

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОГО РАДИАТОРА, ЯВЛЯЮЩЕГОСЯ СОСТАВНОЙ ЧАСТЬЮ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРО И РАДИОЭЛЕМЕНТОВ**

*Е.А. Алфёрова, к.физ.- мат.наук., доц.,*

*М.А. Першина, студент гр. 4АМ01*

*Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр.Ленина, 30*

Email: [spersi930@gmail.com](mailto:spersi930@gmail.com)

Особая роль в развитии машиностроения отводится освоению новых методов проектирования и автоматизированных технологических процессов изготовления изделия и доведение его функциональных свойств до совершенства. В данной работе рассматривается конструкторское изделие - герметичный медный радиатор, используемый как составная часть системы водяного охлаждения электро и радиоэлементов, входящий в состав оборудованной стойки на подводную лодку. Основная функциональная задача данного радиатора - обеспечение теплоотвода от плат и радиоэлементов.

Радиатор изготавливается из медной плиты листа ГПРХХ, так как медь является отличным проводником тепла. При изготовлении, согласно ГОСТ 859-2001, используется только чистейшая медь марки М1 (содержание чистой меди должно быть не менее 99,90%). Оставшуюся массовую долю составляют примеси висмута, железа, никеля, олова, цинка, сурьмы, мышьяка, свинца, серы, кислорода, фосфора и серебра [1].

Радиатор с заданными параметрами давления в 10 АТМ спроектирован, изготовлен и уже долгое время активно применяется на производстве. Но с увеличением нагрузки давления до 20 АТМ возникла необходимость в модернизации конструкции медного герметичного радиатора охлаждения так как в процессе экспериментальных испытаний радиатора происходит: нарушение герметичности, выдавливание стенок и вытекание охлаждающей жидкости.

В связи с выявленной проблемой возникла необходимость спроектировать новую конструкцию радиатора, которая бы отвечала новым условиям работы. В результате работы необходимо обеспечить требуемые функциональные показатели при испытаниях и в условиях эксплуатации на подводной лодке (изменяющиеся в зависимости от сезона года значения температуры, скачки давления, вибрационные нагрузки на этапе ввода в эксплуатацию, сохранить коррозионную устойчивость металлической конструкции при не постоянной относительной влажности воздуха) [2].

В работе методом конечных элементов был проведен расчет напряженно - деформированного состояния радиатора при давлении 20 АТМ, особое внимание было уделено болтовым соединениям. Расчет проводился в программном комплексе Solid Works Simulation.

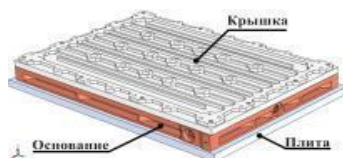


Рис.1. Трехмерная модель радиатора.

Нагрузка задавалась на внутренние поверхности крышки радиатора 1 и основания радиатора 2 (рис. 1). При натурных испытаниях фиксация радиатора не производилась, поэтому в трехмерной модели присутствует плита, выполняющая роль «опоры» на которой расположен радиатор. Плита жестко зафиксирована. Граничное условие между соприкасающимися деталями (основание крышка и плита) задано контактом «без проникновения».

На рис. 2 показано распределение эквивалентных (по Мизесу) напряжений. Из полученных расчетов видно, что максимальные напряжения сосредоточены около болтовых соединений, при этом эквивалентные напряжения превышают предел текучести материала.

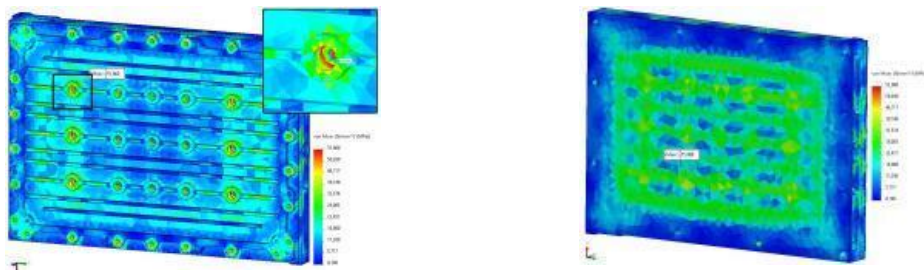


Рис. 2. Распределение напряжений von Mises, МПа, на внешней стороне основания радиатора.

Анализ результатов полученных для имеющейся конфигурации радиатора при нагрузках в 20 АТМ показал, что данная нагрузка является избыточной, поскольку в модели возникают пластические деформации, что не допустимо.

Таким образом, необходимо изменить конструкцию медного радиатора, сделать его конструкцию монолитной и применить технологию перекрёстного глубокого сверления. Это позволит исключить пластическую деформацию, которая была на болтовых соединениях. Данное решение позволит также уменьшить себестоимость изделия за счёт использования одного элемента в данной конструкции. Так же предложенное конструктивное решение позволит улучшить эксплуатационные характеристики, а именно повысить рабочее давления до требуемых атмосфер (рис. 3, рис.4).

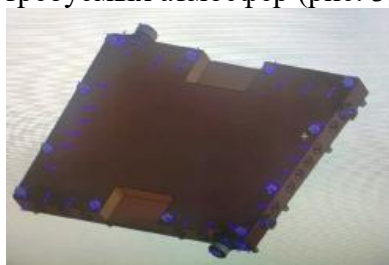


Рис. 3. Модернизированный медный радиатор.

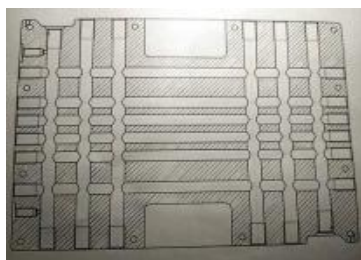


Рис. 4. Чертеж Модернизованного медного радиатора с помощью программного комплекса Solid Works Simulation.

#### Список литературы:

1. Медь М1: состав, характеристики, применение медного сплава М1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ntcm.ru/info/med-m1/> (Дата обращения 29.06.2021).
2. Отличительные особенности медного и алюминиевого радиатора. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://sakhkor.ru/materialy/что-лучше-отводит-тепло-мед-или-алюминий.html> (Дата обращения 29.06.2021).