



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО МОРСКОЙ ТЕХНИКИ**

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО «ЦКБ МТ «Рубин»,
доктор технических наук

И.В. Вильнит
«И» 06 2016 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Колесника Алексея Михайловича «Исследование влияния технологических факторов на прочность и устойчивость прочных корпусов подводной техники», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.08.01 – «Теория корабля и строительная механика» и 05.08.04 – «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства».

Актуальность темы

В связи с развитием вычислительной техники, средств математического аппарата и современных программных комплексов появилась возможность решения сложных и многосвязных задач, находящихся на стыке специальностей, рассмотрение которых ранее не представлялось осуществимым.

Потребность в анализе процессов холодного формообразования элементов прочного корпуса связана с особенностями освоения новых маломангнитных азотсодержащих сталей, для которых невозможно применение «горячих»

ФГУП «Крыловский
государственный научный центр»
«02» 06 2016 г.
входящий № 11974-2016

операций формообразования в связи с резким ухудшением заданных магнитных свойств.

В настоящее время нет полноценных исследований влияния предварительного пластического деформирования и остаточных технологических напряжений в совокупности с начальными несовершенствами формы оболочечных конструкций подводных объектов на показатели их прочности и устойчивости.

Совершенствование технологии холодного формообразования методом последовательного локального деформирования (ПЛД) элементов корпуса сложной формы, а именно – разработка аналитических методов определения параметров пружинения, способствующих подбору для судостроительного производства требуемой технологической оснастки, является актуальной задачей.

Цель работы

Цель диссертации заключается в определении эффективности работы элементов конструкций основного корпуса ПТС при использовании методов холодного пластического формообразования и совершенствовании производственных технологических процессов.

Основное содержание работы

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и списка используемой литературы. Основным программным средством, применяемым для численной реализации разрабатываемых подходов, служит ANSYS Mechanical APDL.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определяется цель, задачи, а также сформулированы результаты, обладающие научной новизной и выносимые на защиту. Первая глава посвящена обзору современного состояния проблемы оценки влияния методов холодного формообразования на прочностные характеристики оболочечных конструкций объектов ПТС. Во второй главе автором представлены основные результаты моделирования технологического процесса формообразования заготовок двойкой кривизны методом ПЛД. Глава 3 включает в себя результаты анализа

НДС элементов оболочных конструкций двойкой кривизны, сформированных методом ПЛД. Рассмотрены процессы деформирования при единичном нажатии с использованием конической матрицы и пуансонов с различными радиусами рабочей поверхности. Приведены результаты исследования НДС полномасштабного лепестка нижнего яруса концевой переборки ПТС. Глава 4 посвящена экспериментально-теоретическому исследованию влияния пластического деформирования на механические свойства высокопрочных корпусных сталей. В главе 5 автор приводит основные результаты оценки предельной статической прочности сферических оболочных конструкций, изготовленных в холодном состоянии методом ПЛД. В главе 6 рассматривается решение задачи оценки предельной статической прочности подкрепленных цилиндрических оболочных конструкций с учетом технологической наследственности. В заключении приводятся основные результаты и выводы диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечивается применением общепринятых основных положений теории упругости, теории пластичности, строительной механики, теории тонких оболочек, а также апробацией результатов работы изданием публикаций и обсуждением на международных и всероссийских конференциях.

Проведен сопоставительный анализ основных результатов, полученных при помощи средств современного математического моделирования, и результатов экспериментального исследования, выполненного в ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» в рамках работы «Проведение исследований и испытаний механических свойств металла сферическо-тороидальных штамповок концевых переборок, изготавливаемых методом локального холодного деформирования». Результаты экспериментальных исследований хорошо согласуются с результатами, полученными в работе соискателя, что

свидетельствует о достаточной точности выбранной модели физической и геометрической нелинейности деформирования корпусного материала.

В работе использованы результаты экспериментальных исследований корпусных материалов при знакопеременных нагрузках, выполненных в ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Результаты расчетов значений действительных критических нагрузок элементов ОК, полученных с помощью разработанного программного обеспечения, но без учета технологической наследственности, были сопоставлены и нашли хорошую сходимость со значениями полученными другими авторами. Отмеченное, также характеризует корректность разработанных алгоритмов построения математических моделей, в части расчета несущей способности изотропных оболочек нулевой и двоякой кривизны с наличием отклонений от правильной формы.

Степень новизны результатов исследования

Научная новизна диссертационного исследования состоит в том, что соискателем разработана методика оценки предельной статической прочности сферических и подкрепленных цилиндрических оболочечных конструкций, изготовленных в холодном состоянии, которая позволяет учесть влияние технологии холодного формообразования.

К новым научным результатам также следует отнести:

- определение закономерности изменения остаточной кривизны заготовок, изготовленных штамповкой в холодном состоянии методом ПЛД;
- разработку серии кривых для определения радиуса рабочей поверхности пуансона, применяемого при формообразовании элемента конструкции требуемого остаточного радиуса методом ПЛД;
- определение характера напряженно-деформированного состояния сформированных методом ПЛД с применением универсальной оснастки лепестков концевых переборок ПТС;
- получение на основе результатов экспериментального исследования поправочных коэффициентов к модифицированной диаграмме деформирования металлических материалов, позволяющих полностью описать

- поведение материала при смене знака нагружения в зависимости от величины предварительной пластической деформации;
- разработку подхода, позволяющего наиболее точно учесть изменение диаграммы деформирования материала после операций холодного формообразования;
 - разработку обобщенных кривых, позволяющих выполнить аналитические расчеты с учетом технологической наследственности значений действительных критических нагрузок оболочечных конструкций в зависимости от амплитуды и вида начальной погиби.

Значимость для науки и практики

В диссертационной работе решена прикладная задача для судостроительного производства по определению остаточного радиуса заготовок, изготовленных штамповкой в холодном состоянии методом ПЛД. Полученное решение позволяет обеспечить достаточно точное изготовление заводом-строителем элементов сферических конструкций при холодном формообразовании и исключить изготовление дополнительной дорогостоящей оснастки или использование в процессе холодного формообразования прокладок.

В процессе подготовки диссертационной работы автором в группе представителей АО «ЦТСС» была подана заявка на изобретение № 2015138514 от 09.09.2015 г.

Разработанные аналитические методы расчета предельной статической прочности и программное обеспечение позволяют исследовать различные соотношения параметров материала и оболочечных конструкций нулевой и двоякой кривизны в зависимости от относительного радиуса, амплитуды и формы начальной погиби, что фактически определяет возможность их использования, как при проектировании, так и при аттестации оболочечных конструкций прочных корпусов подводных объектов, изготовленных с использованием ресурсосберегающих технологий.

Реализация результатов работы

В соответствии с авторефератом материалы диссертационной работы были внедрены при выполнении научно-исследовательской работы «Перспектива-3» в ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы», СЧ ОКР «Барьер-К» совместно с ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей», а также СЧ ОКР «Оболочка-К» с АО «Центр технологии судостроения и судоремонта».

Публикации

По теме диссертации Колесником А.М. опубликовано 13 научно-технических статей (из них 8 в соавторстве), в том числе опубликованы 7 статей в изданиях, входящих в перечень учитываемых ВАК РФ при рассмотрении диссертационных работ. В рамках диссертационного исследования Колесником и др. была подана заявка на изобретение № 2015138514 от 09.09.2015 г.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 208 страниц печатного текста и включает в себя 114 рисунков и 15 таблиц. Список литературы содержит 152 наименования.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности

Рассматриваемая диссертационная работа имеет достаточно ясную структуру, выносимые на защиту положения являются обоснованными, выводы отвечают и отражают содержание диссертации, работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Содержание работы соответствует специальностям 05.08.01 – «Теория корабля и строительная механика» и 05.08.04 – «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства».

Предложенные автором диссертации решения аргументированы сопоставлением полученных результатов расчета действительных критических нагрузок сферических оболочек в рамках настоящей работы и критических нагрузок в соответствии с предложениями 2008 г. по корректировке «Правил

Регистра...», учитывающих приближенно влияние технологической наследственности и оценены по сравнению с приближенными рекомендациями по учету холодного формообразования «Правил...» Germanischer Lloyd (GL) – 2008. Приведенные в диссертации графики получены, видимо, на основе большего объема численных экспериментов.

Вместе с тем по выполненной работе можно сделать следующие **замечания:**

1. В автореферате и в диссертационной работе встречаются понятия основной корпус ПТС и прочный корпус ПТС. Представляется целесообразным привести указанную терминологию к одному варианту.

2. В диссертационной работе отмечено, что результаты внедрены в практику при выполнении НИР и ОКР «Перспектива-3», «Барьер-К», «Оболочка-К», но в списке литературы не приводятся ссылки на научно-технические отчеты, выпущенные по данным темам, и не конкретизированы задачи, решенные при участии автора.

3. Расчеты процессов пластического деформирования выполняются с применением программного комплекса ANSYS. Пакет прикладных подпрограмм разработан соискателем на встроенном в ANSYS макроязыке APDL. При выполнении крупных научных исследований одновременно привлекается несколько программных комплексов и решение задач выполняется в них параллельно с частичным (или полным) дублированием. Таким образом, в работе нет верификации комплекса ANSYS на базе других программных комплексов.

4. В диссертационной работе при использовании программного комплекса ANSYS не приведены результаты верификации конечно-элементных сеток, не указаны применяемые типы КЭ, не исследована чувствительность полученных результатов к параметрам КЭ сеток. Не указана рабочая версия пакета ANSYS.

5. При применении программного комплекса ANSYS нет указания на использование стандартной (встроенной) модели деформирования материала и не вполне ясно, как модифицированная кривая В.М. Рябова адаптирована под

стандартную модель ANSYS при обратном нагружении. Не отмечено, как кривая В.М. Рябова коррелируется с истинной диаграммой деформирования материала, традиционно вводимой в ANSYS в значениях истинных напряжений и деформаций.

6. При удалении припуска происходит снятие жесткости на контуре заготовки и, следовательно, происходит перераспределение внутренних усилий, деформаций и перемещений. Целесообразно смоделировать процесс удаления припуска и выполнить расчет на соответствующий шаг разгрузки.

7. Нет текстов программ, распечаток, блок схем, отражающих работу пакета прикладных подпрограмм, разработанных соискателем. Нет примеров работы этого пакета.

8. При исследовании вмятин на сферической оболочке не указан тип КЭ – линейный или параболический, в сочетании с характерным размером. Это важно для корректного учета краевого эффекта в оболочках.

9. Не указано влияние сварочных деформаций и напряжений на детали корпуса, полученные локальным пластическим деформированием в холодную. Здесь интересно влияние температуры в зоне термического влияния на структуру материала и величины остаточных напряжений, возникающих при гибке.

10. В продолжение работы соискателю рекомендуется разработать диаграммы прямого и обратного нагружения, представленные посредством модифицированной кривой В.М. Рябова с возможностью обратного нагружения, для наиболее распространенных материалов, включая титановые сплавы. Данные диаграммы актуальны для использования в расчетной практике бюро-проектанта.

Указанные замечания не снижают ценность выполненной диссертационной работы для науки и практики судостроения.

Автореферат диссертации соответствует основным ее положениям и раскрывает основные научные результаты диссертационного исследования.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с действующими стандартами.

Заключение

Диссертация Колесника Алексея Михайловича «Исследование влияния технологических факторов на прочность и устойчивость прочных корпусов подводной техники» является законченной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получен ряд новых результатов в области создания объектов подводной техники, разработки новых методов расчета прочностных характеристик корпуса и корпусных конструкций с учетом влияния используемых при их изготовлении перспективных ресурсосберегающих методов, а также совершенствования технологических процессов и технологического оборудования.

На основании изложенного АО «ЦКБ МТ «Рубин» считает, что диссертационная работа Колесника А.М. соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», (утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор Колесник Алексей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.08.01 – «Теория корабля и строительная механика» и 05.08.04 – «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства».

Отзыв составили:

Главный конструктор по корпусу –
Заместитель главного инженера

М.В. Макаров

Начальник отдела прочности
кандидат технических наук

А.Б. Кравец

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам проведенного обсуждения автореферата и диссертации на заседании отдела прочности 27 мая 2016 года, Протокол № БЛИЦ.34-005-2016.

Ученый секретарь
кандидат технических наук

С.В. Лозовский