

### Отзыв научного консультанта

о диссертанте Кондратенко Леонида Анатольевича и его диссертации на тему «Расчетно-экспериментальные методы исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях энергоустановок», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Кондратенко Леонид Анатольевич многие годы работая на предприятиях атомного машиностроения, продолжил свое обучение в докторантуре на кафедре 906 «Машиноведение и детали машин» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В ходе работы над диссертацией Кондратенко Л.А. показал глубокие знания в области динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры, отличное владение математическим аппаратом и вычислительной техники.

В 1978 г. Кондратенко Л.А. защитил кандидатскую диссертацию в Московском высшем техническом училище им. Н.Э. Баумана по специальности 05.02.03 «Системы привода».

Свою диссертационную работу соискатель посвятил проблемам создания прочных неразъемных трубных соединений атомных энергетических установок, обобщив многолетний опыт работы.

**Актуальность темы** обусловлена выполнением поставленных Правительством РФ задач по созданию современных теплоэнергетических агрегатов, генерирующих большие мощности. Такие задачи требуют новых конкурентоспособных конструкторских и технологических решений на основе научного подхода в реализации прочностной надежности и эксплуатационной безопасности энергетических агрегатов. Одной из сложнейших и ответственных технологических операций изготовления трубных пучков теплообменных аппаратов является крепление труб в трубных решетках (досках, коллекторах). Профилегибочные процессы роликового вальцевания и гидравлической раздачи в создании неразъемного соединения сопровождаются сложным нагружением, приводящим к упругопластическому деформированию трубы, неравномерной деформацией металла в зоне контакта, концентрацией технологических напряжений в окрестностях соединения, высокоградиентным напряженным состоянием узла крепления. Существующие на настоящий момент расчетные методики напряженно-деформированного состояния (НДС) основаны на приближенных допущениях без учета динамических явлений профилегибочных процессов и влияния инструментально-технологического комплекса на прочность и качество получаемых неразъемных соединений. Отсутствует единая концепция оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) и качественных показателей узлов крепления труб с учетом выбора рациональных технологий закрепления и применения

производственного оборудования. Исследование технологических напряжений и деформаций в деталях узлов крепления труб является актуальной проблемой обеспечения ресурса, надежности и безопасности оборудования атомных энергоустановок. Решение отмеченных задач невозможно без разработки теоретических и экспериментальных методов исследования остаточных напряжений и деформаций, изучения вопросов механики, кинематики и динамики инструментально-технологического комплекса, играющих существенную роль в обеспечении качественных характеристик (прочности, деформативности, герметичности) неразъемных трубных соединений. Поэтому, исследования такого характера не только важны с общетеоретической или методологической точек зрения, но и актуальны при разработке научно-технических основ по созданию новых конструкций теплоносителей с использованием перспективных материалов и трубных конструкций ряда форм (биметаллических труб, прямоугольных сечений и пр.), способных существенно повысить удельную мощность агрегатов. Разработанные математические модели и решенные в диссертации задачи являются оригинальными, имеют научную новизну и большую значимость для современного атомного машиностроения.

**Новые результаты**, полученные в диссертационной работе:

- теоретически обоснованы закономерности деформирования теплообменных труб в операциях закрепления, определены условия перехода их в пластическое состояние и получены новые математические модели напряженно-деформированного состояния неразъемного соединения «труба – трубная доска» с учетом особенностей сложного силового взаимодействия профилированных процессов.

- разработаны и получены расчетные формулы определения технологических напряжений и деформаций при роликовом вальцевании, установлен критерий оценки степени прилегания трубы к стенке отверстия, и впервые доказано отсутствие пластических деформаций в трубных досках с высокой степенью перфорации и многогнездными креплениями труб;

- разработана механика роликовой вальцовки и получены уравнения кинематики, силовых взаимодействий и динамики работы, выявлены особенности роликового вальцевания, ведущие к высокочастотным колебаниям момента сопротивления системы, существенно влияющие на работоспособность инструмента и качественные характеристики неразъемного трубного соединения;

- теоретически обоснованы и экспериментально подтверждены критерии 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;

- разработаны оригинальные экспериментальные методики и стенды, впервые проведены экспериментальные исследования динамики роликового вальцевания, установлены закономерности силовых факторов, получены

экспериментальные зависимости окружных остаточных напряжений в трубах до и после вальцевания;

- разработаны основы динамики системы «привод – рабочие органы роликотной вальцовки» с учетом особенностей функционирования инструментально-технологического комплекса, дающие возможность оценить многофакторное влияние профилигибочного процесса на качество узла крепления теплообменных труб;

- разработан новый метод исследования колебаний скоростей движения и напряжений в системе «привод – стержень – исполнительный орган» и выявлены особенности, существенно влияющие на уровни технологических напряжений и деформаций в узлах крепления труб, получены соотношения оценки эксплуатационного ресурса вальцовочного инструмента;

- с позиции системного подхода разработана методология исследований технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях с натягом, позволяющая реализовывать инновационные технологии закрепления теплообменных труб с требуемыми качественными параметрами;

- разработаны новые технические решения и получены патенты на инновационные способы закрепления труб, стенды исследований, конструкции вальцовочного инструмента и оборудования, позволяющие повысить стабильность требуемого качества изготовления, ресурс, надежность и безопасность АЭУ, обеспечить импортонезависимость, а также улучшить условия труда.

#### **Практическая ценность**

Результаты исследований диссертационной работы представляют теоретическую и практическую ценность для расчетов остаточных напряжений и деформаций в несущих деталях крепления теплообменных труб, обусловленных профилигибочными процессами, с учетом высокой степени перфораций трубных решеток, многогнездного крепления труб и влияния инструментально-технологического комплекса. Разработанные расчетно-экспериментальные методы исследования и полученные результаты направлены на повышение стабильности требуемого качества изготовления неразъемных трубных соединений, ресурс, надежность и безопасность АЭУ, обеспечение импортонезависимости, а также улучшения условия труда. Результаты исследований диссертационной 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, что подтверждено актом внедрения. Результаты теоретических исследований могут быть использованы в нефтехимической, судостроительной и других отраслях отечественной экономики.

#### **Личное участие автора**

Результаты исследований и разработок являются итогом многолетней работы автора, как старшего научного сотрудника ВНИИБТ, начальника бюро, ведущего технолога отдела главного технолога ОАО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск», доцента Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ) и старшего научного сотрудника ГНЦ НПО «ЦНИИТМАШ» и докторанта Московского авиационного института (национального исследовательского университета)

Кондратенко Л.А. провел обобщение и анализ отечественных и зарубежных исследований по основным вопросам прочности конструкций трубных соединений с натягом. Автор принимал непосредственное участие в постановке и проведении экспериментальных исследований по теме диссертации, разработал математические модели и теоретические положения, разработал программы расчета НДС узлов крепления труб теплообменных секций АЭУ, выполнил анализ проведенных исследований.

Он принимал непосредственное участие в разработке ряда запатентованных конструкций инструментов и установок, способов изготовления теплообменных аппаратов, а также применяемых в производстве технологических указаний и инструкций, экспериментальных методик и оборудования, в проведении экспериментальных исследований для выработки технических решений в операциях закрепления теплообменных труб.

Основные результаты исследований автор доложил на различных международных конференциях и опубликовал в рецензируемых журналах.

**Достоверность полученных результатов** обусловлена использованием основных положений механики сплошной среды, методов теории упругости, теоретической и прикладной механики, теории колебаний и автоматического регулирования, корректностью экспериментальных методов определения остаточных напряжений с применением современной аппаратуры, а также апробированных методов и пакетов математического моделирования. Корреляция теоретических и экспериментальных исследований с погрешностью, не превышающей 10%, в достаточно полной мере гарантирует обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы. В обосновании достоверности полученных результатов проведены их сравнение с результатами исследования ведущих специалистов в области проектирования и изготовления АЭУ. Результаты аналитических расчетов подтверждены экспериментальными данными и многолетней безаварийной работы теплообменных секций, изготовленных под руководством Кондратенко Л.А. в качестве ведущего технолога предприятия «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск».

Основные результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 65 работах, включая 25 научных статей в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ, а также 3 монографии и 8 патентов, 5 из которых являются патентами на изобретение и 3 патента на полезную модель.

**Структура и объем работы.** 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.

Диссертация Кондратенко Леонида Анатольевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена новая задача исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных соединениях энергоустановок, обусловленных сложными профилегибочными процессами. Диссертационная работа Кондратенко Леонида Анатольевича соответствует критериям, установленным Положением ВАК о порядке присуждения ученых степеней и званий.

Кондратенко Леонид Анатольевич является квалифицированным специалистом в области динамики, прочности машин, приборов и аппаратуры и заслуживает присуждение ему ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Научный консультант  
д.т.н., профессор,  
профессор кафедры № 906 «Машиноведение  
и детали машин» МАИ (НИУ)

« 04 » мая 2017г.



В.Г. Дмитриев

Подпись Дмитриева В.Г. заверяю:

декан факультета № 9



Л.Н. Рабинский