

## ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук

Карцова Сергея Константиновича

на диссертационную работу Зуева Евгения Александровича

«Исследование напряженно-деформированного состояния и механизмов разрушения объектов тяжелого машиностроения», представленную на соискание

ученой степени кандидата технических наук по специальности

01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

**Актуальность темы.** Объекты тяжелого машиностроения такие как уникальные механические и гидравлические пресса, прокатные станы входят в состав производств, составляющих основу промышленного и оборонного потенциала России. Следует отметить усилия в прессовом и прокатном оборудовании при технологических процессах достигают десятка тысяч тонн. Большинство мощных тяжелых машин находится в эксплуатации 50 и более лет, с увеличением сроков эксплуатации усиливаются процессы морального и физического старения, встает вопрос о замене устаревших машин новыми. Но массы и габариты объектов тяжелого машиностроения достигают тысяч тонн и десятков метров, вследствие чего, замена таких машин в кратчайшие сроки является почти невыполнимой задачей. Поэтому сохранение и развитие потенциала тяжелого прессового и прокатного оборудовании возможно только при обеспечении надежности базовых деталей.

Диссертационная работа Зуева Евгения Александровича направлена на определение истинного напряженно-деформированного состояния, поиск возможных причин и предупреждение отказов в работе уникального прессового и прокатного оборудовании. Сказанное позволяет сделать вывод об актуальности проведенных исследований в диссертационной работе.

**Научная новизна.** Анализ основных полученных результатов, представленных в диссертационной работе, позволяет оценить высокую научную новизну проведенных обширных исследований в области обеспечения надежности объектов тяжелого машиностроения. Из результатов работы можно выделить:

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

1) Предложена и подтверждена на практике методика определения напряженно-деформированного состояния колонн гидравлических прессов, позволяющая контролировать уровень затяжки узлов «колонна – гайка – поперечина» методом электротензометрии;

2) Проверена на практике методика оценки запаса усталостной прочности применительно к базовым деталям объектов тяжелого машиностроения сложной геометрической формы, изготовленных из конструкционных сталей различных марок;

3) Предложена и реализована методика устранения концентраторов напряжений в технологических отверстиях литых поперечин;

4) Впервые в практической эксплуатации уникальных гидравлических прессов предложена, теоретически обоснована и реализована технология бандажирования разрезной гайки колонны с целью увеличения запаса прочности резьбового соединения и недопущения сползания с разрушенной коррозией колонны.

5) Разработана система непрерывной диагностики объектов тяжелого машиностроения, отслеживающая напряженное состояние, возможный рост усталостных трещин и контролирующая соблюдение проектных режимов работы.

**Теоретическая и практическая ценность и значимость работы** заключается в предложенных и обоснованных конструктивно-технологических решениях, которые обеспечивают прочность базовых деталей при увеличении силы, производительности и сроков эксплуатации объектов тяжелого машиностроения. Полученные результаты могут служить также основой для проектирования новых поколений тяжелых машин.

**Достоверность и обоснованность полученных результатов** подтверждается следующими положениями:

1) исследование моделей объектов тяжелого машиностроения проведено с использованием надежных и хорошо апробированных на практике методов расчёта с применением современных компьютерных программных комплексов;

2) точность численных расчетов проверяется на тестовых задачах, имеющих аналитические и экспериментальные значения;

3) полученные численные результаты для деталей сложной геометрии, не имеющих точного аналитического решения, проверяются на практике методом электротензометрии;

4) правильность технических решений, предложенных в диссертации, подтверждается дальнейшей безотказной работой базовых деталей, в которых были внедрены эти решения.

Диссертационная работа Зуева Е.А. состоит из 168 страниц машинописного текста, 115 рисунков, 6 таблиц, включает в себя введение, 4 главы, заключение и список публикаций и литературных источников из 68 наименований.

**Во введении**, в соответствии с требованиями, автором обосновывается актуальность темы диссертации; формулируются цели и задачи исследования; на основании полученных результатов обосновывается научная новизна исследований и теоретическая и практическая значимость работы; изложены с необходимыми обоснованиями основные методы исследований; приведены сведения об апробации результатов работы.

**В первой главе** представлены основные объекты исследования, приведены типы базовых деталей – станины, поперечины, колонны, гидравлические цилиндры, а также проанализированы и приведены примеры характерных разрушений базовых деталей. Проведен анализ большого количества дефектов и отказов в результате эксплуатации на десятках объектов прессового и прокатного оборудования в базовых деталях с концентраторами напряжений. Проведён анализ существующих методов определения напряженно-деформированного состояния, оценки усталостной прочности при циклических нагружениях конструкций, причин разрушения базовых деталей. На основе имеющихся данных сформированы выводы и поставлены задачи диссертации по поиску современных методов обеспечения надежности машиностроительного оборудования.

**Во второй главе** приведен анализ современных методов определения напряженно-деформированного состояния конструкций применительно к базовым деталям прессового и прокатного оборудования. Представлены требования для программных комплексов, приведены принципы и методики построения геометрических и конечно-элементных моделей базовых деталей с учетом концентрации напряжений.

Для подтверждения результатов, полученных с помощью численного решения, приводятся методики определения напряженно-деформированного состояния и поиска усталостных трещин, применяемые к реальному оборудованию.

Представлены анализ методов неразрушающего контроля и электротензометрии, применяемых для оценки напряженно-деформированного состояния базовых деталей оборудования тяжелого машиностроения, анализ пределов выносливости базовых деталей применяемые при определении запаса прочности на усталость

**В третьей главе** орабатывается использование методик, описанных во второй главе. Рассматриваются характерные случаи разрушения базовых деталей, выполняются численные расчёты, проводится контроль реального оборудования и предлагается проект модернизации, обеспечивающий дальнейшую безотказную работу объектов тяжелого машиностроения. Например, для гидравлических цилиндров приведены примеры модернизации, когда устраняются концентраторы напряжений такие как вспомогательные отверстия для датчиков, либо изменяется галтель перехода стенки цилиндра в днище. Для литых поперечин показан пример заваривания технологических окон во внутренних вертикальных ребрах. Для колонн определена зависимость запаса прочности резьбового соединения от процента поврежденной коррозией резьбы, а также предложена технология бандажирования гайки для увеличения запаса прочности и недопущения потери предварительной затяжки узла «колонна – гайка – поперечина». Для литых станин прокатных станов предложен вариант увеличения запаса прочности в зоне нажимного винта, выполняя изменение радиуса галтели в цеховых условиях.

**В четвертой главе** представлена система диагностики и контроля напряженно-деформированного состояния и предупреждения разрушений базовых деталей объектов тяжелого машиностроения. Основанная на совместной работе методик применения компьютерного моделирования и электротензометрии, приведенных во второй главе. Для определения возможной погрешности, проанализирована сходимость результатов, полученных данными методами, применительно к технологическому отверстию в литой поперечине сложной формы.

Применение системы диагностики позволяет контролировать напряженное состояние, возможный рост усталостных трещин, нарушение проектных режимов работы, а также накапливает расширенную статистику по характеру нагружения базовых деталей, которая может быть использована при проектировании новых поколений объектов тяжелого машиностроения.

**В заключении** перечислены результаты работы, составляющие основу проведенного исследования и имеющие научную новизну и практическую значимость.

Список опубликованных работ по теме диссертации составляет 15 наименований, из которых 3 работы в научных изданиях, рекомендованных ВАК.

**Содержание диссертации** полностью соответствует содержанию опубликованных работ. Следует отметить высокий уровень изложения материала и оформления диссертации.

**Апробация работы.** Результаты исследования доложены на ряде известных всероссийских и международных конференциях и симпозиумах. Число опубликованных научных работ соответствует рекомендациям ВАК.

**Автореферат** дает четкое представление о диссертации и в полной мере отражает ее содержание и проведенные исследования.

По диссертационной работе можно сделать некоторые замечания и пожелания:

- при анализе напряжений в гидроцилиндрах вблизи галтелей перехода днища и стенки (рис.44,45) при больших усилиях в 50Мн напряжения меньше чем при меньших усилиях в 35 МН;

- из краткого описания взаимодействия резьбовой части колонны и гайки не понятно, как задавалось контактное взаимодействие (рис.55);

- оценка максимальных напряжений базовых деталей с концентраторами напряжений осуществлялась в линейной постановке, оборудование работает и с появлением трещин, желательно дальнейшее прогнозирование раскрытия трещин;

- по результатам сравнения особенностей разнообразных расчетных программ МКЭ выбраны комплексы SOLIDWORKS Simulation и ANSYS, диагностический контроль напряжений осуществлялся современной многоканальной системой фирмы HBM (Германия), возможно, следует подумать о замене зарубежных систем на отечественные.

**Заключение по диссертационной работе.** Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки научных результатов работы и ее практической ценности. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Диссертация «Исследование напряженно-деформированного состояния и механизмов разрушения объектов тяжелого

машиностроения» выполнена на высоком уровне, а её результаты имеют народно-хозяйственное и оборонное значение.

Диссертация Зуева Евгения Александровича является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, которая полностью соответствует всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Зуев Евгений Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

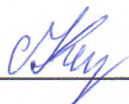
**Официальный оппонент:**

Профессор кафедры «Строительная механика»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный

государственный технический университет (МАДИ)»,

доктор технических наук - 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», старший научный сотрудник



Карцов Сергей Константинович

« 12 » мая 2022 г.

Подпись С.К. Карцова заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования

«Московский автомобильно-дорожный

государственный технический университет (МАДИ)»



(Зайцев С.В.)

Адрес: 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

Телефон: +7 (499) 155 03 03

e-mail: sopromat@madi.ru