

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
машин, приборов и аппаратуры»**

На отзыв представлена диссертация в двух томах: в первом томе изложено 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, включающие оригинальные программы вычислений, описание экспериментов, расчеты трудоемкости операций, а также акты внедрения результатов проведенных исследований. В текст 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.

Диссертационная работа Кондратенко Л.А. выполнена на основании значительного объема теоретических и практических исследований, проведенных непосредственно автором или при его участии в творческом коллективе.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Кондратенко Леонида Анатольевича посвящена проблемам обеспечения повышенного ресурса, надежности и безопасности оборудования тепловых и атомных энергоустановок. Объект диссертационного исследования – неразъемные трубные соединения теплообменных аппаратов, изготовленные существующими технологиями закрепления: роликовым вальцеванием и гидравлической раздачей труб. Создание современных теплоэнергетических агрегатов, генерирующих большие мощности, требуют новых конкурентоспособных технологических решений.

Технология изготовления подобных конструкций, содержащих разные теплообменные трубы, включает операции, сопровождающиеся циклическими профилирующими процессами и связанными с ними

динамическими явлениями в технологическом оборудовании. Имеют место: сложное нагружение; неравномерная деформация металла в зоне контакта; концентрация технологических напряжений в окрестностях соединения, высокоградиентное напряженное состояние узла крепления, ведущее при определенных условиях к неплотному соединению элементов, образованию технологических дефектов в виде трещин, шелушения, коррозии и пр.

Существующие проблемы выбора той или иной технологии закрепления труб в трубной решетке включают ряд вопросов выполнения технических требований, важным из которых является применение материалов трубы и решетки с различными механическими свойствами, позволяющие обеспечить соединение с натягом путем упруго-пластического деформирования трубы, приводящего к увеличению ее диаметров и созданию требуемого контактного напряжения между сопрягаемыми поверхностями. При этом следует учитывать жесткие требования к качеству изготовления узлов крепления, которые должны обеспечивать прочность и герметичность соединения, а также предотвращать щелевую коррозию. Особенно высокое качество таких соединений необходимо в атомных энергоустановках.

Решение проблемы обеспечения стабильного высокого качества изготовления неразъемных трубных соединений с минимальными остаточными напряженными состояниями, обусловленными особенностями протекания профилегибочных процессов, становится особенно важным в обосновании прочности и надежности энергетических объектов.

Кроме этого, в настоящее время особенно остро встают вопросы создания новых конструкций теплообменных аппаратов с большим количеством труб, выполненных из перспективных материалов с применением биметаллических труб, однослойных труб разных размеров и форм, способных существенно повысить удельную мощность агрегатов. Для таких конструкций методы закрепления труб еще не разработаны вследствие отсутствия надлежащего инструментально-технологического комплекса. Назревшая необходимость внедрения инновационных технологий требует научно-обоснованного подхода и новых технических решений в производстве высокотехнологичных энергетических агрегатов.

В связи с этим разработка расчетно-экспериментальных методов исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях энергоустановок является актуальной задачей в создании отечественной конкурентоспособной теплоэнергетической техники, способствующей реализации ряда постановлений Правительства РФ о развитии энергетической отрасли.

Отсюда вытекает **актуальность** темы диссертационной работы.

Научная новизна работы Кондратенко Л.А. состоит:

- в теоретическом обосновании закономерностей деформирования теплообменных труб в операциях закрепления, определения условий перехода их в пластическое состояние и получении новых математических

моделей напряженно-деформированного состояния неразъемного соединения «труба – трубная доска» с учетом особенностей сложного силового взаимодействия профилигибочных процессов;

- в исследовании механизма деформации трубы при роликовом вальцевании;

- в разработке механики роликовой вальцовки, на основе которой получены уравнения кинематики, силовых взаимодействий и динамики работы, выявлено геометрическое проскальзывание роликов относительно трубы, ведущее к относительно высокочастотным колебаниям момента сопротивления, произведена оценка работоспособности инструмента;

- в получении новых математических моделей профилигибочного процесса роликового вальцевания и обосновании критерий вальцевания, выполнение которых обеспечивает требуемые качественные, прочностные и эксплуатационные характеристики узлов крепления труб, повышение надежности теплообменных аппаратов, импортнезависимости, производительности и улучшения условий труда изготовления и ремонта;

- в разработке нового аналитического метода определения остаточных напряжений. Полученное решение впервые построено для области многогнездного крепления труб с высокой степенью перфорации решетки без использования классической задачи приведения в силу сложного нагружения, обусловленного особенностями профилигибочных процессов;

- в проведении экспериментальных исследований динамики роликового вальцевания. Впервые получены экспериментальные зависимости окружных остаточных напряжений в трубах до и после вальцевания с использованием оригинальных методик и стендов;

- в разработке основ 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;

- в разработке нового метода исследования колебаний скоростей движения и напряжений в системе «привод – стержень – исполнительный орган», дающего 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;

- в разработке и применении на практике методологии исследований технологических напряжений и деформаций циклических профилигибочных процессов при закреплении ряда теплообменных труб.

- в получении патентов и внедрении в производство новых устройств и способов закрепления теплообменных труб.

Новизна технических решений подтверждена восьмью патентами.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций обусловлена проведенным анализом научно-технической

литературы по заявленной специальности и тематики диссертационной работы, выявлением особенностей профилегбочных процессов, контактных взаимодействий, механики и динамики инструментально-технологического комплекса, оказывающих существенное влияние на уровни технологических напряжений и деформаций, что во многом определяет прочность и герметичность неразъемного трубного соединения. Характеристики таких узлов крепления труб должны удовлетворять соответствующим техническим требованиям, которые после завершения операции пластической деформации трубы гарантировали бы надежное функционирование, как узла крепления, так и всего аппарата. Возникшая необходимость в новых математических моделях обусловлена слабой разработанностью методов и оборудования для закрепления труб. В особенности это касается новых трубных конструкций с резким изменением профиля в сечении, из новых материалов, включая многослойные и разнородные материалы. В этой связи разработка научно-обоснованных методов исследования технологических напряжений и деформаций в неразъемных трубных соединениях энергоустановок направлена на обеспечение надежности и безопасности теплообменных аппаратов. Этим определяется обоснованность положений и выводов диссертационной работы.

Результаты работы докладывались на различных международных и отечественных научно-технических конференциях. По теме диссертации автором опубликовано 64 научных работы, в том числе, 25 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 в журналах из перечня ВАК личный вклад диссертанта является определяющим. Математические модели и программы для ПЭВМ разработаны самим автором.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность полученных результатов и выводов определяется использованием проверенных теоретических методов исследований, основанных на теории упругости, механики сплошных сред, теории автоматического управления и др. Достоверность экспериментальных исследований обусловлена использованием современных аттестованных оборудования и средств регистрации, а также оригинальными испытательными стендами, адекватно отражающих исследуемые процессы.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

В диссертации получены важные научные результаты. Автор:
- разработал новые адекватные математические модели применительно к профилегбочным процессам закрепления и получил расчетные данные остаточных напряжений и деформаций в узлах крепления;

- впервые доказал отсутствие пластических деформаций в трубных досках с высокой степенью перфорации и многогнездными креплениями труб;

- установил, что степень прилегания трубы к стенке отверстия в изделии целесообразно оценивать по радиальному нормальному напряжению в зоне контакта между трубой и стенкой отверстия, что дает возможность применять рациональные технологии закрепления с минимальными уровнями технологических напряжений и деформаций.

- дал количественную оценку напряженного состояния элементов узла крепления теплообменных труб при роликовом вальцевании и гидравлической раздаче, обусловленного особенностями профилигибочных процессов, для случая многогнездного крепления труб с высокой степенью перфорации решетки;

- впервые исследовал динамику роликового вальцевания и установил закономерности силовых факторов в работе вальцовок при закреплении труб в отверстиях;

- впервые получил с помощью физического эксперимента осциллограммы процесса роликового вальцевания; эпюры остаточных напряжений в трубах до и после вальцевания;

- разработал новые конструкции вальцовочных машин, позволяющие повысить качественные характеристики узлов крепления труб, производительность труда и импортнезависимость.

Полученные научные результаты направлены на снижение уровней технологических напряжений, повышения стабильности требуемого качества изготовления, ресурса, надежности и безопасности АЭУ, обеспечение импортнезависимости, а также улучшения условия труда.

Результаты исследований апробированы на научных конференциях и симпозиумах различного уровня, включая международные, и нашли широкое применение в промышленности, о чем свидетельствуют акты внедрений. Теоретические положения и практические рекомендации могут найти свое применение в новых перспективных конструкциях теплообменных аппаратов, а также использоваться в других отраслях промышленности: в судостроении, нефтегазовой отрасли и пр.

Замечания по диссертационной работе:

1. В первой главе автор указывает причины образования дефектов, нарушающих сплошность материала в сварном шве, рис. 1.9 (с. 49). При этом автор не указал марки свариваемых сталей, и каким способом проводился макроанализ.

2. Во второй главе автор показал, что в ряде труб, поставляемых на сборку, имеют место значительные уровни окружных нормальных растягивающих остаточных напряжений, которые могут в принципе стать причиной быстрого выхода из строя аппарата вследствие коррозии труб. Однако при этом не говорится о других составляющих НДС: радиальных нормальных напряжениях, касательных напряжениях и пр.


3. В пятой главе приведен образец вальцованной трубы с сильным шелушением, но не указаны условия, при которых возник данный дефект.

4. В отдельных случаях количественных оценок размерность величин не соответствует системе СИ (гл. 3, с.119)

Сделанные замечания не влияют на положительную оценку диссертации.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема, имеющая важное хозяйственное значение, и отвечает всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года. Автор диссертации, Кондратенко Леонид Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Технология конструкционных материалов»
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
Государственный технический университет (МАДИ)»,


24.11.17

Белашова Ирина Станиславовна

Подпись Белашовой Ирины Станиславовны заверяю

Проректор МАДИ по научной работе



 Жанказиев С.В.

125319, Москва, Ленинградский проспект, 64
тел. 8(499) 155-03-71