

Заключение диссертационного совета 24.2.312.09, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета 19 марта 2025 г. № 4

О присуждении Нащокину Антону Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Физико-химические свойства углеродных волокон, прошедших высокотемпературную обработку, и армированных ими углерод-углеродных материалов на основе фенопласта» по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов принята к защите 25.12.2024 (протокол заседания № 32) диссертационным советом 24.2.312.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68, приказ Минобрнауки России о создании совета №1351/нк от 24.10.2022).

Соискатель Нащокин Антон Владимирович, 02 августа 1989 года рождения, в 2011 году окончил химический факультет федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова». С 2011 по 2014 год обучался в очной аспирантуре химического факультета «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова», работает младшим научным сотрудником на кафедре химической технологии и новых материалов химического факультета «Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова», Правительство Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре химической технологии и новых материалов химического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Правительство Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат химических наук, Малахо Артем Петрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра химической технологии и новых материалов химического факультета, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Самойлов Владимир Маркович, доктор технических наук, АО «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит», химико-технологический кластер, главный научный сотрудник;

Беев Ауес Ахмедович, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский Государственный Университет им. Х.М. Бербекова», центр прогрессивных материалов и аддитивных технологий, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Бухаркиной Татьяной Владимировной, доктором химических наук, профессором кафедры химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов и Вержичинской Светланой Владимировной, кандидатом химических наук, доцентом кафедры химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов, указала, что диссертация Нащокина А.В. «Физико-химические свойства углеродных волокон, прошедших высокотемпературную обработку, и армированных ими углерод-углеродных материалов на основе фенопласта», является научно-квалификационной работой, в которой

изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения в области создания углерод-углеродных композиционных материалов, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов в пунктах 2, 3, 6, и требованиям, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Нащокин Антон Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объемом 5,41 печ. л. (личный вклад соискателя 80%), из них 2 статьи в рецензируемых отечественных научных изданиях из списка, рекомендованного Высшей аттестационной комиссией Российской Федерации для размещения материалов диссертаций, 5 статей, переводные версии которых вошли в базу данных Scopus и Web of Science (Q3), 1 статья в издании (Q1), входящем в базу данных Springer, 2 патента РФ, 7 тезисов докладов в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

В работах соискателя приведены результаты по исследованию свойств углеродных волокон, а также эволюции их свойств при переходе от карбонизованных волокон к графитированным. Также приводятся результаты по исследованию свойств заготовок углерод-углеродных композиционных материалов на основе фенопласта в качестве матрицы в зависимости от свойств волокон, использованных для армирования, и эволюция свойств при переходе от полимерной матрицы к углеродной. Рассмотрен способ модификации поверхности углеродных волокон нанесением слоя пироуглерода.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. В диссертационной работе отсутствует

заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Нащокин А.В.** Изучение зависимости механических свойств, морфологии и структурных характеристик различных типов углеродных волокон от температуры обработки / **Нащокин А.В.**, Малахо А.П., Галигузов А.А., Кулаков В.В., Селезнев А.Н., Авдеев В.В. // Химические волокна. – 2012. – № 3 – С. 44-49. [Dependence of the mechanical properties, morphology, and structural characteristics of different types of carbon fibers on treatment temperature / A. V. Nashchokin, A. P. Malakho, A. A. Galiguzov [et al.] // Fibre Chemistry. – 2012. – Vol. 44. – № 3. – P. 180-185. (Q3) DOI 10.1007/s10692-012-9425-5]

2. **Нащокин А.В.** Эволюция физико-химических свойств углерод-углеродных композиционных материалов на основе фенол-формальдегидной смолы и дискретного углеродного волокна / **Нащокин А.В.**, Малахо А.П., Гараджа Н.В., Рогозин А.Д. // Химические волокна. – 2015. – № 6 – С. 43-50. [Evolution of the physicochemical properties of carbon—carbon composites based on phenol—formaldehyde resins and discrete carbon fibers / A. V. Nashchokin, A. P. Malakho, N. V. Garadzha, A. D. Rogozin // Fibre Chemistry. – 2016. – Vol. 47. – № 6. – P. 465-471. (Q3) DOI 10.1007/s10692-016-9715-4]

3. **Nashchokin A.** Reinforcement of C/C materials prepregs with pyrocarbon coated carbon fiber as the way to improve the prepregs properties after pyrolysis / **Nashchokin A.**, Malakho A., Fomicheva I., Avdeev V. // Journal of materials science. – 2024. – № 59(43). – P. 20257-20267 (Q1) DOI 10.1007/s10853-024-10305-3.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: д.т.н., **Жукова И.А.**, заведующего лабораторией нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и к.ф.-м.н. **Хрусталева А.П.**, старшего научного сотрудника лаборатории нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск); д.т.н., **Корнеева А.Е.**, главного эксперта отдела физико-химических исследований Государственного научного центра Российской Федерации, Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения» (г. Москва); д.х.н. **Мордковича В.З.**, заместителя директора по научной работе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов» (г. Москва, г. Троицк); д.т.н. **Селезнева А.Н.**, профессора, директора по продажам перспективных изделий Публичного акционерного общества «Авиационная корпорация «Рубин» (г. Балашиха); к.т.н. **Новокшопова В.В.**, директора Общества с ограниченной ответственностью «ВР-Пласт» (г. Казань).

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что результаты работы Нащокина А.В. направлены на решение важной научно-практической задачи, а именно установления закономерностей физико-химических превращений в углеродных волокнах при высокотемпературной обработке, а также установления связи свойств поверхности исходных и термообработанных волокон и характеристик углерод-углеродных композиционных материалов на их основе. Большое внимание в исследовании уделено модификации поверхности углеродных волокон с целью получения прочных и низкопористых заготовок углерод-углеродных композиционных материалов после стадии первичного обжига. Отмечается высокая научная и практическая ценность работы, что обусловлено получением заготовок с плотностью, соответствующей плотности заготовок, прошедших одну стадию пропитки и карбонизации под давлением после первичного обжига, что позволяет исключить эту стадию и существенно сократить производственный процесс.

В качестве основных вопросов и замечаний по содержанию автореферата отмечено:

1) Не приводится сравнение прочностных характеристик полученных заготовок с характеристиками заготовок существующих материалов. 2) Не приведены свойства конечных материалов, полученных по предложенной

соискателем технологии. 3) На рисунке 1 (стр. 10) представлены СЭМ изображения волокон, которые имеют явные отличия, но подпись рисунка не имеет никаких обозначений, что путает, учитывая, что материал для эксперимента выбирался в том числе на основе типа поверхности. (Жуков И.А., Хрусталеv А.П.);

1) Следовало бы прокомментировать выбор марки углеродного волокна, использованной в работе, в качестве объекта исследования. (Корнеев А.Е.);

1) В диссертационной работе большое и заслуженное внимание уделено проблеме изменения пористости при обработке материалов, однако, обсуждаются только результаты, полученные методом гидростатического взвешивания, несмотря на то, что согласно методической части применяли также и метод низкотемпературной сорбции азота. Совместное обсуждение данных о пористости, полученных этими двумя методами, значительно усилило бы информативность исследования. 2) В автореферате на с.10 приведены сведения о размере кристаллитов графитоподобных структур, однако без указания размерности, - просто «5» и «15». 3) В этой же части автореферата автором на основе изменения размера кристаллитов делается вывод об увеличении степени графитации. Между тем, связь между размером кристалла и степенью графитации небесспорна и нуждается в данном случае в пояснении. (Мордкович В.З.);

1) В работе для определения пористости и плотности заготовок углерод-углеродных материалов до и после первичного обжига использован метод гидростатического взвешивания. Существуют более точные методы определения данных параметров, в том числе ряд из них автор применяет для определения пористости углеродных волокон. Было бы желательно измерить пористость объектов исследования, например, методами гелиевой пикнометрии или низкотемпературной адсорбции азота. 2) Автор, указывая в автореферате на использование подобных материалов при изготовлении тормозных дисков взлетно-посадочных устройств, не представил данные и не спрогнозировал результаты применения предложенных технологических решений для случая их использования на переделах уплотнения каменноугольным пеком. (Селезнев А.Н.);

1) Отсутствует сравнение полученных заготовок с промышленно выпускаемыми аналогами. 2) Не приведен достигнутый в настоящее время аналогами уровень свойств. 3) Поскольку установлено отсутствие корреляции прочности волокна с прочностью композитов на его основе, практический интерес представляет проверка композитов на основе менее прочных более дешевых волокон этого же и альтернативных производителей. (Новокшенов В.В.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, компетенцией в вопросах, имеющих отношение к теме работы, а также способностью профессиональной оценки научно-практической значимости диссертационного исследования.

Ведущая организация известна своими достижениями в области полиакрилонитрильных волокон, углеродных волокон, полимерных композиционных материалов и углерод-углеродных композиционных материалов. Исследования в данной области отражены в публикациях ученых ведущей организации (Бухаркиной Т.В., Вержичинской С.В., Трофименко Е.А. и др.) в российских и международных изданиях (Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, Химическая промышленность сегодня, Coke and Chemistry и др.). Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

доказано, что прочность межфазного взаимодействия между армирующими волокнами и матрицей, превышающая 10 МПа, в заготовках углерод-углеродных композиционных материалов на основе фенопласта нежелательна, так как приводит к возникновению напряжений и растрескиванию таких заготовок при карбонизации;

предложен метод модификации поверхности армирующих волокон, заключающийся в покрытии волокон слоем пироуглерода толщиной до 150 нм. Модификация методом нанесения слоя пироуглерода на поверхность волокон позволяет амортизировать напряжения, возникающие при

карбонизации заготовок углерод-углеродных композиционных материалов, что препятствует их растрескиванию и позволяет получать низкопористые и прочные заготовки после стадии первичного обжига;

установлено, что в углерод-углеродных композиционных материалах отсутствует линейная корреляция между их прочностными характеристиками и прочностными характеристиками армирующих волокон, что вызвано разницей в коэффициентах термического расширения волокон и матрицы, которая приводит к растрескиванию материала ввиду его высоких температур изготовления и эксплуатации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены теоретические основы для прогнозирования свойств углерод-углеродных композиционных материалов на стадии их получения из полимерных заготовок, опирающиеся на анализ межфазного взаимодействия волокна с матрицей в исходных заготовках, что необходимо для оптимизации технологических параметров и получения материалов с заданными свойствами.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан способ регулирования адгезии между армирующим волокном и матрицей, заключающийся в покрытии армирующих волокон слоем пироуглерода;

показана возможность применения разработанного способа модификации поверхности волокон для сокращения количества стадий пропитки с последующей карбонизацией, необходимое для получения конечных изделий за счет высокой плотности заготовок углерод-углеродных композиционных материалов после первичного обжига.

Практическая значимость работы подтверждается использованием результатов исследования при совершенствовании технологии получения фрикционных композиционных углеродных материалов в ходе выполнения договора между АО НПО «УНИХИМТЕК» и ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218. Также предложенные в работе технологические операции опробованы и внедрены в цикл производства углерод-углеродных композиционных

материалов для элементов конструкции тепловыделяющих и теплозащитных узлов высокотемпературных агрегатов в ПАО АК «Рубин».

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что работа выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, результаты основаны на экспериментальных данных, полученных с использованием современного оборудования и аналитических методов исследования.

Теория построена на известных фактах и базируется на установленных закономерностях по тематике исследования, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по направлению диссертационной работы.

Идея базируется на анализе литературных данных, связанных с исследованием физико-механических свойств углерод-углеродных композиционных материалов и закономерностей, связывающих их свойства со свойствами поверхности и прочностными характеристиками армирующих углеродных волокон.

Использованы современные методы анализа, такие как рентгенофазовый анализ, термогравиметрический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, спектроскопия комбинационного рассеяния, низкотемпературная адсорбция азота, комплекс методов для исследования механических характеристик, метод гидростатического взвешивания, элементный анализ, оптическая и сканирующая электронная микроскопия, низкотемпературная адсорбция-десорбция азота.

Выводы обоснованы и достоверны; полученные результаты являются воспроизводимыми, согласуются между собой и не противоречат литературным данным.

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели и задач исследования, анализе литературных данных по теме диссертации, проведении экспериментов, обработке и интерпретации полученных результатов, формулировке научных выводов, подготовке результатов исследований к публикациям и обсуждению результатов исследований на международных и всероссийских конференциях.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в профильных научно-исследовательских институтах, занимающихся

разработкой углерод-углеродных композиционных материалов, например, НИЦ "Курчатовский Институт" – ВИАМ, АО «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», на химических факультетах ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» и ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», а также на промышленных предприятиях, выпускающих изделия на основе углерод-углеродных композиционных материалов.

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов: п.п. 2, 3, 6.

Соискатель аргументированно ответил на прозвучавшие в ходе заседания замечания и вопросы, привел собственную аргументацию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Нащокина А.В. соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России (постановление Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-практическая задача получения низкопористых и прочных заготовок углерод-углеродных композиционных материалов после стадии первичного обжига с помощью нанесения пироуглеродного покрытия на поверхность армирующих волокон, имеющая важное народно-хозяйственное значение для производства композиционных материалов.

На заседании 19.03.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Нащокину Антону Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов за решение задачи по получению низкопористых и прочных заготовок углерод-углеродных композиционных материалов после стадии первичного обжига с помощью нанесения пироуглеродного покрытия на поверхность армирующих волокон.

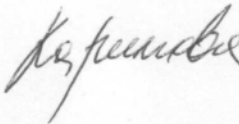
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности, рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» – 19, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета 24.2.312.09



Вольфсон Светослав Исаакович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.312.09



Каримова Лиана Катибяновна



19 марта 2025 г.