 175 \frac{G_T}{G_o} + 2700 d_c - 9020 \frac{G_T}{G_o} d_c).$$

Кроме очистки жидкостей от механических примесей из них необходимо удалять смазочные масла, попадающие в водные среды в процессе эксплуатации. Согласно экологическим требованиям ПДК смазочных масел в водных средах не должна превышать 1%.

Анализ экспериментальных исследований позволил установить, что основными параметрами, влияющими на степень очистки  $q_f$  жидкости от минеральных масел, являются скорость движения жидкости  $V_M$  в маслоотделителе; вязкость  $\nu$  "посторонних" масел; входная концентрация  $K_{кх}$  загрязнения жидкости маслом и температура  $t_M$  нагрева в зоне отделения масел от жидкости. Температура, необходимая для подогрева жидкости в зоне отделения маслоотделителей непрерывного действия (рис. I, г), равна

$$t_m = \frac{0,6 - q + 0,3\bar{U}_m + 0,25\bar{K}_{ex} + 0,1\bar{V} + 0,24\bar{K}_{ex}\bar{V} + 0,12\bar{U}_m\bar{K}_{ex}\bar{V}}{0,31 + 0,11\bar{U}_m + 0,26\bar{K}_{ex} + 0,29\bar{V} - 0,12\bar{U}_m\bar{K}_{ex} + 0,15\bar{U}_m\bar{V} + 0,17\bar{K}_{ex}\bar{V}}$$

где

$$\bar{U}_m = \frac{U_m - 5 \cdot 10^{-3}}{2,52 \cdot 10^{-3}}; \quad \bar{K}_{ex} = \frac{K_{ex} - 6}{2,85}; \quad \bar{V} = \frac{V - 15 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6}}.$$

Загрязненность водных сред микроорганизмами не должна превышать 100 кл/мл (ГОСТ 2874-82). Увеличение температуры нагрева жидкости до  $120 \pm 5^\circ\text{C}$  приводит к уничтожению микроорганизмов. Такую термическую обработку целесообразно производить в непрерывно действующих устройствах (рис. 1, д).

Основными агрегатами устройства для термической обработки водных сред являются: термическая камера, теплообменник и радиатор-охладитель. Радиатор-охладитель можно подобрать по конструктивным и эксплуатационным параметрам из стандартного ряда типовых изделий. Значительную трудность вызывает определение основных параметров нагревательной камеры и теплообменника. Это объясняется тем, что в теплообменнике вновь поступающая на термообработку жидкость, как показали проведенные экспериментальные исследования, должна нагреваться до температуры, равной  $50 \pm 60^\circ\text{C}$ , при которой погибают вегетативные клетки бактерий, а затем в нагревательной камере необходимо осуществить скоростной нагрев жидкости до температуры  $120 \pm 5^\circ\text{C}$ . Скоростной нагрев необходим для предотвращения процесса спорообразования микроорганизмов. Для нагрева жидкости в нагревательной камере используются трубчатые электронагреватели, количество которых можно определить из уравнения

$$t_H - \frac{t_{01} - t_0}{\ln \frac{t_{01}}{t_0}} - \frac{A_2}{A_1} \nu^{1-n} (t_{01} - t_0) - \frac{A_3}{A_1 \nu^n} (t_0 - t_E)^{1.25} = 0,$$

где  $t_H$ ,  $t_0$ ,  $t_{01}$  - температуры стенки электронагревателя, жидкости на входе и выходе из нагревательного элемента, °C;  $t_E$  - температура окружающей среды, °C;  $\nu$  - скорость движения жидкости, м/с;  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  - коэффициенты пропорциональности, устанавливающие связь между теплофизическими параметрами жидкости и геометрическими параметрами нагревательных элементов.

Оригинальность решения уравнения заключается в том, что при заданной скорости  $\nu$  движения жидкости в нагревательном элементе и начальной температуре  $t_0$  определяется температура жидкости на выходе из нагревательного элемента. Затем  $t_{01}$  принимается равной температуре  $t_0$  жидкости на входе во втором нагревательном элементе и так до тех пор, пока температура не станет равной  $120 \pm 5^\circ\text{C}$ . Количество пересчетов температуры  $t_{01}$  является числом нагревательных элементов, составляющих нагревательную камеру. После этого определяют расход жидкости

$$G_{ж} = \frac{\pi}{4} (d_2 + d_H + 0,03)^2 \nu,$$

здесь  $d_H$  - диаметр трубки термoeлектрического нагревателя;  $d_2$  - расстояние между трубками нагревателя.

Совместное решение уравнений теплопередачи и теплового баланса позволило установить математическую зависимость для определения конструктивных параметров теплообменника:

$$B_2 F_T^{0,77} + F_T^{0,8} \left( \frac{B_3 B_5}{G_{ж}^{0,33}} B_1 B_4 G_{ж}^{0,5} \right) + \frac{B_5 B_4 F_T^{0,62}}{G_{ж}^{0,5}} - B_1 B_4 G_{ж}^{0,77} = 0, \quad (7)$$

где  $F_T$  - площадь теплообмена,  $m^2$ ;  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  - коэффициенты, устанавливающие взаимосвязь между теплофизическими параметрами обрабатываемой жидкости и конструктивными параметрами теплообменника.

Для расчета среднего коэффициента теплоотдачи в нагревательных элементах нагревательной камеры необходимо знать средние по длине трубы значения температуры жидкости  $t_{cp}$  и стенки  $t_H$  трубчатого электронагревателя.

Тогда коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha = \frac{(t_H - t_0) \frac{v_H (d_2 + d_H + 0,03)^2}{4} + Q_{пот}}{2d_H l_T (60,125 - 810v_H + 0,56t_0 + 34,5N - 136Nv_H) \frac{t_H - t_0}{2}},$$

где  $v_H$  - скорость движения жидкости в нагревательном элементе,  $m/c$ ;  $N$  - мощность электродвигателя, кВт;  $Q_{пот}$  - потери теплоты в окружающую среду.

По данным измерений рассчитаны значения  $Re$  и соответствующие им значения  $Nu$ . Зависимость между числами подобия можно представить в виде степенных функций, поэтому коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha = 0,006 Re^{0,48} \frac{\lambda_K}{D_2}.$$

Загрязненность водных сред после их термической обработки составляет  $6 \pm 10$  кл/мл.

Отработанные водные технологические среды необходимо утилизировать. Для этого целесообразно посредством выпаривания разделить отработанную водную среду на чистую техническую воду (конденсат) и органический остаток. Поэтому жидкость с температурой нагрева  $120 \pm 5^\circ C$  из нагревательной камеры устройства для термической обработки необходимо направлять в испаритель-

ную камеру (рис. 1, в).

Отработанная жидкость в испарительной камере распыляется форсунками в виде капель. Мелкие капли успевают полностью испариться при прогреве. Температура поверхности испаряющейся капли жидкости будет близка к температуре адиабатического испарения. Температура в испарительной камере не должна превышать температуру испарения минеральных масел, содержащихся в отработанных жидкостях, равную 160...175°C. Это позволяет выделить из отработанных водных сред в процессе утилизации органический остаток, пригодный для промышленного использования. Длина испарительной камеры равна пути движения испаряющейся капли жидкости.

Уравнение для определения пути движения испаряющейся капли жидкости имеет вид

$$S = \frac{2\rho_{ж}}{3K_3} \left[ \left( \sqrt{\delta_0^2 - \frac{2T_k}{K_2} - \delta_0} \right) + \left( \frac{2\rho_{ж}}{3K_2K_3\sigma_{ок}} + \delta_0 \right) \ln \left| \frac{\sigma_{ок}}{\sigma_{кк}} \right| \right],$$

где  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости;  $K_2$  - коэффициент пропорциональности;  $K_3$  - коэффициент лобового сопротивления;  $\delta_0$  - начальный диаметр капли жидкости, м;  $\sigma_{кк}$  - конечная скорость движения капли жидкости, м/с:

$$\sigma_{кк} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{ок}} - \frac{3K_2K_3\delta_0}{2\rho_{ж}}}$$

Конечное время испарения капли жидкости

$$T_k = \frac{\delta_0^2 K_2}{2},$$

$\sigma_{ок}$  - начальная скорость движения капли жидкости, м/с.

В процессе создания испарительных камер устройства для

утилизации отработанных жидкостей возникает необходимость в определении дисперсного состава капель жидкости, который создается форсунками. Для более точного представления дисперсной характеристики капельного потока необходимо теоретическое описание функций распределения количества капель по диаметрам, величины которых можно установить экспериментально. Дисперсный капельный поток, направленный горизонтально, при попадании на горизонтальную плоскость образует пятно, размеры которого зависят от массы капель, начальной скорости  $U_0$ , высоты падения  $H_K$  и силы  $F_c$  сопротивления движению. Диаметр  $\delta$  капли можно определить согласно следующей зависимости

$$\delta = \sqrt{\frac{72 H_K^2 \sqrt{\frac{S^2 g}{2 H_K} + 2 g H_K \eta \rho_c}}{S^2 g \rho_{ж}}},$$

где  $\eta$  - коэффициент динамической вязкости;  $\rho_c$  - плотность окружающей среды;  $S$  - путь, пройденный каплей, м;  $g$  - ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Таким образом можно измерить диаметр капель от  $\delta_{min}$  до  $\delta_{max}$  любого капельного потока.

На рис. 3 представлены функции распределения  $P_i = f(\delta)$  при исследовании дисперсной характеристики распыленной жидкости с помощью пневмогидравлических форсунок при различных расходах жидкости  $G_{ж}$  и воздуха  $G_{в}$ .

В промышленных условиях определены технологические параметры конденсата, полученного после обезвреживания отработанных водных сред. Результаты анализа конденсата, полученного после разделения различных видов водных сред, представлены в таблице 1.

Конденсат, полученный после утилизации отработанных жидко-

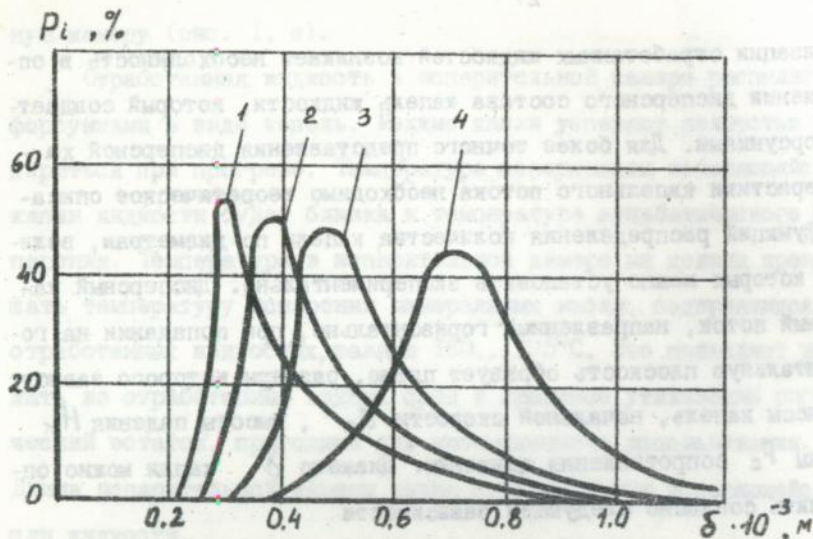


Рис.3. Функции распределения размеров капель жидкости:

1 -  $G_e/G_x = 80$ ; 2 -  $G_e/G_x = 45$ ; 3 -  $G_e/G_x = 20$ ;

4 -  $G_e/G_x = 10$ .

стей, можно использовать в производственных процессах для приготовления водных СОЖ, в водооборотных системах. Органический остаток близок по своим свойствам к мазутам (температура вспышки в открытом тигле отличается от температуры вспышки мазута на  $10...12^{\circ}\text{C}$ ).

Кроме того выделенный органический остаток по своим свойствам близок к группе смазочных масел, которые можно использовать в качестве отопительных масел, масел для производства активной сажи, масел для приготовления эмульсии в производстве керамзита.

Компоновка комплексных систем эксплуатации водных сред зависит от типа производства, стадии создания механического цеха (проектирования, реконструкции, эксплуатации).

При проведении вскрышных работ на карьерах водная среда подается самотеком в зумпф, откуда она насосами перекачивается

## Сравнительные характеристики конденсатов

Таблица 1

Исходный продукт	Промыш- ленное предпри- ятие	Органи- ческие примеси, мг/л	Жесткос- ть воды, мг-экв/л	Микробо- поражае- мость, кл/мл	РН
техническая вода ГОСТ 2874-82	Орельс- кий спец- карьер	-	2...4	100	5,2 + 7,5
Техническая вода ГОСТ 2874-82	Полтав- ский ГОК	32	0,08	1...6	7,2
ЭТ - 2 (3%)	Днепро-	36	0,06	1...6	7,3
НГЛ - 205 (5%)	петровс-	36	0,06	1...6	7,0
ДВЖ - 2	кий за- вод гор- ношахтно- го обору- дования	23,3	0,06	1...3	7,0

в гидроствал. Поэтому располагать системы очистки воды от твердых частиц и смазочных масел необходимо непосредственно на насосных станциях. Это тем более целесообразно потому, что в системах водоснабжения для зимнего периода проводится утепление насосных станций.

При подземной разработке полезных ископаемых с применением комплексов гидромеханизации оборудование гидравлических подъемных транспортных установок располагают на крыльях шахтных полей с прокладкой трубопроводов в вентиляционных шурфах и скважинах. Здесь же необходимо располагать очистное оборудование. В общем случае при перемещении в потоке жидкости дробленых кусковых руд тяжелых металлов без последующей очистки жидкости от твердых частиц энергоёмкость гидравлического транспорта существенно уве-

личивается, а износ оборудования может быть настолько интенсивным, что исключает возможность эффективного применения этого вида транспорта.

Для механических цехов заводов горного машиностроения в зависимости от типа производства резко меняется расход жидкости в системе эксплуатации.

При массовом и крупносерийном производстве (например, на Горловском машиностроительном заводе) в механическом цехе обрабатывается несколько видов материала и для него характерно применение одного состава СОЖ. Для таких производств целесообразно применение централизованных систем, которые обеспечивают централизованную раздачу СОЖ в зону резания и сбор загрязненной жидкости, постоянную очистку водной среды от механических примесей и периодическую регенерацию и утилизацию СОЖ.

Серийное и мелкосерийное производство характерно довольно частой сменой номенклатуры обрабатываемых деталей и материалов, широким различием видов обработки материалов резанием как, например, в условиях Днепропетровского завода горношахтного оборудования. Это вызывает необходимость применения нескольких составов водных СОЖ в механическом цехе. В таких условиях необходимо применять несколько автономных систем приготовления, раздачи, сбора и очистки жидкостей, а периодически действующие системы регенерации и утилизации СОЖ должны быть общими, едиными для всех видов охлаждающих сред, применяемых в механическом цехе.

Основное влияние на выбор компоновочной схемы комплексной системы эксплуатации водной среды оказывает стадия создания механического цеха. На стадии проектирования имеются все возможности для использования оригинальных и экономически целесообразных решений для осуществления всех операций эффектив-

ной эксплуатации водных сред.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации сформулированы и обоснованы положения, совокупность которых представляет теоретическое обобщение и решение крупной научной проблемы создания экологически чистой техники и технологии эксплуатации водных технологических сред на базе непрерывно действующего оборудования, позволяющего многократно использовать рабочие жидкости в производственных процессах, которая имеет важное народнохозяйственное значение в области инженерной экологии и рационального использования источников водоснабжения, и заключается в создании малоотходной и безотходной технологии эксплуатации водных эмульсий, что позволяет полностью исключить сброс загрязненных жидкостей в естественные водоемы.

Основные результаты, выводы и рекомендации заключаются в следующем.

1. Разработаны основные методические положения создания непрерывно действующего оборудования, базирующегося на использовании энергии свободной и затопленной струи жидкости, обеспечивающего экологически чистую технологию эксплуатации водных технологических сред в условиях горных предприятий.

2. Дано развитие теории процессов приготовления, очистки и утилизации водных эмульсий на основе закономерностей теплообмена и конвективного переноса с учетом турбулентной диффузии, позволяющее создать малоотходные и безотходные технологии эксплуатации водных технологических сред на горных предприятиях.

3. Разработан комплекс математических моделей для описания механизма термической обработки жидкостей и взаимосвязей между теплотехническими параметрами водных эмульсий и конструктивными

элементами устройств термической обработки, что позволило обосновать эффективную технологию биологической очистки водных технологических сред, выявить рациональные режимы работы оборудования.

4. Впервые получено критериальное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи водных сред в нагревательных элементах устройств термической обработки жидкостей, позволяющее определить эффективные температурные режимы их эксплуатации в условиях горных предприятий.

5. Разработан эффективный способ обезвреживания отработанных жидкостей, основанный на капельном испарении при температуре  $150 \pm 5^\circ\text{C}$  в камере, в которой происходит выделение технической воды и образование масляного остатка. Температура в испарительной камере не превышает температуру испарения смазочных и эмульгированных масел. Техническую воду (имеющую технологические характеристики, соответствующие ГОСТ 2874-82) после такой обработки направляют в оборотные системы эксплуатации, а масляный остаток можно использовать в качестве отопительных масел, масел для производства активной сажи, для приготовления эмульсий в производстве керамзита.

6. Разработаны научные положения и критерии оценки процессов очистки водных сред с учетом экологических, экономических и технологических показателей, позволяющие обосновать рациональные варианты компоновки технологических схем и выбор эффективного оборудования для водооборотных систем карьеров, обогатительных фабрик, механических цехов заводов горного машиностроения.

7. Разработана теория проектирования и рекомендации по созданию непрерывно действующего оборудования для очистки жидкостей от механических примесей, смазочных масел, термической

обработки, утилизации отработанных жидкостей и компоновки комплексных систем малотходной и безотходной эксплуатации водных эмульсий на горных предприятиях.

8. Создан ряд фильтровальных устройств с новыми компоновочными схемами. Отличительной особенностью этих устройств является возможность управления процессом фильтрации путем создания эффективных полей скоростей движения жидкости перед фильтровальной перегородкой, что позволяет увеличить срок службы фильтрующих материалов в 1,8... 2 раза ( а.с. №929158, 1297891, 1611389).

9. Разработаны и внедрены: система непрерывно действующего оборудования для очистки водной среды от смазочных масел на Орельском спецкарьере концерна "Укрдорстройиндустрия"; комплексная система для очистки жидкости от механических примесей и смазочных масел на Полтавском ГИЖ; комплексные системы очистки и регенерации водных СОЖ в механических цехах Днепродзержинского завода электроисполнительных механизмов, Кирдичского инструментального завода, Светловодского завода "Калькулятор". Общий экономический эффект составил 506,7 тыс.руб. (цены 1988 г.).

Основные положения диссертации опубликованы в 72 работах, в т.ч. 8 авторских свидетельствах. Важнейшие из них:

1. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н., Нечипоренко В.И., Левчук А.С. Механизация трудоемких и вспомогательных работ в механических цехах. - Справочник, - Киев: "Техника", 1987, с.290.

2. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Брылев Е.А. Очистка технологических сред при обработке металлов резанием. - Изд. ВГУ, 1992, с.125.

3. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Павленко А.М. Прогрессивные способы обеззараживания и обезвреживания СОЖ металлорежущих станков. - Киев. "Віпол", 1994, с.159.

4. Тихонцов А.М., Чухно С.И., Коробочка А.Н. Тепловые процессы при механической обработке материалов резанием. - Киев. УМК, 1992, 362 с.

5. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н., Брылев Е.А., Михайлов А.И. Определение параметров очистных установок для водооборотных систем. - Известия вузов. Горный журнал, 1988, №10, с.23...27.

6. Коробочка А.Н., Брылев Е.А. Оптимальная конструкция сопла в бескамерных фильтровальных установках. - Известия вузов. Горный журнал, 1990, №12, с.28.

7. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Брылев Е.А., Пономаренко А.В. Определение критических скоростей движения металлических частиц в трубопроводном транспорте. - Известия вузов. Горный журнал, 1989, №12, с.18...20.

8. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Михайлов А.И., Захарченко А.В. Аналитическое определение коэффициента сопротивления фильтровальной перегородки. - Известия вузов. Горный журнал, 1987, №11, с.101...103.

9. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н. Термическая обработка СОЖ. - Вестник машиностроения, 1981, №12, с.51...53.

10. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н. Магнитная гидроциклонная установка. - Вестник машиностроения, 1980, №8, с.19...21.

11. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н. Устройство для термической обработки водных СОЖ. - Вестник машиностроения, 1982, №6, с.17...19.

12. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Тимошпольский В.И. Определение параметров нагревательной камеры устройства для термической обработки жидкостей. - Известия вузов. Энергетика, 1985, №6, с.94...96.

13. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Пономаренко А.В. Авто-

матризованные комплексные системы эксплуатации водных СОЖ. - Вестник машиностроения, 1987, №1, с.21...29.

14. Коробочка А.Н., Брылев Е.А. Определение коэффициента проницаемости фильтровальных установок. - Известия вузов. Машиностроение, 1989, №9, с.145...148.

15. Коробочка А.Н., Павленко А.М. Определение дисперсного состава капель пневмогидравлической форсунки. - Известия вузов. Энергетика, 1991, №4, с.103...106.

16. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н., Баранов И.М. Расчет потребности в СОЖ для металлорежущих станков. - Станки и инструмент, 1979, №1, с.17...19.

17. Коробочка А.Н. Автоматизированный маслоотделитель. - Механизация и автоматизация производства, 1982, №11, с.13.

18. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Черниченко В.Е. Технологические особенности процесса отделения посторонних масел от СОЖ. - Организация технологии производства, 1984, №6, с.19...22.

19. Тихонцов А.М., Коробочка А.Н. Система регенерации эмульсии. - Машиностроитель, 1981, №11, с.24...25.

20. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М. Установка для очистки СОЖ. - Машиностроитель, 1982, №6, с.14...15.

21. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Пономаренко А.В. Бескамерная фильтровальная установка. - Машиностроитель, 1988, №10, с.11...12.

22. Коробочка А.Н. Маслоотделитель непрерывного действия. - Машиностроитель, 1988, №13, с.21.

23. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Павленко А.М. Термическая обработка водных СОЖ. - Машиностроитель, 1990, №8, с.54.

24. Коробочка А.Н., Тихонцов А.М., Панасенко С.С. Электромагнитный клапан. - Машиностроитель, №5, 1989, с.12.

25. А.с. №929158 (СССР). Устройство для очистки жидкостей.

/А.М.Тихонцов, А.Н.Коробочка, А.П.Педь, В.П.Карцев/. - Оpubл. в Б.И., 1982, №19.

26. А.с. №952773 (СССР). Устройство для обеззараживания жидкости./А.М.Тихонцов, А.Н.Коробочка, А.В.Кокорин/.-Оpubл. в Б.И., 1982, №31.

27. А.с. №1297891 (СССР). Фильтровальная установка./А.Н.Коробочка, А.М.Тихонцов, А.В.Пономаренко/.-Оpubл. в Б.И., 1987, №11.

28. А.с. №1611389 (СССР). Устройство для очистки жидкостей, /А.Н.Коробочка, Е.А.Брылев, А.М.Тихонцов/.-Оpubл. в Б.И., 1990, №45.

29. А.с. №1672123 (СССР). Устройство для обезвреживания отработанной смазочно-охлаждающей жидкости./А.Н.Коробочка, А.М.Тихонцов, А.М.Павленко, В.В.Гусар/.-Оpubл. в Б.И., 1991, №31.

30. А.с. №1315469 (СССР). Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов./А.М.Тихонцов, А.Н.Коробочка, Р.М.Коломойская и др. - Оpubл. в Б.И., 1987, №21.

31. А.с. №1701394 (СССР). Пневмогидравлическая форсунка. /А.Н.Коробочка, А.М.Павленко, А.М.Тихонцов/.-Оpubл. в Б.И., 1991, №48.

Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве /1,9,10,11,12,13,14,16,19,20,21,22,25,26,27,30,31/ - обработка научных данных, решение задач, анализ результатов решений; /2,3,4,5,6,7,8,15,17,18,23,24,28,29/ - постановка задач, разработка методики исследований или экспериментов, анализ результатов; /25,26,27,28,29,30,31/ - разработка существенных признаков изобретений.

## Annotation

A.N. Corobochka. The development of technological bases and equipment of clean water environment at mining enterprises.

Dissertation for the degree of Doctor of Science ( Eng ) in the speciality 05.26.05. "Environment Engineering", State Mining University of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1995.

The theoretical bases of the development of clean environment equipment and technology of using technological water mediums for closed-circuit water supply of industrial plants at mining enterprises are defended.

It has been stated that complete water medium utilization is provided by employment of free and plunged liquid jet energy when the equipment is in continuous operations, because it permits to regulate the speed of the processes taking place in the equipment mentioned and to unite it into a common technological cycle.

The results of the investigations are used in state and branch methodical documents. Complex systems of water medium utilization have been introduced at some Ukrainian enterprises.

The economic benefits make up 605700 roubles (prises of 1988). 72 scientific works (including authors certificates) have been already published.

## АНОТАЦІЯ

Коробочка О.М. Розробка технологічних основ та обладнання для очищення водних середовищ на гірничих підприємствах.

Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.05 "Інженерна екологія", Державна гірнича академія України, Дніпропетровськ, 1995.

Захищаються теоретичні основи створення екологічно чистої техніки та технології експлуатації водяних технологічних середовищ для умов замкнених водозворотніх цехових систем гірничих

підприємств. Встановлено, що ефективне використання водяних середовищ забезпечується використанням енергії вільної та затопленої течії рідини при створенні безперервно діючого обладнання, тому що це дозволяє регулювати швидкість процесів, які протікають у створеному обладнанні, та зв'язати його в технологічний цикл. Результати досліджень використані в державних та галузевих методичних документах. Здійснено промислове впровадження комплексних систем експлуатації водяних середовищ на підприємствах України. Загальний економічний ефект склав 605,7 тисяч крб./ціни 1988р./.

Опубліковано 72 научні праці, в т.ч. 8 авторських свідоцтв на винаходи.

**Ключові слова:** технологія, обладнання, емульсія, екологія.

ВІДАТОНА

Підписано к печати 19.11 1995г. Формат 60x84 1/4

Объем 1,6 п.л. Тираж 100 экз. Заказ № 606

Бесплатно. Ксерокс ДТУ

322618. г.Днепродзержинск, ул.Днепростроевская, 2.

Handwritten text at the top of the page, possibly a page number or header, which is mostly illegible.

47705

відприємств. Встановлено, що ефект від  
 реалізації забезпечується використанням спеціальних технологій, що  
 ної течії рідин при отриманні необхідного стану об'єкту,  
 тому що це дозволяє регулювати температуру, що впливає  
 у отриманні об'єкту, та отримати його в такій кількості, яку  
 Раціональні використання технологій в умовах та умовах  
 дозволяють виконати. Згідно з проектом використання спеціальних  
 систем контролювання роботи об'єкту на підприємстві Тернопіль.  
 Згідно з проектом ефект може бути отримано при певних умовах  
 функціонування та певних параметрах, які вказані в таблиці  
 таблиці.

Ключові слова: технологія, об'єкту, функція, система.

Відповідно до статті 17 Закону України «Про авторське право»  
 від 1993 року, авторство на цю роботу належить [ім'я]  
 [п. 1].  
 [п. 2].  
 [п. 3].  
 [п. 4].  
 [п. 5].  
 [п. 6].  
 [п. 7].  
 [п. 8].  
 [п. 9].  
 [п. 10].  
 [п. 11].  
 [п. 12].  
 [п. 13].  
 [п. 14].  
 [п. 15].  
 [п. 16].  
 [п. 17].  
 [п. 18].  
 [п. 19].  
 [п. 20].  
 [п. 21].  
 [п. 22].  
 [п. 23].  
 [п. 24].  
 [п. 25].  
 [п. 26].  
 [п. 27].  
 [п. 28].  
 [п. 29].  
 [п. 30].  
 [п. 31].  
 [п. 32].  
 [п. 33].  
 [п. 34].  
 [п. 35].  
 [п. 36].  
 [п. 37].  
 [п. 38].  
 [п. 39].  
 [п. 40].  
 [п. 41].  
 [п. 42].  
 [п. 43].  
 [п. 44].  
 [п. 45].  
 [п. 46].  
 [п. 47].  
 [п. 48].  
 [п. 49].  
 [п. 50].  
 [п. 51].  
 [п. 52].  
 [п. 53].  
 [п. 54].  
 [п. 55].  
 [п. 56].  
 [п. 57].  
 [п. 58].  
 [п. 59].  
 [п. 60].  
 [п. 61].  
 [п. 62].  
 [п. 63].  
 [п. 64].  
 [п. 65].  
 [п. 66].  
 [п. 67].  
 [п. 68].  
 [п. 69].  
 [п. 70].  
 [п. 71].  
 [п. 72].  
 [п. 73].  
 [п. 74].  
 [п. 75].  
 [п. 76].  
 [п. 77].  
 [п. 78].  
 [п. 79].  
 [п. 80].  
 [п. 81].  
 [п. 82].  
 [п. 83].  
 [п. 84].  
 [п. 85].  
 [п. 86].  
 [п. 87].  
 [п. 88].  
 [п. 89].  
 [п. 90].  
 [п. 91].  
 [п. 92].  
 [п. 93].  
 [п. 94].  
 [п. 95].  
 [п. 96].  
 [п. 97].  
 [п. 98].  
 [п. 99].  
 [п. 100].