

В диссертационный совет Д 212.125.05
при ФГБОУ ВО «Московский авиационный
Институт (национальный исследовательский
университет)»:
125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4.

ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию **Кондратенко Леонида Анатольевича**
«Расчетно-экспериментальные методы исследования технологических
напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях
энергоустановок», представленную на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность»

Актуальность темы диссертации.

Одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации является энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика. В соответствии с постановлениями Правительства РФ до 2020 года планируется ввести 32,3 ГВт генерирующих мощностей, в результате чего установленная мощность АЭС России должна превысить 53 ГВт. Решение отмеченных задач возможно во многом за счет создания теплоэнергетических агрегатов нового поколения, генерирующих большие мощности.

В таких сооружениях технологический цикл выработки энергии включает теплообменный процесс, где используются теплообменные секции с большим количеством труб, закрепленных в трубных досках или коллекторах. Так, например, в одном агрегате количество подобных узлов может составлять десятки тысяч единиц. Возможность изготовления трубных соединений с гарантированным натягом требуемого качества во многом определяет, как саму конструкцию агрегата, так и его ресурс.

Создание неразъемного трубного соединения может выполняться с помощью взрыва, гидравлической раздачи, роликового вальцевания, сварки, а чаще всего комбинации этих операций. Их сутью являются упругопластическое деформирование трубы, приводящее к увеличению ее диаметров и созданию требуемого контактного напряжения между сопрягаемыми поверхностями, обеспечивающими получение соединения с натягом. Широко применяемое роликовое вальцевание сопровождается циклическими профилегибочными процессами и связанными с этим динамическими явлениями в технологическом оборудовании, оказывающими воздействие на исходный процесс в сочетании с возникающим остаточным напряженным состоянием конструкции.

Существенный резерв в создании гарантированного требуемого качества трубных узлов крепления с повышенным эксплуатационным

ресурсом автор находит в разработке и использовании эффективных расчетных моделей, экспериментальных методов исследования механики и динамики профилегбочных процессов, позволяющих проводить оценку остаточного НДС структурных элементов соединения, ресурса инструментально-технологического комплекса, во многом определяющего прочность и надежность конструкции в целом.

В настоящее время имеются конструкции теплообменных аппаратов с использованием новых энергоносителей, различных труб как в виде концентрических оболочек (толстостенных, биметаллических), так и других форм, например шестигранных. Разработка методов закрепления концов таких труб, оборудования и инструмента в таких перспективных конструкциях требует достаточно глубоких научных, проектных и экспериментальных исследований. Решение подобных задач остается актуальным и может быть применимо в других сферах отечественной промышленности, например судостроении, нефтехимической промышленности и т.д.

В этой связи полученные результаты диссертационной работы являются основой, как для современных конструкций, так и для нового этапа развития энергомашиностроения.

Вышеизложенное дает основание утверждать, что тема диссертации имеет научное и практическое значение, является актуальной, а применение выполненных разработок позволит внести значительный вклад в экономику энергетической отрасли за счет внедрения инновационных проектов, направленных на обеспечение длительной прочности, надежности и производства энергетических аппаратов с высокими качественными свойствами.

Научная новизна результатов диссертации заключается в следующем. Автор:

- теоретически обосновал закономерности деформирования теплообменных труб в операциях закрепления, определил условия перехода их в пластическое состояние и получил новые математические модели напряженно-деформированного состояния неразъемного соединения «труба – трубная доска» с учетом особенностей сложного силового взаимодействия профилегбочных процессов;

- исследовал с помощью цифрового моделирования механизм деформации трубы при роликовом вальцевании и доказал отсутствие пластических деформаций перемычек в трубных досках с высокой степенью перфорации и многогнездными креплениями труб. Также им установлена целесообразность оценки степени прилегания трубы к стенке отверстия по крутящему моменту на веретене, а не по ее радиальной деформации;

- разработал вопросы механики роликовой вальцовки; получил уравнения кинематики, силовых взаимодействий и динамики работы, выявил геометрическое проскальзывание роликов относительно трубы, ведущее к высокочастотным колебаниям момента сопротивления, произведена оценка работоспособности инструмента;

- получил новые математические модели профилегибочного процесса роликового вальцевания и обосновал три критерия вальцевания, выполнение которых обеспечивает требуемые качественные, прочностные и эксплуатационные характеристики узлов крепления труб, повышение надежности теплообменных аппаратов, импортонезависимости, производительности и улучшения условий труда изготовления и ремонта;

- разработал новый аналитический метод определения остаточных напряжений, дал количественную оценку напряженного состояния в окрестностях узла крепления теплообменных труб при роликовом вальцевании и гидравлической раздаче. Впервые решение построено для области многогнездного крепления труб с высокой степенью перфорации решетки без использования классической задачи приведения в силу сложного нагружения, обусловленного особенностями профилегибочных процессов;

- провел уникальные экспериментальные исследования динамики роликового вальцевания и установил закономерности силовых факторов в работе вальцовок при закреплении труб в отверстиях. Им впервые получены экспериментальные зависимости окружных остаточных напряжений в трубах до и после вальцевания с использованием оригинальных методик и стендов;

- разработал основы динамики системы «привод – рабочие органы роликовой вальцовки» с учетом конструкции веретена и использования различных приводов вальцовочной машины: электро, пневмо, гидродвигателя,- а также реакции человека-оператора, дающие возможность оценить многофакторное влияние на качество узла крепления;

- разработал новый метод исследования колебаний скоростей движения и напряжений в системе «привод – стержень – исполнительный орган», дающий возможность оценивать колебания скорости движения роликов и напряжений в веретене, а также эксплуатационный ресурс деталей вальцовки, существенно влияющие на уровни технологических напряжений и деформаций в узлах крепления труб;

- разработал и применил на практике новый метод исследования колебаний скоростей движения и напряжений в системе «привод – стержень – исполнительный орган», дающий возможность оценивать колебания скорости движения роликов и напряжений в веретене, а также эксплуатационный ресурс деталей вальцовки, существенно влияющих на уровни технологических напряжений и деформаций в узлах крепления труб;

- стал автором и соавторов восьми патентов и внедрил в производство новые способы закрепления теплообменных труб; устройство для настройки вальцовочных машин. При его участии разработаны и запатентованы новые стенды для исследований; вальцовочные машины, позволяющие реализовывать перспективные конструкции узлов крепления (с биметаллическими, толстостенными и др. трубами), повысить стабильность требуемого качества изготовления, ресурс, надежность и безопасность АЭУ, обеспечить импортонезависимость, а также улучшить условия труда.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Результаты исследования получены в результате теоретического анализа, математического и цифрового моделирования, экспериментальных исследований, выполненных на оригинальных стендах с применением аттестованных измерительных приборов.

При теоретическом анализе на основании известных публикаций были выбраны соотношения и уравнения, ставшие основой для последующих математических исследований. Разработанные в результате этого уравнения и формулы использовались либо для непосредственных расчетов, либо для создания самим диссертантом программ для ПК, с помощью которых осуществлялись исследования и моделирование процессов.

Экспериментальные исследования производились при активном участии автора в производственных условиях по соответствующим утвержденным программам исследований, в научном учреждении в соответствии с официальными договорами.

Основные положения работы, выводы, рекомендации отражены в 64 научных работах, опубликованных автором, включая 25 научных статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, а также 3 монографии, 8 патентов, 5 из которых являются патентами на изобретения, 3 патента на полезную модель. В материалах совместных публикаций личный вклад диссертанта является определяющим.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Подтверждается сравнением численных результатов и результатов экспериментов, полученных на натуральных изделиях. Корреляция теоретических и экспериментальных исследований имеет погрешность, не превышающую 10%.

Достоверность результатов также обеспечивается использованием основных положений механики сплошной среды, методов теории упругости, теоретической и прикладной механики, теорий колебаний и автоматического регулирования, корректностью экспериментальных методов определения остаточных напряжений с применением современной аппаратуры, а также апробированных методов и пакетов математического моделирования.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

При выполнении диссертации автор разработал ряд новых методов исследований, которые могут применяться в других работах. К таким методам относятся:

- исследования профилегибочных процессов при закреплении теплообменных труб;
- особенностей образования остаточных напряжений после вальцевания труб;
- изучение НДС в перфорированной трубной доске, обусловленном созданием соединения с натягом;
- исследование вопросов механики роликовой вальцовки;

- исследование вопросов динамики системы привод- ролики вальцовки;

- разработка методологии проведения исследований при изготовлении неразъемных трубных соединений в энергетических установках.

При активном участии автора разработаны новые конструкции стенов и вальцовочных машин.

Наряду с теоретической направленностью работа имеет практическую значимость, что подтверждено актами внедрения.

Результаты работы внедрены на ПАО «ЗиО-Подольск», филиале ЗАО «АЭМ-технологии» АТОММАШ» при изготовлении изделий АЭС, в числе которых: парогенераторы ПГВ-1000М, ПГВ-1000МКП, подогреватели ПВД-К, ПНД, ПСВ, энергоблоки БН-600, БН-800, теплообменники СПОТ, конденсаторы, подогреватели, бойлеры Курской АЭС; изделия нефтегазхимии: АВО, теплообменники проекта Сахалин-2, регенераторы РВП-3600, теплообменники «Famek», подогреватели «PLENTY» и др.

Методология исследования нестационарных профилегибочных процессов при закреплении теплообменных труб применена в АЭУ ВВЭР-1000, БН-800, БН-1200 и других энергоустановках.

Структура диссертации

Диссертация изложена в двух томах. В первом томе приводится основное содержание работы на 275 листах машинописного текста, состоящего из введения, семи глав и списка литературы из 166 наименований. Во втором томе (106 стр.) приведены приложения, где представлены оригинальные программы вычислений, технология проведения экспериментов, ориентировочные расчеты трудоемкости операций, а также акты внедрения результатов проведенных исследований. В текст двух томов включены 16 таблиц и 105 рисунков. Автореферат, изданный на правах рукописи, содержит 48 страниц. Материалы, изложенные в автореферате, достаточно полно отражают содержание диссертации Кондратенко Л.А.

Общие замечания по диссертации.

1. Автор определяет уровни технологических напряжений и деформаций в узлах крепления труб только при механическом воздействии инструмента, не учитывая при этом температурного влияния, имеющего место при взаимодействии трущихся поверхностей.

2. В 5-й главе диссертации приведены экспериментальные осциллограммы процесса роликового вальцевания (рис. 5.5, стр. 181), где выявлены на веретене вальцовки колебания крутящего момента. Однако автор не указал их параметры: амплитуду, частоту и период.

3. В гл. 2, параграф 2.5. для обоснования предполагаемого механизма вальцевания (стр. 88) автор взял исходные данные из результатов графического анализа контакта дуги наружной поверхности трубы. Отсутствует ссылка на эти результаты.

4. В некоторых пояснениях анализа действия силовых факторов, например, пояснения к рис. 2.12 (стр. 84) автор использует термин

«мгновение», данный термин не связан с понятием переменной времени. Правильнее было бы указать в какой момент времени.

5. В диссертации имеются опечатки, грамматические ошибки и неточности.

Заключение.

Оппонируемая диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком уровне. В работе решена крупная научно-техническая проблема, имеющая важное хозяйственное значение в развитии энергетической отрасли отечественной промышленности.

Полученные результаты диссертационной работы Кондратенко Л.А. дают основание считать, что автор разработал, теоретически обосновал и на практике реализовал расчетно-экспериментальные методы исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях энергоустановок. Все проведенные исследования были направлены на решение актуальной проблемы обеспечения прочности, надежности и безопасности энергетического оборудования, в том числе ядерной безопасности атомных энергоустановок.

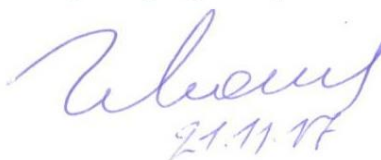
Диссертация отвечает требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Кондратенко Леонид Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Официальный оппонент

заведующий лабораторией надежности и долговечности при
термомеханических циклических воздействиях

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

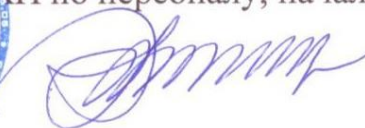
Института машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук
(ИМАШ РАН), доктор технических наук, профессор



Г.В. Москвитин

Подпись заверяю

Заместитель директора ИМАШ РАН по персоналу, начальник отдела кадров



Э.Н.Петюков

101 990, Россия, Москва, Малый Харитоньевский пер., дом 4
Телефон (495) 624-98-00, e-mail: info@imash.ru, www.imash.ru