

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Евсеева Алексея Владимировича на диссертационную работу Коленчукова Олега Александровича «Повышение производительности реакторных агрегатов на основе модифицирования термоконтактных поверхностей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21. «Машины, агрегаты и технологические процессы»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Ежегодно в Российской Федерации перерабатывается около 280 млн т нефти с усредненным выходом продукции на уровне 68 %, что составляет порядка 190 млн т. Образующиеся при этом 90 млн т нефтяных отходов частично перерабатываются, но основная их масса (70 млн т) накапливается, порождая глобальную проблему углеводород содержащих отходов. Дополнительно к этому образующиеся каждый год 35-40 млн т твердых бытовых отходов, из которых половина является органическими, усугубляют данную проблему. С целью минимального воздействия на пригородную окружающую среду утилизация данных отходов на сегодняшний день осуществляется в специальных реакторных агрегатах пиролиза. Процесс пиролиза происходит при высоких температурах (от 450 °С и выше), что характеризует данный процесс как энергозатратный. Для повышения производительности и эффективности реакторных агрегатов используют различные способы усиления тепловых и массообменных процессов. Наиболее часто для этих целей используют различные перемешивающие устройства и сложные системы нагрева. При воздействии высоких температур и агрессивных сред происходит деградация исполнительных органов подобных технических решений, что сказывается на надежности агрегата. Ввиду этого разработка и совершенствование конструкции реакторных агрегатов пиролиза и технологий их изготовления является актуальной задачей.

Диссертационная работа Коленчукова Олега Александровича посвящена повышению производительности реакторных агрегатов за счет интенсификации теплообмена, достигаемой путем модификации термоконтактной поверхности. Данное решение позволяет увеличить полезную мощность агрегата и производительность технологического процесса. Это дает основание об утверждении актуальности диссертационного исследования.

**Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

*В качестве цели* работы заявлено – «Повышение производительности технологических процессов термической деструкции органических отходов на основе формирования сфероидальных выступов на внутренней термоконтактной поверхности реакторного агрегата».

Для достижения поставленной цели автором сформулированы и *решены семь задач*, от анализа и исследований до практической апробации и разработки рекомендаций, а именно: 1. Проведена классификация существующих реакторных агрегатов по конструктивно-технологическим признакам и проведен обзор технологий изготовления интенсифицирующих устройств технологических реакторов. 2. Разработана технология производства и сборки двухэлементного корпуса реакторного агрегата в виде комбинированного теплообменного элемента с термоконтактной поверхностью. 3. Проведено имитационное математическое моделирование реакторного агрегата с модифицированной термоконтактной поверхностью в среде COMSOL Multiphysics и дана оценка ее влияния на теплообмен. 4. Разработана оптимизационная математическая модель, учитывающая влияние параметров макрогеометрии на теплообменные процессы. 5. Проведено экспериментальное исследование технологических режимов формообразования и апробация выражения для расчета усилия формообразования, а также определены технологические параметры клеевого соединения при сборке двухэлементного корпуса реакторного

агрегата. 6. Определено влияние модифицированной термоконтактной поверхности на выход продуктов термической деструкции на основе натуральных экспериментов. 7. Разработаны рекомендации по изготовлению двухэлементного корпуса в виде комбинированного теплообменного элемента и определены возможности его одновременного применения с иными устройствами интенсификации теплообменных процессов.

**Обоснование полученных выводов и рекомендаций** по каждой из глав и заключения подтверждается общим содержанием диссертационной работы и методами, использованными автором. При исследовании возможности интенсификации теплообмена путем формирования термоконтактной поверхности внутри корпуса реакторного агрегата автор опирается не только на имитационное математическое моделирование, но и натурные эксперименты, а также известные ранее научные положения.

#### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

К научной новизне можно отнести следующие положения, представленные автором диссертационной работы:

1. Создана методология повышения производительности реакторных агрегатов, основанная на применении регулярной термоконтактной поверхности со сфероидальными выступами;

2. Исследовано повышение качества теплообменных процессов реакторных агрегатов на основе геометрического модифицирования термоконтактной поверхности;

3. Получена математическая оптимизационная модель конструктивно-технологических и режимных параметров реакторных агрегатов, позволяющая в производственных условиях при их ремонте и совершенствовании управлять производительностью;

4. Экспериментально изучены возможности повышения производительности реакторных агрегатов на основе применения термоконтактных поверхностей со сфероидальными выступами и получено

математическое выражение для определения технологических режимов их образования.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке математической модели, учитывающей влияние изменения конструктивно-технологических и режимных параметров реакторного агрегата, а также в установлении математического выражения для определения усилия при образовании термоконтактной поверхности со сфероидальными выступами на листовом металле.

Практическая значимость работы заключается в разработке технологии изготовления двухэлементного корпуса реакторного агрегата в виде комбинированного теплообменного элемента (патент на способ и изобретение РФ № 2759309), а также установлении оптимальных режимных параметров образования термоконтактной поверхности и определении оптимальных параметров толщины клеевого соединения и параметров поверхностного слоя. Кроме этого, были проанализированы и обобщены технологические данные по изготовлению, сборке и применению комбинированного теплообменного элемента. Данные результаты диссертационного исследования могут быть применены при проектировании реакторных систем нефтехимических производств, что позволит увеличить производительность технологического процесса термической деструкции углеводород содержащих отходов.

По результатам диссертационного исследования была разработана реакторная установка для утилизации углеводород содержащих отходов и реакторная установка для получения водорода и водородсодержащих смесей. Отличительными особенностями данных установок является наличие устройств интенсификации теплообмена. Кроме этого, были проведены испытания по пиролизу отходов нефтяных месторождений Красноярского края на реакторном агрегате с двухэлементным корпусом. Работоспособность модифицированного реакторного агрегата и влияние

геометрических параметров полусферических выступов на производительность реактора были определены в широком диапазоне параметров, что подтверждается актом производственных испытаний.

### **Апробация работы и публикации**

По результатам представленных исследований опубликованы 23 работы, из них – 6 публикаций в научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 5 публикаций в журналах, входящих в базы данных Scopus, 5 тезисов докладов и статей в сборниках международных конференций, 5 патентов РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 монография.

### **Оценка содержания работы и ее завершенности**

Диссертация Коленчукова Олега Александровича состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы и одного приложения. Материалы диссертационного исследования изложены на 178 страницах, содержат 15 таблиц, 91 рисунок, 68 формул. Список используемой литературы содержит 201 источник. Объем и структура диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует требованиям ВАК.

### **Замечания по диссертации**

1. В диссертационном исследовании автором выявлено, что сфероидальные выступы термоконтактной поверхности являются оптимальными. Однако в работе не рассмотрено влияние отклонения геометрической формы сфероидальных выступов на теплообменные процессы.

2. Исходя из текста диссертационной работы, не ясно, с помощью какого технологического способа осуществлялось нанесение клеевой композиции при сборке двухэлементного корпуса реакторного агрегата (в работе указано несколько способов).

3. При исследовании термической деструкции органических отходов автором проводился анализ жидких вторичных продуктов реакции (пункт 3.5.2). При этом в тексте делается вывод о возможности их применения в

качестве топлива, но не указана их теплотворная способность и в каких агрегатах они могут быть применены.

Отмеченные замечания не ставят под сомнение аргументированность решений, значимость, научную новизну диссертации и не влияют на общую положительную оценку работы.

### **Общее заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Коленчукова Олега Александровича на тему «Повышение производительности реакторных агрегатов на основе модифицирования термоконтактных поверхностей» на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует специальности 2.5.21. «Машины, агрегаты и технологические процессы», а именно областям исследования, которые изложены в следующих пунктах: 6. «Разработка научных и методологических основ повышения производительности машин, агрегатов и технологических процессов и оценки их экономической и энергетической эффективности и ресурса». 8. «Разработка и повышение эффективности методов предиктивного анализа, технического обслуживания, диагностики, ремонтпригодности и технологии ремонта машин и агрегатов в целях обеспечения надежной и безопасной эксплуатации». 9. «Разработка научных и методологических основ проектирования и практической реализации технологических процессов и способов получения и обработки материалов, обеспечивающих экологическую безопасность, экономию материальных и энергетических ресурсов, формирующих комплекс свойств, качество и расширяющих номенклатуру изготавливаемой продукции».

Диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, имеет научную и практическую ценность для повышения производительности и эффективности работы реакторных агрегатов термической деструкции, соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями), а её автор Коленчуков Олег Александрович достоин присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 2.5.21. «Машины, агрегаты и технологические процессы».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук (05.02.13 –  
«Машины, агрегаты и процессы (по  
отраслям)»), доцент кафедры  
промышленной автоматике и  
робототехники (ПАиР) федерального  
государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования «Тульский  
государственный университет»,  
ученое звание: доцент



Алексей Владимирович Евсеев

*Подпись Евсеева Алексея Владимировича заверяю*

Ученый секретарь ТулГУ



Л.И. Лосева

Контактная информация:

300012, Россия, Тульская область, г. Тула, пр. Ленина, д. 92, федерального  
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Тульский государственный университет».

Тел.: +7(4872) 73-44-44, +7(4872) 33-24-10

e-mail: [ews1972@mail.ru](mailto:ews1972@mail.ru)