ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертационной работе Юй Шуайсянь «Разработка тонкослойного модуля с применением эффекта эжектирования взвешенных частиц для повышения эффективности очистки сточных вод», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

Актуальность темы диссертации определяется повышением эффективности работы тонкослойного модуля. В практике эксплуатации тонкослойных отстойников нередко встречаются случаи заиливания полок модуля, что приводит к неравномерному распределению расхода воды и снижению степени очистки сточных вод. Учитывая влияние качества удаления взвеси на эффективность последующих этапов очистки сточных вод, следует отметить, что надежная работа отстойников во многом играет ключевую роль в обеспечении полноценной работы всего комплекса очистных сооружений и вносит большой вклад в снижение экологической нагрузки на водоемы. Поэтому совершенствование конструкции тонкослойного модуля с целью устранения избыточного накопления взвеси на поверхности пластин и увеличения скорости осаждения частиц является актуальным направлением исследований. Представленные в диссертационной работе результаты и зависимости могут быть использованы для проектирования новых очистных сооружений и повышения эффективности работы существующих отстойников, что характеризуется высокой востребованностью в сфере эксплуатации систем водоотведения.

Наиболее значимыми результатами диссертации следует признать:

– разработана конструкция модуля с эжектированием, исключающая накопление взвеси на стенке пластины и интенсифицирующая процесс удаления частиц с полки модуля. Конструкция предусматривает устройство канала движения сточной воды и канала удаления осадка, разделенных перфорированной пластиной;

– разработана модель траектории движения взвешенной частицы, учитывающая влияние силы увлекающего потока, показавшая возможность увеличения эффективности осаждения взвеси;

– установлена зависимость между скоростью потока сточных вод и скоростью увлекающего потока;

– разработана и верифицирована численная модель тонкослойного модуля, описывающая взаимодействие водного потока с частицами различного размера;

– получены корреляционные зависимости между эффективностью осаждения взвеси, соотношением скоростей основного и увлекаемого потоков, а также площадью, занимаемой отверстиями на пластине модуля, на основании которых установлены значения характеристик, при которых достигается наилучший эффект осаждения;

– получены результаты очистки сточных вод на полупроизводственной установке тонкослойного отстойника с эффектом эжектирования, подтвердившие повышение эффективности осаждения частиц на 8–20 % по сравнению с классической конструкцией модуля;

– разработаны рекомендации для назначения геометрических и гидравлических параметров нового модуля;

– получены результаты оценки экономического эффекта от применения

модуля с эжектированием, показавшие снижение эксплуатационных затрат по сравнению с классическим модулем.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

1. Предложено и доказано использование эффекта эжектирования для уменьшения длины пути взвешенной частицы в потоке сточных вод.

2. Получены закономерности изменения скорости осаждения частиц от расхода воды и фракции частиц в новом тонкослойном модуле.

3. Получены зависимости эффективности осаждения взвешенных частиц от скорости потока и площади отверстий в разделительных пластинах модуля новой конструкции.

Достоверность полученных результатов подтверждается применением фундаментальных законов гидромеханики, известных математических методов, применением сертифицированного программного обеспечения для моделирования и обработки результатов, использованием поверенного оборудования и сравнением результатов с опубликованными результатами других авторов.

При решении задач автором использовались методы математического моделирования процесса осаждения частиц в разработанном тонкослойном модуле, а также опыты на полупроизводственной установке по очистке реальных сточных вод.

Диссертация содержит введение, четыре главы, изложенных на 158 с. основного текста, 7 приложений, список литературы из 193 наименований, в том числе 13 таблиц, 49 рисунков.

Материал диссертации изложен технически грамотным языком, характеризуется строгой логической последовательностью и ясностью изложения. Качество оформления диссертации соответствует основным требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

По теме диссертации автором опубликовано 7 научных статей, в числе которых 6 опубликованы в изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК РФ, одна в изданиях, входящих в международную базу Scopus и Web of Science. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 7 научных конференциях. Конструкция тонкослойного модуля внедрена на проектной площадке в КНР (подтверждено актом о внедрении).

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования и ее значимость для развития отрасли очистки сточных вод. Сформулированы цель и основные задачи исследования, определены объект и предмет изучения, а также четко обозначены научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен аналитический обзор отечественного и зарубежного опыта применения тонкослойных отстойников в технологиях очистки сточных вод. Подробно рассмотрены и систематизированы основные эксплуатационные проблемы классических сооружений, в частности, гидродинамическая разбалансировка и кольматаж проточной области, которые существенно снижают общую надежность системы. На основе критического анализа существующих технологических решений предложена усовершенствованная схема работы тонкослойного модуля. Также выполнен

детальный теоретический анализ комплекса сил, действующих на взвешенную частицу в условиях потока, двигающегося в канале модуля.

Во второй главе представлена усовершенствованная геометрическая конструкция тонкослойного модуля. На основе уравнения равновесия сил, действующих на частицу, получены уравнения траектории движения частицы, которые показали сокращение пути осаждения в новой конструкции модуля.

В третьей главе представлены результаты математического моделирования процесса осаждения частиц в разработанном тонкослойном модуле. Проведена верификация численной модели тонкослойного отстойника с помощью данных лабораторного эксперимента, подтвердившая сходимость результатов. С помощью моделирования определены оптимальные конструктивно-технологические параметры работы модуля с эжектированием. В результате оценки эффекта очистки показано преимущество модуля с эжектированием по сравнению классической конструкцией.

В четвертой главе описана апробация модуля с эжектированием на полупроизводственной установке по очистке реальных сточных вод, представлены результаты эффективности осаждения и предложены расчетные зависимости для инженерного проектирования. С помощью экономического расчета обоснована целесообразность применения новой конструкции модуля.

В заключении представлены основные итоги диссертационной работы.

Замечания:

1. В выводах отсутствуют рекомендации о видах сточных вод, для которых применение нового модуля наиболее эффективно?
2. Результаты апробации модуля выполнены в летний период, как влияет на эффективность работы сооружения понижение температуры воды?
3. Как влияет вид материала на эффективность функционирования модуля с эжектированием?
4. В работе упоминается о возможности использования сифона для обеспечения энергоэффективной работы, однако на полупроизводственной установке применялся насос, в работе нет рекомендаций по устройству данной технологии, необходимо пояснить принцип совместной работы сифонной трубы и канала отведения осадка?
5. Чем обоснован выбор ширины канала отведения осадка, может ли размер уменьшаться и как это повлияет на эффективность функционирования?
6. На одинаковых отверстиях разделительной пластины невозможно достичь одинаковой скорости эжектирования частиц при откачивании жидкости из нижней части модуля. Необходимо дать рекомендации о возможном допустимом диапазоне скорости.
7. Чем обоснован выбор круглых отверстий для эжектирования частиц, почему автор не рассмотрел другие формы отверстий (например, щели), нет пояснений по расположению отверстий в ряд, можно было бы расположить отверстия в шахматном порядке для лучшего перехвата скатывающихся частиц.
8. В случае работы в течение длительного времени осадок может забить отверстия, что приведет к изменению режима работы модуля, также в работе нет информации о функционировании системы удаления осадка (канал отведения осадка-всасывающий коллектор-насос), подвергалась ли система заиливанию за период полупроизводственного эксперимента?

9. В первой главе, при анализе движения частиц, автор принял ряд упрощающих допущений: частицы считаются сферическими и недеформируемыми, не учитывается влияние агрегации частиц и шероховатости стенок. В результате получены идеализированные данные. Какова степень обоснованности этих результатов при их применении к реальным условиям эксплуатации?

10. В ходе моделирования и лабораторных экспериментов автор рассматривал случай только с одним каналом. Предлагаемая конструкция значительно удлиняет модуль по сравнению с классической, поэтому желательно было бы рассмотреть вариант моделирования полной конструкции и оценить неравномерность распределения расхода для новой конструкции.

Высказанные замечания не снижают научную ценность работы и её практическую значимость.

Общее заключение по диссертации:

Диссертация Юй Шуайсянь посвящена исследованиям в области очистки природных и сточных вод, соответствует паспорту специальности 2.1.4 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных лично автором исследований, обладающих научной новизной, содержит решение научной задачи повышения эффективности улавливания взвешенных частиц из потока сточных вод, имеющее существенное значение для теории и практики в области очистки природных и сточных вод.

Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (со всеми изменениями и дополнениями), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Юй Шуайсянь заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Доктор технических наук (специальности: 01.04.14 – теплофизика и молекулярная физика и 05.23.04 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов), профессор по специальности 2.1.4 – водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов,
заведующий кафедрой инженерных систем зданий и сооружений

Матюшенко Анатолий Иванович
27.10.2026 г.

ФГАОУ ВО СФУ
Подпись Матюшенко А.И. заверяю
Делопроизводитель
«27» 10 2026

ОБЩИЙ ОТДЕЛ

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79/10,
Тел. +7 (391) 244-86-25; E-mail: office@sfu-kras.ru