

## ОТЗЫВ

официального оппонента Голованчикова Александра Борисовича на диссертационную работу Черепанова Аркадия Николаевича «Разработка ресурсосберегающих процессов и аппаратов производства синтетических моющих средств», выполненную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности

05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий»

Доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов химических и пищевых производств Волгоградского государственного технического университета, Голованчиков Александр Борисович

---

400005, Волгоград, пр.Ленина28;

тел (8442) 23-00-76, e-mail: [rector@vstu.ru](mailto:rector@vstu.ru);

тел (8442) 24-84-40, e-mail: [pahp@vstu.ru](mailto:pahp@vstu.ru);

На отзыв представлена сама диссертация объемом 455 страниц машинописного текста, включающих введение, 10 глав, список литературы и приложения, а также ее автореферат на 33 страницах.

Из анализа материалов общей характеристики работы следует:

- актуальность работы безусловна и конкретна. Лаконичное название самой диссертационной работы и поставленной цели вполне соответствуют рангу докторской диссертации;
- предмет исследований – производство СМС и объект исследований – совершенствование процессов и аппаратов этого производства обозначены верно и подтверждаются материалами всех 10 глав диссертации и везде с акцентами на сбережение энергетических, материальных и трудовых затрат.

Но обоснование актуальности выиграло бы в объективности при количественном обозначении объемов или тоннажа производства СМС в России и за рубежом.

Правильно акцентированы основные технологические операции, связанные с ресурсосбережением при производстве СЖХ: плавление и разогрев СЖК и сушка порошка СМС;

- соответственно поставленной цели перечислены основные задачи ее достижения, причем касающиеся не только технологии, но и ее аппаратного оформления. Это методы расчетов процессов

плавления СЖК и плавильные камеры, теплообменные процессы, связанные с перегревом футеровки вплоть до ее разрушения в факеле форсунок и конструктивные изменения, необходимые для предотвращения этих процессов в газогенераторах, аэродинамические процессы транспортировки в аэролифтах и распылительных сушилках; и не просто рекомендации, а реальные практические изменения 5 конструкций, направленные на снижение потерь давления и налипания частиц на стенки;

- сильно обозначена научная новизна, именно научная, а не просто технологическая или техническая (так как последние две относятся к практической ценности работы).

Это, безусловно, физические и математические модели, доведенные до инженерных методов расчета тепловых процессов, сопровождаемых изменением агрегатного состояния при плавлении органических веществ с низкой теплопроводностью при комплексном воздействии светового излучения и тепловой энергии за счет теплопередачи и конвективного теплопереноса.

Особенно сильная математическая поддержка потребовалась автору при использовании метода конечных элементов для расчета профилей температур в факеле распыла и футеровке как функции высоты и толщины. Эти данные да подкрепить датчиками температур! Такие же интересные научные результаты связаны с исследованиями вихреобразования в аэролифтах и в самой распылительной сушилке с точки зрения снижения энергозатрат и предотвращения комкообразования и налипания.

Высок уровень практической значимости работы. Он, прежде всего, доказывается 7 актами внедрения или использования в технологических процессах или аппаратах и их узлов, защищенных патентами на полезные модели и изобретения РФ, которые разработаны автором по результатам работы. А судя по хронологии публикаций статей и патентов – это не работа скороспелка, а итоги научного труда автора за 20 летний период (первые публикации датируются 2000 годом). По всем технологическим операциям либо предложены и внесены изменения, касающиеся режимов работы, либо внесены изменения в конструкции: новый контактный нагреватель СЖК, новый способ и устройство для плавления СЖК, компактный теплообменник для утилизации тепловой энергии на выходе из распылительной сушилки, конструкция генератора топочных газов, аэролифта, конструкция самой распылительной сушилки;

- необходимо подчеркнуть, что полученные новые результаты можно использовать не только в технологиях производства СМС из СЖК, но и других аналогических технологических процессов с органическими веществами, прежде всего связанных с производством термопластичных полимеров;
- положения, выносимые на защиту, практически полностью повторяют разделы научной новизны, технологической и технической ценности и в полной мере подтверждают соответствие работы паспорту специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий»;
- лабораторное оборудование, его приборная обвязка, и используемые методы исследований, компьютерная обработка экспериментальных данных, само программное обеспечение достаточно современны, обеспечивают необходимую воспроизводимость результатов, а получаемые математические модели адекватны экспериментальным данным;
- как замечание следует отметить малое число конференций – всего четыре, на которых проводилась апробация работы, хотя все они международного или всероссийского уровня. Непонятен и разрыв в 10 лет между конференциями в период между 2004 и 2015 годам;
- а вот 44 публикации: статьи и патенты, из которых 19 в журналах перечня ВАК, публиковались хронологически по годам без временных разрывов.

Из опубликованных работ практически половина выполнена единолично без соавторов. Результаты исследования представлены в двух монографиях. Это серьезные научные труды говорят в пользу соискателя.

В автореферате нет раздела, констатирующего объем работы, число таблиц, глав, графиков и схем.

Но видно, что число страниц диссертации превышает рекомендуемый для докторских диссертаций уровень в 250 страниц. Обе работы и сама диссертация, и автореферат написаны грамотным, техническим языком, она хорошо отредактирована. Уменьшить объем текстовой части можно было бы заменой некоторых таблиц графиками – они более информативны и занимают меньше места (например, в главе 6 нет ни одного графика, но более 10 таблиц).

Далее привожу краткий анализ материалов основных глав диссертации.

Первая глава диссертации традиционно касается литературного и патентного обзора. Всего в библиографическом списке 256 литературных источников, охватывающих более чем 70 летний период (самая старая по хронологии ссылка датируется 1934 годом.). Правда из них около 50 - это ссылки на собственные публикации (статьи и патенты). Из оставшихся двух сотен проанализированных автором источников информации, современных, то есть по годам соответствующих XXI веку, около половины. Надо отметить, что автор провел глубокий анализ по теме диссертации не только отечественной, но и зарубежной литературы – почти 40 зарубежных статей и монографий, но патентного обзора по зарубежным способам и конструкциям автор не приводит. Другое пожеланию автору. Приводя формулы, графики и таблицы, взятые из научных работ других авторов, желательно подкреплять ссылками на эти работы. Например, разделы первой главы (1.2-1.3) вообще без таких ссылок, хотя включают 4 таблицы, 12 формул и один рисунок. Начиная с раздела (1.4) и далее такие ссылки приводятся.

Автор слишком подробно описывает методы проведения опытов и сами конструкции аппаратов, результаты исследований других авторов (разделы 1.3÷1.7), что занимает 30 страниц. При систематизации этих материалов они уместились бы на 10 страницах. А вот выводы, обосновывающие теоретические и экспериментальные исследования, сделаны правильно (стр. 54 и 55).

Во второй главе анализируются возможности использования светового излучения как нового метода нагрева и расплавления СЖК. Представлены результаты теплоизлучения лампами накаливания, которые показали их неэффективность, и галогенной лампы с различными экранами и стенками (полиэтилен высокого и низкого давления) и зеркальным отражателем, которые автор рекомендует для глубоких лабораторных и промышленных испытаний как показавших хорошую эффективность.

Результаты этих исследований представлены в третьей главе для галогенных ламп разной мощности (100, 250 Вт).

Автор предлагает свою тепловую модель облучаемой СЖК с учетом их низкой теплопроводности.

Особенно интересны полученные результаты по комбинированному воздействию светового излучения и теплового потока (глава 4). Крайне неравномерное распределение температуры нагрева по толщине требует использование подачи лучистой энергии от галогенной лампы (рис.4.2-4.5) как для твердой, так и для жидкой фазы ( $0,2 \frac{Вт}{мК}$  и  $0,12 \frac{Вт}{мК}$ ) при невысокой температуре плавления ( $\sim 50^{\circ}C$ ). Здесь вопрос: «Может быть лучше

использовать не узкий спектр светового излучения галогенных ламп, который воспринимает человеческих глаз, а инфракрасные излучатели? (или совместно те и другие)? Разработанная автором инженерная методика расчета позволяет получать кинетические зависимости скорости плавления для различных по геометрии источников излучения и тепловой энергии (при плоском цилиндрическом и сферическом источнике излучения) (рис. 4.8). Главное, что метод светового облучения оказался на порядок эффективнее, чем метод нагрева (сравнение графиков на рис. 4.8-4.11), а наибольшую скорость светового нагрева обеспечивает плоская поверхность излучателя.

Интересные новые результаты представлены в пятой главе, связанные с экспериментальными исследованиями подтверждающие возможности расплавления СЖК за счет светового излучения галогенных ламп. Такая возможность доказана. Оригинальна сама методика эксперимента в три этапа:

1. лучеиспускание + конвекция;
2. только конвекция (экранирование светового потока);
3. нагревание ТЭНами.

Исследования проводились на двух стандартных типах галогенных ламп разной мощности. Жаль, что результаты по кинетике нагревания и расплавления представлены только в таблицах, графическое представление было бы нагляднее.

Выводы подтвердили преимущества внедренного источника нагрева по сравнению с внешним облучением: количественно скорость процесса расплавления возросла в два раза.

Хорошо, что автор не ограничивается только экспериментами на лабораторных установках (этого обычно достаточно для кандидатской диссертации), а проводит опытные исследования на реальном объекте. Так, в 6-ой главе описаны результаты таких исследований на реальном объекте – крупногабаритном контейнере с СЖК – излучатель погружался в объем расплавляемой СЖК, причем в отличие от лабораторных исследований использовалась батарея (в терминологии автора пучок) трубчатых одноламповых излучателей – галогенных ламп). Рассматривались разные схемы установки излучателей внутри контейнера с СЖК, влияние длины волны. Непонятно почему автор отдельно рассматривает видимый диапазон световых волн (кандела) и удельную угловую мощность (Вт/стерадиан). Или это реверанс в сторону техники безопасности работающего персонала на установках с галогеновыми излучателями (стр.152, 153)?

В целом нужно отметить, что автор делает выводы не традиционно по каждой главе, а по разделам в виде заключений, то есть внутри глав

логически после возникающих локальных проблем ставятся задачи на дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования. Хочется подчеркнуть и то, что описательная часть исследований хорошо подкрепляется математическими выкладками стохастического и детерминированного класса. Показано, что только комбинированное расплавление твердых и нагревание жидких СЖК с помощью световой и тепловой энергии галогенных ламп и контактного конвективного обогрева паром позволяет ускорить вышеназванные процессы.

Далее в соответствии с технологической схемой автор «развязывает» проблемные узлы, связанные с сушкой порошка СМС. Во-первых, это генерация топочных газов – сушильного агента (глава 7).

Газогенератор – самый энергонапряженный аппарат. Снижение в нем энергопотребления и увеличение срока работы соответствуют тематике и цели диссертации по ресурсосбережению.

Автор анализирует три аварии, связанные с разрушением футеровки, предлагаемой различными зарубежными фирмами и отечественными организациями (стр. 192-194) и ставит задачу замены и защиты наиболее термонагруженных и материалоемких элементов конструкций газогенератора. Здесь в отличие от предыдущих глав много анализируемых графиков.

Сначала было непонятно: почему футеровка со стальной стенкой камеры представлена в физической, а затем в математической моделях, как набор плоских пластин разной толщины? Здесь две стенки и теплопроводность через 2 стенки. Потом, рассматривая графики на рис. 7.23-7.25, стало понятно, что учитывается распределение температур как функция высоты факела и толщины стенки. Это значительно усложнило расчеты (вместо аналитических решений использовался пошаговый итерационный метод конечных элементов).

Расчетами доказан сильный перегрев футеровки по сравнению с допускаемыми температурами и предлагается решение этой проблемы путем установки на футеровке асбестовых прокладок (рис. 7.3.1.). Но образующаяся при длительной эксплуатации асбестовая пыль относится к первому классу опасности - как решать проблему ее улавливания после выхода сушильного агента из сушилки порошка СМС? Эту задачу автор предлагает решать по второму варианту – путем создания газовой холодной завесы между топочными газами и футеровкой. Всё равно топочные газы перед сушилкой разбавляют холодным воздухом до необходимой температуры. Вот часть этого холодного воздуха, автор и предлагает использовать для тепловой завесы (воздушной теплоизоляции). Здесь в конструкцию поставлен

воздушный аэродинамический стекатель, что уменьшает аэродинамическое сопротивление (энергозатраты), вибрацию корпуса (увеличение времени межремонтного пробега и уменьшение трудовых затрат). Все это лежит в русле цели работы и обозначено в самом названии диссертации.

Здесь надо отметить качественные и наглядные иллюстрации аппарата и его узлов (рис. 7.3.1 – 7.3.4), и аксонометрии рассчитанных температурных полей бетонной футеровки (рис. 7.3.5–7.3.6), и схемы (7.4.4–7.4.6) экспериментальной установки (рис. 7.3.7), и перспективные виды газогенераторов (рис. 7.4.1–7.4.3, 7.4.7).

Ресурсосбережению за счет совершенствования конструкций аэролифтов, транспортирующих дисперсные СМС, посвящена 8-я глава диссертации (рис. 8.1.1, 8.2.1-8.2.8). Это касается снижения аэродинамического сопротивления и герметизации узла ввода порошка. Здесь же решались вопросы потерь, связанных с комкованием порошков. Математическая интерпретация автором не подкреплена ссылками на литературные источники, откуда взяты формулы (8.3.5) с их коэффициентами (стр. 252)?

В 9-ой главе автор предлагает провести реконструкцию распылительной сушилки, но уже с целью снижения, как энергопотребления, так и налипания порошка.

Ранее я оппонировал кандидатскую диссертацию в Уфе, где вопросы налипания материала на стенку сушилки решались поддуванием сушильного агента через перфорированные отверстия в стенке гильзы установленной внутри основного корпуса.

Несколько сомнительно 2-ое допущение, что горячий воздух движется в контуре от газогенератора к сушильной башне в адиабатическом режиме (стр.259, п.2.). Опять нет литературной ссылки, откуда взята формула, для коэффициента гидравлического сопротивления в формуле 9.1.2 (стр.263).

Автор доказывает возможность использования теории свободно затопленных струй, но с учетом взаимного влияния смежных струй на профили скоростей (рис.9.7, а не 5.7 как написано в тексте диссертации на стр.272). Хорошие кинематические исследования, подкрепленные векторными диаграммами скоростей (рис.9.8.-9.10) и линий тока (рис. 9.11), позволили во – первых, объяснить попадание и налипание частиц на стенку сушилки, а во-вторых, снизить налипание частиц при оптимальном расположении сопел на корпусе сушилки и предотвратить образование комков. В реконструкцию вошли: установка спиральной кольцевой перегородки в верхней части газораспределителя (рис. 9.14); модификация конструкции коллектора с диффузором (рис. 9.15 и 9.16); возможность

регулирования поворота потока при его вводе в сопло (рис.9.22); сокращение длины газохода и «сглаживание» в нем газового потока при поворотах (рис. 9.12 – 9.13).

Остановлюсь подробнее на одной из «изюминок» диссертации 10-ой главе: «Энергосбережение за счет рекуперации тепла в распылительной сушилке». Здесь, как и в предыдущих главах описаны физическая модель, ее математическое описание с различными вариациями конструкций самой сушилки и ее обвязки и сами конструкционные материалы.

Параллельно с энергосбережением решаются вопросы минимизации гидравлических потерь. Проводится сравнительный анализ различных схем рекуперации тепла (для зимних и летних температурных условий). Но принципиальное замечание касается отсутствия экономических расчетов и в самой главе и по всей диссертации.

Здесь есть небольшие недостатки (рис. 10.4.3 – 10.4.5) не подписаны, а на рис. 10.4.2 не обозначена ось ординат, хотя в текстовой части они описаны.

### **Замечания, вопросы, пожелания**

1. Из почти 4-х десятков зарубежных источников информации (это пятая часть библиографического списка) нет ссылок на иностранные патенты, касающиеся тематики диссертационной работы.
2. Эксперименты проводились, например в 5 главе, на уменьшенных моделях. Они качественно подтвердили возможности нагревания жидкости СЖК и расплавления твердых лучеиспусканием от галогенных ламп. Но отсутствие геометрического и теплового подобия в модели и натуре, эффект масштабирования не всегда позволяют количественные результаты в модельных экспериментах перевести на натуру.
3. В описании результатов исследований надо чередовать табличные данные с графиками. Они нагляднее характеризуют преимущества предлагаемых автором способов и конструкций по сравнению с типовыми (так в главе 6 нет ни одного графика, а таблиц 13).
4. Зачем проводилось сравнение регистрации света глазом человека с угловой мощностью излучения (канделы с Вт/стерадиан)? Важен последний параметр, а какой длины волны свет в зрительном диапазоне или нет – неважно (стр.152,153). Как в китайской пословице: «Неважно какого цвета кошка, лишь бы мышей ловила».
5. Нельзя говорить о приблизительном равенстве парциальных давлений диоксида углерода и водяных паров, если они отличаются почти в 3 раза (стр.203).

6. Жаль, что результаты расчетов температур футеровки и стенки по высоте факела и толщине стенки не подкреплены опытными данными (своими или других авторов).
7. Асбестовые прокладки начинают после долгой эксплуатации пылить, а пыль асбеста относится к I классу опасности (особенно тонкодисперсная). Чем ее вылавливать на выходе из сушилки отработанного сушильного агента?
8. Объем работы явно завышен. Обычно рекомендуется без таблиц и графиков (если они занимают полную страницу), списка литературы и приложений не превышать 250 страниц машинописного текста. В рецензируемой работе их более 300.
9. Почему с ростом температуры генераторного газа аэродинамические потери в магистрали уменьшается (стр.264) (растет вязкость, растет объемный расход, а значит и скорость) (табл.9.2 - 9.4)?
- 10.Основной недостаток работы вижу в отсутствии интерпретации полученных результатов на J-х диаграммах. Как изменяется рабочая линия реальной сушилки (линия 1-2)? Сдвигается вправо к идеальной сушилке когда энтальпия сушильного агента на входе и выходе равны или ее положение остается без изменения:  $t_2$  и  $x_2$  остаются неизменными?
- 11.Есть техническое обоснование каждого предложения по изменению технологии и конструкции, но нет расчетов экономических в рублях на тонну или рублях за год.
- 12.Рекомендуется издать учебник или учебное пособие по материалам диссертационной работы.

Материалы, представленные в автореферате, как и положено, в концентрированном виде отражают основные результаты проведенных исследований, хорошо сделаны выводы по каждой главе, а вот заключение в тексте диссертации больше похоже на аннотацию (нет ни одной количественной характеристики (стр.428).

Как видно из анализа материалов основных глав диссертации вся работа как и само название подчинены формуле специальности и связаны с переносом энергии и массы с ориентацией на совершенствование аппаратного оформления технологических процессов с позиций энерго-ресурсосбережения и с решением проблем совершенствования и создания эффективных технологических схем производства, соответствующих различным структурным подразделениям химических предприятий и производств, в частности СМС на основе СЖК.

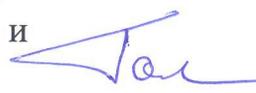
Тоже касается и соответствия по области исследований. Это исследование гидродинамики движения жидкости и газов, тепловых

процессов с точки зрения минимизации энергетических и материальных затрат, принципы и методы синтеза ресурсосберегающих ХТП.

Заканчиваю анализ традиционной фразой. Несмотря на ряд замечаний и вопросов по уровню актуальности, поставленной и достигнутой цели, весомости научной, технической и технологической новизны, связанных с физическим и математическим моделированием процессов и аппаратов производства СМС на основе СЖК, высокой практической ценности, большого спектра опубликованных работ в журналах высокого ранга, результатов внедрения исследований на 7 промышленных предприятиях и в организациях, работа соответствует требованиям предъявляемых ВАК РФ, п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. №842, и ее автор Черепанов А.Н. заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий»

Доктор технических наук, профессор  
кафедры процессов и аппаратов  
химических и пищевых производств  
Волгоградского государственного  
технического университета.

Ученая степень: доктор технических наук  
по специальности 05.17.08 – «Процессы и  
аппараты химических технологий»

 А.Б. Голованчиков



*Голованчикова А.Б.*  
18 сентября 2018  
дела  
*Проф. Черепанов А.Н.*  
(подпись)