

Отзыв официального оппонента на диссертацию

**Бабкина Александра Владимировича**

«Высокотермостойкие фталонитрильные матрицы и полимерные композиционные материалы на их основе»,

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения в диссертационный совет Д 501.001.60

Диссертация Бабкина А.В. относится к числу экспериментальных работ, выполненных в области химии высокомолекулярных соединений и полимерного материаловедения, и посвящена получению полимерных матриц с высокой термостойкостью на основе новых легкоплавких фталонитрильных связующих, содержащих силоксановые и фосфатные фрагменты, и изучению физико-химических и механических свойств предложенных связующих и полимерных композиционных материалов (ПКМ) на их основе.

Современный уровень развития аэрокосмической и автомобильной отраслей диктует необходимость применения новых функциональных полимерных материалов с высокой термостойкостью, термической и термоокислительной стабильностью, заданными физико-механическими характеристиками. Для решения данной задачи в настоящее время используются полимерные матрицы на основе полиимидов, однако, более жесткие режимы функционирования силовых агрегатов и сверхзвуковых летательных аппаратов требуют расширения спектра материалов, способных выдерживать указанные условия эксплуатации, что обуславливает актуальность выбранного автором направления исследования.

#### **Оценка содержания диссертации, ее завершенности**

Диссертационная работа Бабкина А.В. построена по традиционной схеме и включает: введение, три главы, заключение, выводы и библиографический список. Работа изложена на 143 страницах, содержит 83 рисунка и 23 таблицы. Библиографический список содержит 123 наименования.

Принципиальных замечаний к оформлению диссертации и автореферата не имею.

Во Введении Бабкин А.В. освещает такие аспекты диссертационной работы, как её актуальность, цель и задачи исследования, четко выделяет научную новизну, практическую и теоретическую значимость работы.

Первая глава содержит подробный литературный обзор, касающийся описания известных в настоящее время синтетических подходов к созданию фталонитрильных (ФН) связующих, режимов их отверждения и ряда свойств ФН мономеров и полимеров на их основе. Прделанный обзор литературы позволил автору сделать вывод о перспективности использования ФН соединений для создания связующих и ПКМ на их основе, а также о необходимости направленного синтеза ФН мономеров с низкими температурами стеклования, что обеспечит более высокую технологичность предложенных связующих.

Экспериментальная часть работы представлена во второй главе диссертации. Здесь дано детальное описание синтеза большого числа ФН мономеров и химической структуры полученных в ходе синтеза продуктов; описана отработка условий отверждения связующих и условий получения ПКМ методом вакуумной инфузии; дан перечень всех используемых методов исследования и методик подготовки образцов.

Глава 2 является важной частью работы, особенно с точки зрения фиксации условий синтеза новых мономеров, однако, она перегружена излишне подробным описанием стандартных и гостированных методик. Считаю, что этот подход к изложению материала может быть оправдан в случае, если автор в дальнейшем планирует подготовку и публикацию отдельного учебно-методического пособия по теме диссертации.

Результаты исследования и их обсуждение представлены в третьей главе диссертации. Наряду с обоснованием выбора перспективных ФН мономеров из всего ряда синтезированных, здесь изложены подходы к оптимизации методов синтеза мономеров с различными связующими фрагментами, форми-

рованию состава связующего и его полимеризации, результаты исследования теплостойкости, термической и термоокислительной стабильности отвержденных мономеров.

Отдельно в главе 3, раздел 3.7 изложены результаты исследования реологических параметров связующих, деформационно-прочностные и сорбционные характеристики полученных ПКМ.

**Основные результаты изложены** в 8 печатных работах, в том числе в 4 статьях, опубликованных в рецензируемых иностранных и российских журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 патенте РФ и 3 тезисах докладов, представленных на 3 российских и международных конференциях.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертации.

**Достоверность полученных результатов и обоснованность выводов** обусловлена применением в работе современных подходов к органическому синтезу, использованию современных физических и физико-химических методов исследования, гостированных методик испытания образцов, аккуратному отношению к статистической обработке полученных результатов.

**Среди достижений автора хочу отметить следующие:**

1. Автору удалось разработать принципиально новый подход к синтезу ФН мономеров за счет введения гибких связывающих фрагментов и синтезировать ряд перспективных ФН мономеров, которые характеризуются низкой температурой стеклования от -1 до 26°C.
2. В ходе обширной экспериментальной работы автором установлены закономерности влияния режима отверждения ФН мономеров на температуру стеклования полимерной матрицы и получены новые фталонитрильные полимерные матрицы с высокой теплостойкостью и термической стабильностью, низким влагопоглощением и высокой пожароустойчивостью.

3. Показано, что отверждение фталонитрильных связующих характеризуется низким экзотермическим эффектом и не приводит к образованию низкомолекулярных летучих продуктов, что позволяет получать материалы с высокими эксплуатационными характеристиками и формировать толстостенные изделия. Полученные полимерные композиции на основе ФН мономеров превосходят традиционные теплостойкие ПКМ на основе полиимидов по ряду механических характеристик.
4. Важно, что в работе показана возможность получения ПКМ на основе фталонитрильных связующих инъекционными методами, а хорошая технологичность связующих позволяет изготавливать детали сложной формы.

Полученные в работе результаты и сделанные выводы показывают, что задачи, сформулированные автором, полностью и успешно решены.

**Диссертация не лишена недостатков.** По моему мнению, они касаются, главным образом, анализа полученных в работе результатов.

1. Автор приводит данные по температуре стеклования мономеров (табл. 11 на стр. 98), полученные методом ДСК. Однако, в работе отсутствует информация о температурах плавления мономеров (численные данные), а также о структурно-морфологической организации кристаллической фазы мономеров. При этом, изменение температуры стеклования автор связывает с изменением «подвижности звеньев в молекулах мономеров», однако прямых доказательств этого механизма стеклования не приводит. Считаю, что диссертант мог бы с этой целью воспользоваться методикой расчета локальной подвижности фрагментов звеньев, развиваемой в работах И.А. Роновой.

2. Слабо проанализированы реокинетические кривые, характеризующие процесс полимеризации мономеров. В сочетании с данными, представленными в литературном обзоре, и моделями, предложенными Малки-

ным А.Я. и Куличихиным С.Г., можно было бы выявить специфику образования сетки в фталонитрильных матрицах.

3. Наконец, в работе нет данных о плотности сетки пространственных связей в отвержденных связующих. Хотя такие оценки можно было бы сделать, используя имеющиеся данные ДСК, по смещению температуры стеклования для отвержденных матриц по уравнению Л. Нильсена.

Однако, хочу отметить, что высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и носят рекомендательный характер.

### **Заключение:**

Оценивая диссертацию Бабкина А.В. в целом, считаю, что она является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технологические решения получения новых фталонитрильных полимерных матриц с высокой теплостойкостью и термической стабильностью, а также высокопрочных полимерных композиционных материалов на их основе.

Полученные в работе результаты, несомненно, должны найти практическое приложение при решении проблем создания новых связующих и полимерных композиционных материалов с улучшенными термомеханическими, технологическими и эксплуатационными характеристиками, что имеет существенное значение для развития аэрокосмической и автомобильной промышленности.

По актуальности решаемой проблемы, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов диссертационная работа «Высокотермостойкие фталонитрильные матрицы и полимерные композиционные материалы на их основе» соответствует требованиям пункта 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (город Москва), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степе-

ни кандидата наук, и положениям паспорта специальности 02.00.06 – высокомолекулярные соединения. А.В. Бабкин заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по указанной специальности.

Старший научный сотрудник  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук» (ИФХЭ РАН)

кандидат химических наук (02.00.04), доцент

Щербина Анна Анатольевна

Щербина А.А.

(подпись)

Адрес ИФХЭ РАН: 119071, г. Москва, Ленинский просп., д. 31, корп. 4

Тел.: раб. 8(495) 955-4653, моб. 8(916) 671-2786

email: [aachalykh@mail.ru](mailto:aachalykh@mail.ru)

Подпись руки Щербиной Анны Анатольевны заверяю

Ученый секретарь ИФХЭ РАН

к.х.н.



Варшавская И.Г.