

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации **Воробьева Егора Евгеньевича** «Кинетика ползучести и неустойчивость циркониевых труб под давлением», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 18 ноября 2019 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 16.09.2019, протокол № 11.

Диссертация выполнена на кафедре металловедения и физики прочности федерального автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС».

Научный руководитель – д.т.н., заведующий кафедрой металловедения и физики прочности федерального автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» Никулин Сергей Анатольевич.

Научный консультант – д.т.н., начальник научно-исследовательского отдела П-345 АО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. академика А.А. Бочвара», Маркелов Владимир Андреевич.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 11 от 16.09.2019) в составе:

1. Мухин Сергей Иванович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и квантовых технологий НИТУ «МИСиС» – председатель комиссии;
2. Капуткина Людмила Михайловна, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением НИТУ «МИСиС»;
3. Беломытцев Михаил Юрьевич, д.т.н., профессор, профессор кафедры металловедения и физики прочности НИТУ «МИСиС»;
4. Калинин Борис Александрович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой физических проблем материаловедения НИЯУ «МИФИ»;
5. Кобылянский Геннадий Петрович, д.т.н., ведущий научный сотрудник отдела реакторного материаловедения ГНЦ «НИИАР».

В качестве ведущей организации утвержден Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- решена задача о силах и моментах в трубе тепловыделяющего элемента активной зоны атомного реактора под давлением и о вызываемых ими изменениях формы и размеров вследствие ползучести;

- отработаны методики и проведены испытания на ползучесть тонкой трубчатой циркониевой оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) атомного реактора под внутренним и наружным давлением длительностью до 4250 ч;

- результаты экспериментов сопоставлены с разработанной моделью, указаны способы применения модели для прогнозов неустойчивости и сплющивания трубчатой оболочки ТВЭЛА.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

1. получены единые уравнения ползучести трубы любой овальности под наружным или внутренним гидростатическим давлением;

2. из их исследования вытекают, в частности, качественные закономерности процессов:

- для любой исходной конфигурации трубы есть единый путь её эволюции: траектория взаимосвязанных изменений овальности и длины периметра. Температура и напряжения влияют только на скорость движения по этой траектории, а знак давления – на направление движения (наружное давление сплющивает контур, внутреннее – «выправляет» в круг);

- сплющивание при ползучести происходит при много меньших напряжениях, чем упругая потеря устойчивости контура;

- время сплющивания существенно зависит от начальной технологической овальности трубы.

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

- автором отработана методика испытаний труб на ползучесть под наружным гидростатическим давлением, с прецизионными измерениями овальности, периметра, их неравномерности и с предельным извлечением информации из массива данных для описания процесса;

- указана возможность прогнозировать время в эксплуатации: до посадки оболочки ТВЭЛ на топливо и до «нештатного» повреждения оболочки сплющиванием;

- экспериментально найдены необходимые константы кинетики ползучести. Указана взаимозаменяемость испытаний под наружным и под внутренним давлением и её пределы;

- предложено оценивать предел возможного совершенствования структуры за счёт режимов термомеханической обработки по полной величине деформации в переходном процессе ползучести.

Оценка достоверности результатов исследования обеспечена адекватными средствами и объёмом измерений, последовательным метрологическим анализом погрешностей и воспроизводимости первичных данных, использованием алгоритмов максимума правдоподобия при анализе моделей, их констант и погрешностей. Доказано общее и поэтапное согласие совокупности экспериментов и построенной модели явления.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке целей и задач диссертационной работы, в разработке модели кинетики ползучести и неустойчивости труб под давлением, в проведении экспериментов с разработкой и отработкой методик испытаний, обработке и анализе результатов исследований, а также в подготовке материалов для публикации в рецензируемых журналах.

По материалам диссертации соискатель представил 4 опубликованные работы в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России, из которых 2 опубликованы в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus/WoS. Результаты диссертационной работы обсуждены на IX Евразийской научно-практической конференции «Прочность неоднородных структур ПРОСТ-2018».

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения степени кандидата наук в НИТУ «МИСиС» соискателем учёной степени не нарушен.

Диссертация Воробьева Егора Евгеньевича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований получены единые уравнения ползучести трубы любой овальности под наружным или внутренним гидростатическим давлением, отработана методика испытаний труб на ползучесть под наружным гидростатическим давлением, предложено оценивать предел возможного совершенствования структуры за счёт режимов термомеханической обработки по полной величине деформации в переходном процессе ползучести; указана возможность прогнозировать время в эксплуатации: до посадки оболочки твэл на топливо и до «нештатного» повреждения оболочки сплющиванием.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Воробьеву Егору Евгеньевичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 4 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 4, против нет, недействительных бюллетеней 105

Председатель Экспертной комиссии

 С.И. Мухин