

## ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Серикова Аблая Сериковича на тему: «Гидродинамика и массообмен в аппарате с вихревым взаимодействием потоков в условиях вращательного движения насадочных элементов», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07180 – Технологические машины и оборудование

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертационная работа на тему «Гидродинамика и массообмен в аппарате с вихревым взаимодействием потоков в условиях вращательного движения насадочных элементов» выполнена в НАО Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова (утверждена 20.02.2023 г.).</p> <p>Тема диссертации соответствует приоритетному направлению развития науки на 2022-2024 гг., утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан по приоритету «Рациональное использование водных ресурсов, животного и растительного мира, экология», по специализированному научному направлению «Системы очистки воды, газоочистки, почв и пылеулавливания».</p> <p>Диссертация выполнена в рамках госбюджетной НИР Б-21-01-05 НАО Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова «Разработка методики конструирования и расчета высокоэффективных тепломассообменных аппаратов и устройств общепромышленного назначения» на 2021-2025 гг.</p>
2	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта</u>	<p>Диссертационная работа выполнена на кафедре «Технологические машины и оборудование» НАО Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова.</p> <p>Работа вносит существенный вклад в науку, а важность диссертационного исследования достаточно полно раскрыта автором.</p> <p>Научные результаты, полученные автором, направлены на решение важной задачи – создание</p>

			газоочистного оборудования, использующего наряду с вихревым взаимодействием газожидкостных потоков положительные свойства вращательного движения насадочных элементов. Автором получены расчетные зависимости по определению частоты вращения насадочных элементов, основных гидродинамических характеристик и параметров массообмена, обобщенные в инженерной методике расчета и рекомендации по проектированию и эксплуатации созданных аппаратов. Полученные зависимости и методика расчета являются важным вкладом в развитие теории интенсификации процессов химической технологии.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) <u>Высокий</u>	Диссертационная работа Серикова А.С. представляет собой научно-исследовательский труд с высоким уровнем самостоятельности. Самостоятельность автора заключается в анализе конструкций для проведения процессов тепломассообмена и методах их расчета; разработке новых конструкций газоочистных аппаратов с регулярной вращающейся насадкой; проведении экспериментальных исследований частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических закономерностей, характеристик массообмена; получении расчетных уравнений; разработке рекомендаций по проектированию и эксплуатации исследованного аппарата; разработке технической документации для передачи на промышленные предприятия, написании статей.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) <u>обоснована</u>	Актуальность темы диссертационной работы обоснована, по содержанию работа соответствует приоритетным направлениям развития науки РК, выполнена в рамках проекта BR24992882 и НИР Б-21-01-05. В работе проведены исследования массообменного аппарата, относящегося к газоочистному оборудованию, имеющего широкое распространение в технологических

		<p>схемах очистки газов на промышленных предприятиях. При этом предлагаемая конструкция массообменного аппарата значительно усовершенствована, что позволило снизить энергозатраты и повысить эффективность проводимых процессов.</p>
	<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u></p>	<p>Диссертация Серикова А.С. состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка источников и приложений. Во введении обоснована актуальность проведения исследований, обозначена цель и поставлены задачи, приведена научная новизна и практическая ценность диссертации. В первом разделе диссертации проведен анализ литературных данных по конструкциям, принципу действия и методикам расчета газоочистных аппаратов со стационарной и регулярно размещенной насадкой. Во втором разделе описана экспериментальная установка и методики проведения исследований. В третьем и четвертом разделах приведены результаты лабораторных исследований гидродинамики и массообмена аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом, а также методики их расчета. В пятом разделе даны рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных массообменных аппаратов, проведен анализ действующих производств хромовых соединений, на которых возможно внедрение исследованной конструкции. Из этого следует, что содержание диссертации полностью отражает тему диссертации.</p>
	<p>4.3 Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u></p>	<p>Цели и задачи, изложенные докторантом, соответствуют теме диссертации. Целью диссертационной работы является разработка конструкции аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом, создание научно-обоснованных методов расчета</p>

			<p>частоты вращения, гидродинамических характеристик и параметров массообмена, рекомендаций по эксплуатации и проектированию и внедрение технической документации в промышленности.</p> <p>В диссертации для решения поставленной цели решены пять основных задач, которые полностью соответствуют теме диссертации.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u></p>	<p>Все разделы и выводы диссертационной работы полностью взаимосвязаны.</p> <p>Для проведения экспериментальных исследований аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом, созданного на основе анализа известных конструкций тепломассообменных аппаратов, модернизирована экспериментальная установка и подобраны методики для проведения исследований частоты вращения насадочных элементов, основных гидродинамических характеристик и параметров массообмена. Проведены все необходимые исследования, которые позволили получить инженерные методики расчета и рекомендации по проектированию. Проведен анализ технологических схем очистки газов на АО «Актюбинский завод хромовых соединений» и предложена техническая документация для внедрения в действующие производства.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ есть</u></p>	<p>При разработке новых конструкций тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов (патенты РК № 36475 и 37094) предлагаемые решения сравнивались с другими конструкциями, взятыми за аналоги и прототипы с обоснованием преимуществ.</p> <p>Экспериментальные результаты работы аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом анализировались в сопоставлении с результатами, полученными для аппарата с</p>

			<p>регулярной пластинчатой насадкой круглой формы (РПВКр).          При рассмотрении технологических схем в производствах хромовых соединений проведен критический анализ действующего газоочистного оборудования в сопоставлении с предлагаемой конструкцией аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?          1) <u>полностью новые</u></p>	<p>Новизна каждого научного результата (положения) не вызывает сомнения, так как результаты (научные положения) получены с использованием апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методов исследования, базируются на данных, полученных с применением известных и общепринятых в данной области методов эксперимента.          Новизной уравнений для расчета частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических показателей и массообменных характеристик является то, что они учитывают закономерности взаимодействия вихрей при движении газожидкостного потока в объеме насадки, базируются на законах и открытиях в области механики газа и жидкости, гидродинамики, массо- и теплопереноса. Кроме того, результаты экспериментальных исследований получены для аппарата, конструкция которого защищена патентом РК.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?          1) <u>полностью новые</u></p>	<p>Научные результаты, представленные в диссертационной работе, являются новыми, полностью соответствуют выводам и рекомендациям, сделанным на их основе, конструкция разработанного аппарата защищена патентом РК.          Приведена модернизированная технологическая схема экспериментальной установки и методики проведения исследований, определения частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических характеристик, коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах.</p>

			<p>Проведены экспериментальные исследования частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических закономерностей и массообменных характеристик аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом и получены расчетные зависимости.</p> <p>Разработаны рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных образцов аппаратов для проведения процессов теплообмена и пылеулавливания. Разработана техническая документация для внедрения в технологических схемах очистки газов на АО «Актюбинский завод хромовых соединений».</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u></p>	<p>Технические и технологические решения, основанные на выполненных исследованиях теоретического и экспериментального характера являются новыми и обоснованными, так как получены для аппарата, защищенного патентом РК и которые доказали возможность снижения энергозатрат и рост эффективности при проведении процессов абсорбции.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы <u>основаны</u> на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы</p>	<p>Полученные автором научные результаты, а также сделанные выводы и заключения достаточно хорошо обоснованы. Обоснованность и достоверность научных положений диссертации, полученных результатов и выводов подтверждаются применением фундаментальных физических закономерностей, современных численных методов исследования, достаточно глубокой проработкой всех этапов вычислений, продемонстрировавших высокую точность при верификации результатов. Экспериментальные исследования проводились с использованием поверенного аналитического оборудования, применением апробированных методик испытаний согласно ГОСТ и показали высокую воспроизводимость в сериях однотипных опытов.</p>

7.	<p>Основные положения, выносимые на защиту</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?  <u>1) доказано;</u>  2) скорее доказано;  3) скорее не доказано;  4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  1) да;  <u>2) нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?  <u>1) да;</u>  2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:  1) узкий;  2) средний;  <u>3) широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  <u>1) да;</u>  2) нет</p>	<p>Для защиты диссертации сформулированы основные положения, куда включены расчетные зависимости для определения частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических характеристик и параметров массообмена, полученные для аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?  1) <u>доказано</u></p> <p>Все выносимые на защиту положения доказаны теоретически и экспериментально.</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  2) <u>нет</u></p> <p>Вынесенные положения имеют новизну и составляют практическую ценность.</p> <p>7.3 Является ли новым?  1) <u>да</u></p> <p>Новизна подтверждена полученным патентом РК, публикациями автора в журналах, входящих в международные базы Scopus и рекомендованных КОКСНиВО МНВО РК.</p> <p>7.4 Уровень для применения:  3) <u>широкий</u></p> <p>Основные положения могут быть использованы в промышленности и учебном процессе.</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  1) <u>да</u></p> <p>Представленные в диссертации результаты опубликованы в 10 научных трудах, в т.ч. в журнале, входящем в международную базу научных журналов Scopus 2 статьи; в журналах, рекомендованных КОКСНиВО МНиВО РК, 3 статьи, патент РК – 1, в сборниках МНПК – 4 статьи.</p>
8.	<p>Принцип достоверности источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана  1) <u>да</u></p>	<p>Диссертационное исследование выполнено с использованием современных технологических и аналитических методов на базе НАО Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова. В ходе исследований и экспериментальных опытов использовались откалиброванные</p>

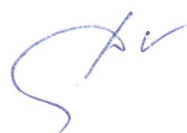
			<p>приборы. Эксперименты и измерения проводились в соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений», класс точности приборов соответствуют требованиям. Выбранные методы изложены во второй главе диссертации. Методология диссертационной работы построена на широко известных и апробированных научных подходах.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) <u>да</u></p>	<p>При выполнении диссертационной работы были использованы приборы, методики и компьютерные технологии: частота вращения насадочных элементов измерялась стробоскопическим тахометром, гидравлическое сопротивление аппарата измерялось дифференциальным манометром и проверялось наклонным микроманометром. Газосодержание определялось расчетным путем. Для проведения исследований коэффициентов массоотдачи в газовой фазе использовалась широко применяемая методика адиабатического испарения воды в воздух, а исследование коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе проведено при изучении процесса десорбции кислорода из воды. Обработка экспериментальных данных осуществлялась с использованием программных комплексов Excel, MATLAB и AutoCAD.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u></p>	<p>Теоретические выводы и выявленные закономерности доказаны и подтверждены следующими основными экспериментальными исследованиями. При получении уравнений для расчета частоты вращения насадочных элементов использованы результаты экспериментальных исследований и балансовые уравнения сил динамического напора, действующих на лопасти со стороны газового и жидкостного потоков, а также центробежной силы и силы сопротивления. При получении уравнений для расчета гидравлического сопротивления и</p>

			<p>количества удерживаемой жидкости использованы результаты экспериментальных исследований и установленные закономерности взаимодействия вихрей в объеме регулярной вращающейся насадки. При получении уравнений для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой и жидкой фазах использовались результаты экспериментов и диссипативный подход.</p>
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	<p>Все утверждения, вытекающие из результатов выполняемой работы, подтверждены ссылками на достоверную научную литературу. При этом полученные результаты анализируются в сравнении с известными данными.</p>
		8.5 Используемые источники литературы <u>достаточны</u> для литературного обзора	<p>Всего в диссертационной работе использовано 113 источников литературы. Это количество достаточно для проведенного литературного обзора. Ссылки на научно-техническую литературу включают источники, которые опубликованы в рейтинговых отечественных журналах, рекомендованных КОКСНВО МН и ВО РК и зарубежных научных журналах, входящих в базу данных Web of Science и Scopus. Имеются ссылки на зарубежные и отечественные патенты, монографии, учебники, статьи из материалов международных конференций.</p>
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>	<p>Диссертация имеет теоретическое значение, так как содержит методики расчета для определения частоты вращения насадочных элементов, гидродинамических и массообменных характеристик.</p>
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>	<p>Диссертация имеет практическое значение, поскольку все исследования проведены для аппарата с регулярной вращающейся насадкой с прямоугольными лопастями и кольцевым ободом, на который получен патент РК. Для данного аппарата разработана инженерная методика расчета, рекомендации по проектированию и эксплуатации.</p>

			<p>На техническую документацию, содержащую методику расчета и рекомендации по проектированию, получен акт внедрения с АО «Актюбинский завод хромовых соединений».</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u></p>	<p>Предложения для практики являются полностью новыми, разработана методика расчета и рекомендации по проведению опытно-конструкторских работ вновь созданного аппарата для проведения процессов массообмена. Указанные материалы могут быть также использованы в учебном процессе при проведении лекционных и практических занятий.</p>
10.	<p>Качество написания и оформления</p>	<p>Качество академического письма: 1) <u>высокое</u></p>	<p>Диссертационная работа написана в соответствии с правилами академического письма. Оформление работы соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD).</p>
11.	<p>Замечания к диссертации</p>	<p>1. Имеется недостаточное изложение условий применимости той или иной конструкции аппаратов (патенты РК № 36475 и 37094) под определенные технологические задачи, например, какие ограничения при абсорбции и пылеочистке, характеристики твердых взвешенных частиц для очистки газовых выбросов с твердыми примесями, концентрация газов и др. Также не ясна предельная масштабируемость разработанной конструкции ВПЛ при переходе к промышленным условиям эксплуатации. 2. Представленная технологическая схема экспериментальной установки (рисунок 2.1) имеет входной газопровод, перпендикулярно входящий в крышку сборной емкости. Учитывалась ли погрешность при взаимодействии газового потока с поверхностью покоящейся жидкости в нижней части сборной емкости на коэффициенты массоотдачи в газовой фазе? 3. Следовало бы представить сравнительные данные по экономической и технической эффективности аппарата, спроектированного по разработанным методикам, с существующими промышленными аналогами.</p>	
12.	<p>Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень</p>	<p>Научный уровень статей, входящих в международную базу данных Scopus, опубликованных в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МН и ВО РК и в материалах международных научно-практических конференций, является высоким. Представленные статьи полностью соответствуют теме исследований и охватывают практически все результаты, представленные автором в диссертационной работе.</p>	

	каждой статьи докторанта по теме исследования)	
13.	Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового положения)	Представленная диссертационная работа Серикова Абля Сериковича отвечает требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МН и ВО РК. Считаю возможным ходатайствовать перед Комитетом для присуждения докторанту степени доктора философии (PhD).

**Рецензент:**  
**доктор технических наук, доцент кафедры**  
**«Оборудование пищевых производств»**  
**Казанского национального исследовательского**  
**технологического университета**



**Дмитриева**  
**Оксана Сергеевна**

