

Автореферат
К 32

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В. Ломоносова

на правах рукописи

КВАНТИДЗЕ ВАХТАНГ АЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 664.7.013.8:628.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ И
ФИЛЬТРОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД МЕЛЬНИЦ ОТ ВЗВЕШЕННЫХ
ПРИМЕСЕЙ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты
пищевых производств

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1987

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Н.В.Остапчук

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
с.н.с. Е.И.Таубман
кандидат технических наук,
доцент И.Р.Дударев

Ведущая организация - Кулиндоровский комбинат
хлебопродуктов Министерства
хлебопродуктов СССР

Защита состоится "11" декабря 1987 г. в 10³⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломо-
носова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им. М.В.Ломо-
носова.

Автореферат разослан "6" ноября 1987 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

ОНАХТ

20.07.12

Повышение эффективности



v015989

Е.Г.Кротов

015989
Одесский технологический
институт пищевой про-
мышленности им. М. В.

БИБЛ

12

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Постановлениями XXУП съезда КПСС и последующих пленумов ЦК КПСС уделено значительное внимание снижению производственных выбросов, созданию безотходных технологий с целью значительного улучшения экологической обстановки в стране. В связи с этим вопросы очистки сточных вод пищевых и зерноперерабатывающих предприятий приобретают важное значение.

Зерноперерабатывающие предприятия потребляют сравнительно небольшое количество воды, используемой в технологических и хозяйственно-бытовых целях. Существующие в настоящее время системы очистки сточных вод не являются достаточно эффективными. В связи с этим определенное количество сбрасываемых стоков содержит в своем составе взвешенные примеси, минеральные и органические растворимые вещества в количествах, во много раз превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), что не позволяет сбрасывать их без предварительной очистки в канализационную сеть, водоемы, либо использовать повторно. Основным препятствием для сброса сточных вод в канализацию и водоемы является содержание грубодисперсных примесей. Из-за превышения ПДК при сбросе сточных вод в канализацию на зерноперерабатывающие предприятия накладывается штраф и другие санкции, вплоть до прекращения производства. Поэтому научное обоснование и разработка технологических схем и режимов очистки сточных вод мельниц от грубодисперсных примесей при минимальных затратах является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы. Целью работы является научное обоснование и выбор режимов процессов осаждения и фильтрования сточных вод зерноперерабатывающих предприятий и разработка рекомендаций по синтезу технологических схем, обеспечивающих заданную эффективность очистки при минимальных затратах.

Для достижения основной цели поставлены следующие задачи:

- уточнить состав загрязнений и расходы производственных сточных вод зерноперерабатывающих предприятий;
- установить кинетические закономерности процессов осаждения и фильтрования для различных способов очистки, видов отстойников и характеристик фильтрующих перегородок;
- определить режимы процессов осаждения и фильтрования, обеспечивающие заданную степень выделения взвешенных частиц;
- выбрать наиболее целесообразную последовательность и соотношение технологических операций очистки, позволяющих создать эффек-

тивные технологические схемы очистки сточных вод;

- рассчитать конструктивные параметры оборудования, обеспечивающие заданную степень выделения грубодисперсных примесей из сточных вод;

- определить сравнительные технико-экономические характеристики технологических схем очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий.

Научная новизна работы состоит в:

- установлении кинетических закономерностей режимов осаждения и фильтрования сточных вод, обеспечивающих заданную степень очистки;

- определении оптимального соотношения степени очистки последовательным осаждением и фильтрованием;

- обосновании конструктивных параметров отстойников и фильтров, обеспечивающих реализацию выбранных режимов очистки сточных вод;

- обосновании технологических схем очистки с наиболее высокими технико-экономическими показателями.

Практическая значимость работы состоит в:

- разработке рекомендаций по выбору режимов очистки, конструктивных параметров оборудования и проектированию технологических схем очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий, позволяющих повысить эффективность очистки в области ПДК загрязнений при минимальных затратах.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на УП Всесоюзном симпозиуме по современным проблемам прогнозирования, контроля качества воды водоемов и озонирования (г. Таллин, 1985 г.), на Всесоюзной конференции "Процессы и аппараты для микробиологических производств. Биотехника-86" (г. Грозный, 1986 г.), на конференции молодых ученых МТИП (г. Москва, 1986 г.), на Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, организованной ГрузНИИПП (г. Тбилиси, 1987 г.) и научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М. В. Ломоносова (г. Одесса, 1985...1987 гг.).

Публикация результатов. По материалам диссертационной работы опубликовано восемь работ, получено три положительных решения ВНИИГПЭ на выдачу авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, включающего 142 наименования, в том числе 27 иностранных и семи приложений. Работа изложена на 113 страницах машинописного текста и содержит 38 рисунков и 10 таблиц.

На защиту выносятся:

принципы выбора последовательности технологических операций очистки и оптимального соотношения процессов осаждения и фильтрования сточных вод, обеспечивающие наименьшие затраты на очистку от взвешенных примесей;

обоснование технологических схем очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий с высокими технико-экономическими характеристиками, обеспечивающих заданную степень очистки.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу состояния технологии очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий по данным литературных источников и результатам экспериментальных исследований реальных объектов.

Установлено, что при годовом объеме расхода воды на технологические нужды, составляющем 0,3...3,0 тыс. м³ для мукомольных и крупяных заводов, 20...200 м³ - для элеваторов и хлебоприемных предприятий, сточные воды насыщены загрязнениями в десятки раз превышающими допустимый санитарными нормами уровень их концентрации.

В составе загрязнений сточных вод находятся микреральные частицы, составляющие около 30%. Трудноотделимые частицы менее 0,25 мм достигают 25% от общего состава загрязнений, коли-титр - 4×10^{-6} . Окисляемость сточных вод значительно выше величины БПК₅, что затрудняет применение биохимических способов очистки.

На основании анализа применяемых методов очистки сточных вод промышленных предприятий выявлено отсутствие эффективных способов очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий и показано, что существующие способы для них неприемлемы из-за эксплуатационной сложности, недостаточной надежности и низкой эффективности очистки.

Во второй главе изложены теоретические основы интенсификации процессов осаждения и фильтрования.

На основе анализа теоретических сведений о процессах осаждения, представленных формулами для расчета скорости осаждения частиц $v_{ос} = Re mg \varphi / (d_p \rho_c)$ и производительности отстойника $V = F_0 v_{ос}$, показано, что интенсификация процесса осаждения достигается понижением вязкости среды μ , увеличением разности плотностей среды ρ_{cp} и частиц ρ_p , изменением формы и состояния поверхности частиц, характеризующих эквивалентным диаметром частиц d_p и коэффициентом гидравлического сопротивления φ . Для определения скорости осаждения и времени пребывания потока жидкости в аппарате как основных

характеристик отстойника необходимо знать плотности взвешенных частиц и воды, гидравлическую крупность частиц i и закономерности кинетики процесса выпадения взвеси $C = f(\varepsilon)$.

Анализ теоретических основ процессов фильтрования показал, что увеличение производительности фильтров достигается повышением разности давлений, радиусов и количества капилляров, снижением вязкости жидкости, уменьшением кривизны капилляров и толщины фильтрующего слоя. Применительно к насыпным загрузкам показано, что при выборе режимов фильтрования и характеристик фильтрующего слоя, обеспечивающих заданную степень очистки, целесообразно использовать безразмерные переменные процесса фильтрования $X = vx$ и $T = a\varepsilon$, входящие в уравнение для определения защитного действия фильтра

$$\frac{\partial^2 y}{\partial X \partial T} + \frac{\partial y}{\partial X} + \frac{\partial y}{\partial T} = 0,$$

где $y = C/C_0$ - отношение текущей концентрации к начальной; ε - время фильтрования, с; x - высота слоя загрузки, м; a и v - параметры фильтрования, определяющие скорость отрыва и прилипания частиц.

Кроме значений X и T , необходимо определить гидравлический уклон

$$i = 5,2 \cdot 10^{-3} \mu v \omega^2 / n^3,$$

где μ - вязкость среды, Па·с; v - скорость фильтрования, м/ч; ω - суммарная поверхность стенок поровых каналов в единице объема слоя, м²; n - пористость слоя. Показана необходимость установления количественной меры связи между гидравлическим уклоном в сечении заиле.ной загрузки, начальным гидравлическим уклоном, начальной пористостью загрузки и удельным объемом осадка.

Важным для расчета фильтров является зависимость потерь напора по высоте фильтра, которую можно определить, пользуясь значениями параметров a , v , A и величиной гидравлического уклона i в зависимости от скорости фильтрования и размеров зерен фильтрующего слоя. Величина $A = \Delta n_{np} / n_0$ представляет собой предельно возможную в данных условиях, насыщенность порового пространства отложениями или отношение предельного удельного объема осадка к начальной пористости чистой загрузки n_0 .

Скорости осаднения и фильтрования находятся в сложной неоднозначной зависимости с другими задаваемыми произвольно характери-

ками процесса, поэтому выбор режимов отстаивания и фильтрования имеет множество решений. На основании анализа существующих технологических схем очистки, теоретических основ осаждения и фильтрования сформулирована цель и задачи работы.

В третьей главе изложены программа, план и методика экспериментальных исследований. Методика ориентирована на получение данных, необходимых для выбора режимов осаждения и фильтрования, конструкции отстойников и фильтров и технологических схем очистки сточных вод, обеспечивающих требуемое санитарными нормами качество очистки при минимальных затратах.

Экспериментальные исследования выполнены на сточных водах Кулиндоровского, Луцкого, Виндичанского и Белоцерковского комбинатов хлебопродуктов. Согласно разработанному плану отбор воды для анализа на загрязненность осуществлялся в местах максимального загрязнения стоков - непосредственно после моечных машин. Условия отбора проб на химический анализ соответствовали требованиям ГОСТ 18963-73 и ГОСТ 4979-49.

Методика уточнения состава сточных вод и их характеристик построена на использовании методов: весового, выпаривания воды, электрометрического, тригонометрического и арбитражного. Техническая база экспериментальных исследований представлена мерными сосудами, секундомерами с-1-2а и СДС_{пр}-1, термометрами ТЛ-1, ТЛ-42, барометром МД-49-2 и специально созданными для осуществления экспериментов лабораторными установками для осаждения и фильтрования.

Кроме определения состава и состояния сточных вод, методикой предусмотрено изучение кинетики процессов осаждения и фильтрования, определение крупности взвешенных частиц, выбора фильтрующего материала, способа расчета и выбора конструктивных параметров и оборудования.

В четвертой главе приведены результаты исследований по определению режимов и кинетических закономерностей процессов отстаивания и фильтрования сточных вод зерноперерабатывающих предприятий.

Выявлены особенности состава сточных вод Кулиндоровского, Луцкого, Виндичанского и Белоцерковского комбинатов хлебопродуктов как объектов исследования, отличающие от их исследованных ранее объектов. Эти особенности выражаются в повышенной концентрации взвешенных веществ, достигающей от 540 до 10300 кг/дм³, и микроорганизмов 2500...4800 колоний на 1 дм³, что более, чем в 3 раза превышает количество взвесей и сухого остатка на таких объектах, как мелькомбинат № 2 (г. Одесса), мельзаводы г. Москвы при практически сходных

температурных условиях. Остальные показатели являются соизмеримыми по величине. Наличие в составе загрязнений частиц различной крупности предопределяет нелинейности функциональных связей между начальной концентрацией взвеси, высотой столба отстаиваемой жидкости, ее температурой и вязкостью. В качестве примера представлена кинетика процесса отстаивания при различной начальной концентрации взвешенных веществ, постоянной температуре сточной воды и высоте слоя (рис. 1). Установлена закономерность изменения объема выпавшего осадка во времени при тех же условиях (рис. 2), а также кинетика выпадения взвешенных частиц при их различных начальных концентрациях (рис. 3). Учитывая возрастание величины остаточной дисперсии при увеличении интервала аппроксимации анализируемых данных, предложено ограничиться продолжительностью τ до 30 минут.

Установлено, что изменение высоты слоя и температуры сточных вод не оказывает существенного влияния на характер и скорость осаждения. Результаты экспериментальных исследований по очистке сточных вод при скорости осаждения загрязнений менее 0,072 мм/с и рассчитанные по ним параметры процесса при больших скоростях осаждения показали, что применение отстойников в большой глубины отстаивания целесообразно только для выделения частиц со скоростью осаждения более 0,65 мм/с. При этой скорости степень очистки воды от взвешенных веществ составляет около 41%. Снижение скорости осаждения приводит к увеличению объема отстойников при незначительном улучшении качества очистки. В связи с этим для более эффективной очистки сточных вод методами отстаивания целесообразно применять тонкослойные отстойники при высоте осаждения 50...150 мм и скорости осаждения менее 0,65 мм/с. Режим движения жидкости в этих условиях близок к ламинарному.

Определены возможности повышения степени очистки фильтрованием с применением сеток, пористых фильтрующих материалов и насыпной загрузки. Экспериментально обоснована непригодность использования для задержания взвесей сточных вод зерноперерабатывающих предприятий сетчатых фильтров без регенерации фильтрующей поверхности в связи со значительным увеличением потерь напора и снижением скорости фильтрования.

Установлено, что высокая степень очистки (до 87%) достигается применением фильтрующих пористых материалов на основе металлических порошков. Наилучший результат по продолжительности цикла фильтрования ($T_{ц} = 25$ с) при давлении 0,2 МПа и скорости 4,21 см/с достигается на пористом фильтрующем материале марки Х18Н15-ПМ-10 (ПНС-10):

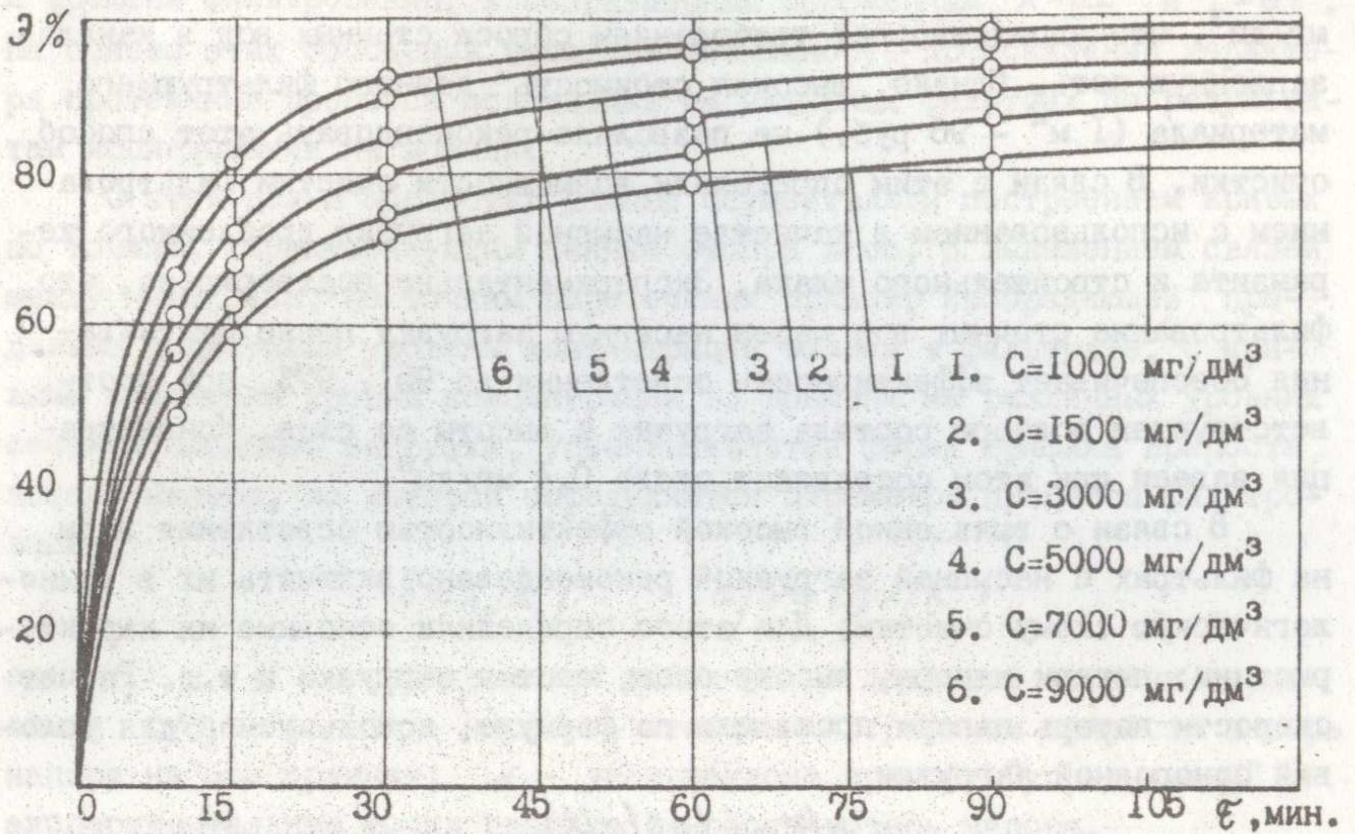


Рис. 1. Зависимость эффективности осветления сточной воды при различной начальной концентрации взвешенных веществ ($t = 25$ °C)

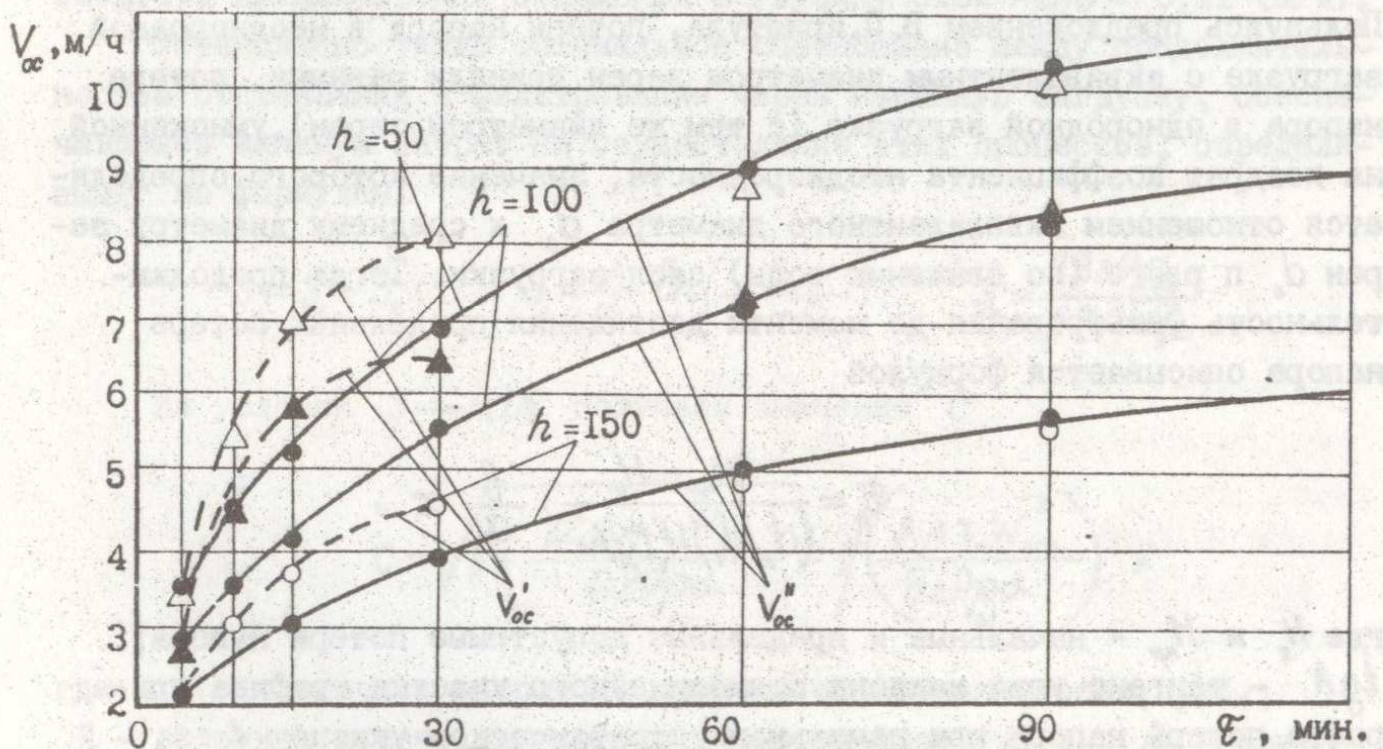


Рис. 2. Зависимость объема выпавшего осадка $V_{ос}$ от продолжительности отстаивания t и высоты слоя h ($V'_{ос}$ - для $t \leq 30$ мин.; $V''_{ос}$ - для $t \leq 120$ мин.)

содержание взвешенных веществ в фильтрате составляло 0,268...0,308 мг/дм³, что удовлетворяет требованиям сброса сточных вод в канализационную сеть. Однако, высокая стоимость данного фильтрующего материала (1 м² - 96 руб.) не позволила рекомендовать этот способ очистки. В связи с этим определили возможности очистки фильтрованием с использованием в качестве насыпной загрузки дробленого керамзита и строительного шлака. Экспериментально подтверждено, что фильтрование сточных вод через насыпную загрузку после отстаивания обеспечивает эффективность осветления до 95...97%, при соответствующем подборе состава загрузки и высоты ее слоя. Концентрация взвеси при этом составляет около 0,4 мг/дм³.

В связи с выявленной высокой эффективностью осветления воды на фильтрах с насыпной загрузкой рекомендовано включить их в технологическую схему очистки. Для этого определили основные их характеристики: потери напора, высоту слоя, состав загрузки и т.д. Расчет скорости потерь напора произвели по формуле, используемой для условий однородной загрузки

$$h/\varepsilon = i_0 \operatorname{tg} A (\alpha/\beta)$$

В связи с тем, что в состав структуры загрузки из строительного шлака входят частицы различной крупности (0,5...1,0 мм - 11,0%; 1,0...1,5 мм - 21,5%; 1,5...2,5 мм - 33,0%; 2,5...3,0 мм - 22,0%; 3,0...4,0 мм - 12,5%), эта формула находит ограниченное применение. Пользуясь предложением В.П.Криштула, потери напора в неоднородной загрузке с эквивалентным диаметром зерен приняли равными потере напора в однородной загрузке (с тем же диаметром зерен), умноженной на квадрат коэффициента неоднородности, значение которого определяется отношением эквивалентного диаметра d_e к среднему диаметру зерен d_0 первого (по движению воды) слоя загрузки. Тогда продолжительность фильтрования до момента достижения предельных потерь напора описывается формулой

$$\varepsilon_n = \frac{H_{np} - H_0}{(d_e/d_0)^2 H_0 \operatorname{tg} A} \cdot \frac{\beta}{\alpha} x,$$

где H_0 и H_{np} - начальные и предельные допустимые потери напора; $\operatorname{tg} A$ - тангенс угла наклона прямолинейного участка графика прироста потерь напора при начальном гидравлическом уклоне i_0 .

Результаты экспериментальных исследований обобщены использованием приема перехода от величин x и ε - толщины слоя загрузки

и времени фильтрования, к безразмерным переменным $X = \beta x$ и $T = \alpha \xi$. На основе этих обобщений показана возможность предсказания характера протекания процесса осветления на натуральных фильтрах по результатам исследования на модели.

С этой целью обработку данных осуществляли построением кривых по точкам, характеризующим данные отбора проб, с выделением связей между ними. Так, по точкам пересечения прямой, изображающей предельно допустимый уровень концентрации взвеси в фильтрате, с кривыми изменения уровня концентрации во времени на различных уровнях сечения насыпной загрузки, устанавливается форма графика прироста потерь напора, по которой определяются параметры процесса фильтрования:

$$\beta = X_0/x_0; \quad \alpha/\beta = \operatorname{tg} \alpha / K,$$

где X_0 и K - определяются таблично по заданной степени осветления C/C_0 ; x_0 - отрезок, отсекаемый графиком прироста потерь напора на оси ординат; α - угол наклона прямой, "усредняющей" экспериментальные точки графика прироста потерь напора.

Согласно этой методике определены параметры процесса фильтрования сточных вод зерноперерабатывающих предприятий на фильтрах с насыпной загрузкой на основе строительного шлака: интенсивность прилипания - $\beta = 7 \text{ (м}^{-1}\text{)}$; интенсивность отрыва - $\alpha = 0,77 \text{ (ч}^{-1}\text{)}$; скорость проникновения отложений в глубину слоя - $\alpha/\beta = 0,11 \text{ (м/ч)}$.

Установлено также оптимальное соотношение между продолжительностью отстаивания и фильтрования через насыпную загрузку, обеспечивающее минимум затрат на осуществление этих процессов, определяемых по формулам:

$$Z = Z_1 + Z_2; \quad Z_1 = \frac{A}{\alpha} \ln \left(\frac{C_n}{C_n - C} \right); \quad Z_2 = \frac{2B\Delta P \rho_{oc}}{\mu \tau_0 C W_{усл.}}$$

Из условия $Z \rightarrow \min$ получаем значение C

$$C = \sqrt{1 + \frac{2C_n A \mu \tau_0 W_{усл.}^2}{B \Delta P \rho_{oc}}} - \sqrt{\left(\frac{A \mu \tau_0 W_{усл.}^2}{B \Delta P \rho_{oc}} \right)},$$

где Z_1 - величина затрат на процесс осаждения взвеси, руб.;

Z_2 - величина затрат на процесс фильтрования, руб.; A - приведенные затраты на процесс осаждения, руб/ч; B - приведенные затраты на единицу времени протекания процесса фильтрования, руб/ч;

α - параметр, характеризующий скорость процесса осаждения (опреде-

ляется по результатам экспериментальных исследований), с; C - оптимальная для перехода к процессу фильтрования величина концентрации взвешенных веществ, мг/дм³; C_n - начальная концентрация взвешенных веществ, мг/дм³; ΔP - разность давлений, Па; $\rho_{ос}$ - плотность осадка, 1080 мг/дм³; μ - вязкость суспензии, Па·с; τ_0 - удельное объемное сопротивление осадка, м⁻²; $W_{усл.}$ - условная скорость фильтрования, м/с.

Если $A = 0,2$ коп/мин.; $B = 0,37$ коп/мин.; $\Delta P = 10^4$ Па; $\mu = 10^{-3}$ Па·с; $\tau_0 = 3 \cdot 10^{13}$ м⁻²; $W_{усл.} = 1,4 \cdot 10^{-5}$ м/с; $C_n = 9000$ мг/дм³; $\alpha = 3,57 \cdot 10^{-4}$ с; $\rho_{ос} = 1080$ мг/дм³, то оптимальным является значение $C \approx 3614,6$ мг/дм³, при котором

$Z = 10,83$ коп. на один цикл очистки (0,012 руб/м³), 3866 руб/год - на примере Кулиндоровского КХП). Это значит, что процесс отстаивания должен протекать в течение 24 мин., т.е. промежуток времени, на протяжении которого уровень концентрации взвешенных веществ понизится от величины C_n до C . В течение этого промежутка времени концентрация взвеси уменьшается на 60% (рис.4).

Приведены расчеты конструктивных параметров отстойника, фильтра и вспомогательного оборудования, составляющих основу предложенной схемы очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий. Схемой предусмотрено выделение из состава загрязненной частиц, имеющих биологическую ценность, и последующая двухступенчатая очистка механическим методом с применением тонкослойных отстойников и фильтров с насыпной загрузкой из строительного шлака.

В основу выбора схемы очистки положен критерий затрат при соблюдении требуемого санитарными нормами качества очистки. Согласно критерию процесс отстаивания должен осуществляться в течение 25...30 минут, после чего отстоенная жидкость подлежит фильтрованию через насыпную загрузку высотой слоя 1 м. Режим работы установки, созданной согласно разработанным рекомендациям, непрерывно-поточный без использования дополнительных источников энергии, что обеспечивает ее преимущество по сравнению с другими известными установками. Работа установки согласно предложенной схеме и рекомендуемым режимам обеспечивает степень очистки (95...97%), при затратах 0,012 руб/м³.

Годовой экономический эффект от использования результатов разработок для зерноперерабатывающего предприятия производительностью 310 т/сутки составляет 195 тыс.руб. в год.

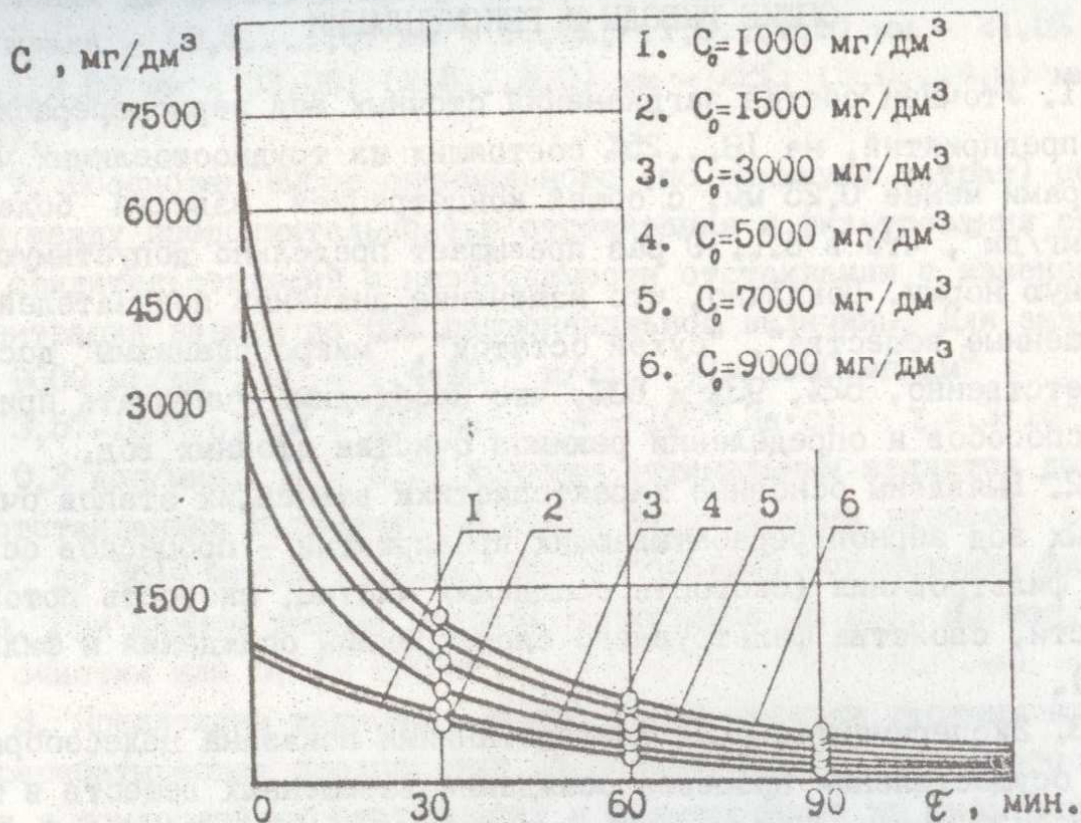


Рис.3. Кинетика выпадения взвешенных частиц при их различных начальных концентрациях

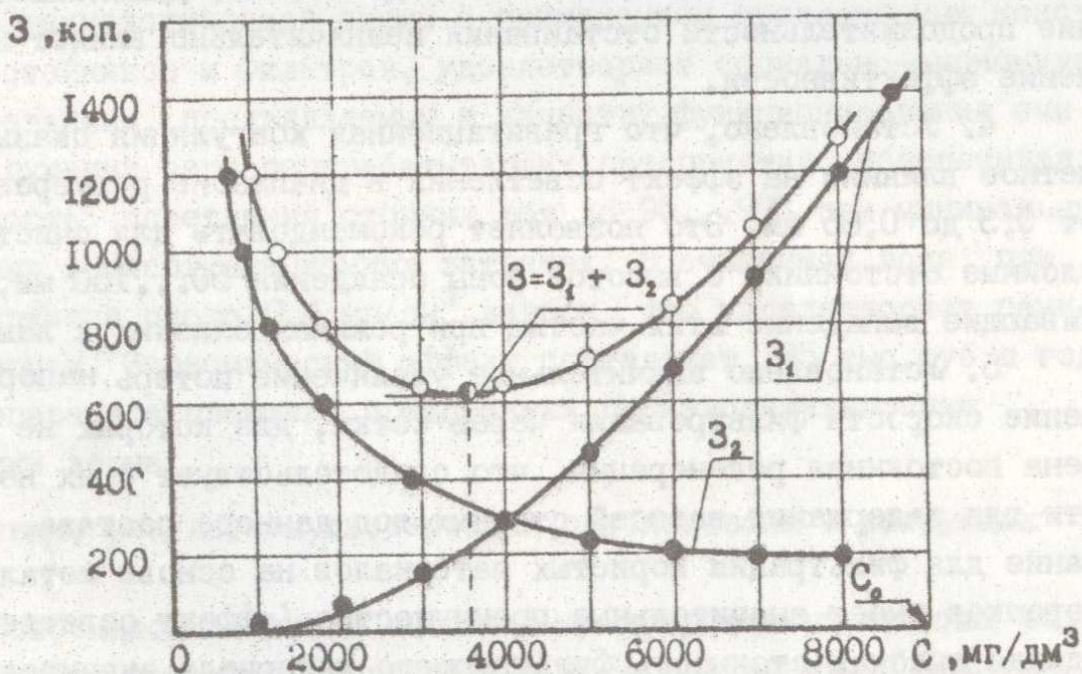


Рис.4. Зависимость величины затрат (Z) на процессы отстаивания (Z_1) и фильтрования (Z_2) от концентрации (C)

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Уточнен состав загрязнений сточных вод зерноперерабатывающих предприятий, на 18...25% состоящих из трудноотделимых частиц размерами менее 0,25 мм, с общей концентрацией взвесей более 3000 мг/дм³, что в 6...10 раз превышает предельно допустимую санитарную норму. Показано, что изменение значений показателей "взвешенные вещества", "сухой остаток", "микроорганизмы" достигает, соответственно, 62%, 93% и 63%, что необходимо учитывать при выборе способов и определении режимов очистки сточных вод.

2. Выявлены основные характеристики важнейших этапов очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий - процессов осаждения и фильтрования (скорость осаждения частиц, скорость потока жидкости, свойства фильтрующего слоя, режимы осаждения и фильтрования).

3. Экспериментальными исследованиями показана целесообразность осуществления процесса осаждения взвешенных веществ в течение 25...30 минут. При этом удается избавиться от 60...80% наиболее крупных примесей в диапазоне изменения параметров: начальной концентрации - от 1000 до 9000 мг/дм³; температуры - от 10°C до 25°C; высоты слоя жидкости - от 50 до 150 мм. Дальнейшее увеличение продолжительности отстаивания незначительно влияет на увеличение эффективности.

4. Установлено, что гравитационная коагуляция оказывает заметное влияние на эффект осветления в диапазоне размеров частиц от 0,3 до 0,85 мм. Это позволяет рекомендовать для очистки тонкослойные отстойники с высотой зоны осаждения 50...150 мм, обеспечивающие выпадение этих частиц при режимах близких к ламинарному.

5. Установлено значительное увеличение потерь напора и снижение скорости фильтрования через сетки, для которых не предусмотрена постоянная регенерация, что свидетельствует о их непригодности для задержания взвесей сточных вод данного состава. Использование для фильтрации пористых материалов на основе металлических порошков имеет значительные преимущества (эффект осветления 87,0%). Однако высокая стоимость фильтрующего материала значительно увеличивает затраты на процесс фильтрования.

6. Экспериментально подтверждено, что эффективным и экономичным при фильтровании является использование насыпных загрузок из дробленого керамзита и строительного шлака с высотой загрузки 1 м,

размерами гранул от 0,5 до 4,0 мм, обеспечивающих эффективность осветления до 95...97% при условии соблюдения состава гранул: (для шлама - (0,5...1,0) мм - 11,0%; (1,0...1,5) мм - 21,5%; (1,5...2,5) мм - 33,0%; (2,5...3,0) мм - 22%; (3,0...4,0) мм - 12,5%).

7. Обоснован выбор оптимального (по минимуму затрат) соотношения между продолжительностью отстаивания и фильтрования сточных вод, свидетельствующий о необходимости отстаивания с изменением концентрации взвеси до 60% первоначальной величины. Для значений $C_n = 9000 \text{ мг/дм}^3$; $W_{\text{ска}} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$; $\rho = 1080 \text{ мг/дм}^3$; $\alpha = 3,57 \cdot 10^{-4} \text{ с}$; $\Delta P = 10^4 \text{ Па}$; $\mu = 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$; $\tau_0 = 3 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-2}$; $A = 0,2 \text{ коп/мин}$; $B = 0,37 \text{ коп/мин}$ оптимальным является достижение отстаиванием в течение 24 минут концентрации взвесей с 9000 мг/дм^3 до 3614 мг/дм^3 , после чего необходимо осуществить фильтрование. При данном режиме затраты составляют 10 руб. 83 коп. на цикл очистки или $0,012 \text{ руб/м}^3$.

8. Предложена технологическая схема очистки сточных вод зерноперерабатывающих предприятий на основе последовательного отстаивания в тонкослойных отстойниках и фильтрования на фильтрах с насыпной загрузкой, конструкции которых защищены авторскими свидетельствами.

9. Использование предложенного метода очистки, реализованного в виде технологической схемы с применением предложенных конструкций отстойников и фильтров, удовлетворяет социально-экономическим требованиям, предъявляемым к качеству функционирования очистных сооружений зерноперерабатывающих предприятий, обеспечивая эффективность осветления сточных вод до 95...97% при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах. В очищенной воде при этом содержится около $0,4 \text{ мг/дм}^3$ взвеси, что удовлетворяет санитарным нормам. Экономический эффект составляет 195 тыс.руб в год для зерноперерабатывающего предприятия производительностью 310 т/сутки зерна.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Особенности очистки высококонцентрированных сточных вод зерноперерабатывающих предприятий /М.М.Зацеркляный, Т.Б.Столевич, С.С.Дашковский, В.А.Квантидзе. //Тез.докл. УП Всесоюз.симп. по современным проблемам прогнозирования, контроля качества воды водоемов и озонирования, 19-21 нояб. 1985 г., г.Таллин.- Таллин,

1985 - Ч. 4. - С. 123-124.

2. Оптимизация технологической схемы очистки сточных вод /Н.В. Остапчук, М.М. Зацерклянный, В.П. Чучуй, В.А. Квантидзе //Тез. докл. Всесоюз. конф. "Процессы и аппараты для микробиологического производства. Биотехника-86" 1-3 июля 1986, г. Грозный. - М., 1986. - Ч. 2. - С. 16-17.

3. Анализ и синтез технологических схем очистки сточных вод /Н.В. Остапчук, М.М. Зацерклянный, Т.Б. Столевич, В.П. Чучуй, В.А. Квантидзе. - М., 1986. - 13 с. - Библиогр.: 2 назв. - Деп. в ВНИТИ 16.07.86, № 696хб-86 Деп.

4. Заявка № 4032810/26 от 05.03.86 г. Напорный фильтр для очистки жидкости /Н.В. Остапчук, С.М. Посемейник, Т.Б. Столевич, М.М. Зацерклянный, В.А. Квантидзе, В.П. Чучуй //Полож. реш. ВНИИГПЭ о выдаче авторского свидетельства от 30.12.86 г.

5. Заявка № 4064788/26 от 30.04.86 г. Аппарат для осветления шламных вод //Н.В. Остапчук, Т.Б. Столевич, М.М. Зацерклянный, В.А. Волянский, В.А. Квантидзе //Полож. реш. ВНИИГПЭ о выдаче авт. свидетельства от 26.02.87 г.

6. Заявка № 4153285/03 от 01.12.86 г. Отделитель примесей /Н.В. Остапчук, М.М. Зацерклянный, Т.Б. Столевич, В.А. Квантидзе, Т.В. Шавгулидзе, Г.М. Хазарадзе //Полож. реш. ВНИИГПЭ о выдаче авт. свидетельства от 03.06.87 г.

7. Интенсификация процесса очистки сточных вод от грубодисперсных примесей /М.М. Зацерклянный, Т.Б. Столевич, В.А. Квантидзе, С.С. Дашковский //Тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. мол. ученых и специалистов по ускорению создания и освоения новой техн., технологии и повышения качества готовой продукции пищ. пром-сти в свет решений XXII съезда КПСС. 27-29 апр. 1987 г., г. Тбилиси. - Тбилиси, 1987. - Ч. 2. - С. 406-408.

8. Квантидзе В.А., Зацерклянный М.М. Глубокая очистка производственных сточных вод зерноперерабатывающих предприятий //Тез. докл. Респ. научн.-техн. конф. мол. ученых и специалистов по ускорению создания и освоения новой техн., технологии и повышения качества готовой продукции пищ. пром-сти в свете решений XXII съезда КПСС 27-29 апр. 1987 г., г. Тбилиси. - Тбилиси, 1987. - Ч. 1. - С. 166-169.

В. В. 15989

Тбилисский технологический институт при Академии промышленности