

Зверев Артём Алексеевич,
инженер каф. «Турбины и двигатели»,
Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
Zverev Artem, engineer of Department of «Turbines and engines»,
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,
620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia

Желонкин Николай Владимирович,
к.т.н., ведущий научный сотрудник, доцент каф. «Турбины и двигатели»,
Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19
Zhelonkin Nikolay, candidate of technical sciences, leading researcher,
associate professor, Department of «Turbines and engines»,
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,
620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia

**РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТРУБНОГО ПУЧКА
ДЛЯ САЛЬНИКОВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ТИПА ПС-115
DEVELOPMENT OF AN IMPROVED
PIPE TUBE FOR SALTIC HEATER TYPE PS-115**

Аннотация: Описана конструкция серийного U-образного сальникового подогревателя ПС-115 турбины К-300-240 Ириклинской ГРЭС и описаны конструкторские решения для внедрения новой трубной системы с профильными витыми трубками, выполненными из нержавеющей стали марки 12X18H10T.

Abstract: The design of a serial U-shaped stuffing heater PS-115 turbine is described and design solutions are introduced for the introduction of a new pipe system with profile twisted tubes made of stainless steel.

Ключевые слова: сальниковый подогреватель; трубный пучок; паровая турбина.

Keywords: packing heater; tube bundle; steam turbine.

Одним из элементов системы регенерации паротурбинной установки с турбиной К-300-240 является сальниковый подогреватель, представляющий собой теплообменный аппарат поверхностного типа, который используется в качестве охладителя паровоздушной смеси, поступающей из уплотнений турбины. Вследствие износа уплотнений турбины, для обеспечения их нормальной работы, требуется подавать больше пара. Большой расход пара поступает в сальниковый подогреватель и приводит к ускоренному износу основного элемента теплообменника – трубного пучка. Серийный сальниковый подогреватель ПС-115 выполнен из U-образных латунных трубок (материал Л68). Опыт эксплуатации показал, что из-за высоких скоростей пара в месте подвода его от уплотнений наблюдается эрозионный износ теплообменных трубок и нарушение их герметичности (рис.1).





Рис.1 Эрозионный износ трубного пучка

Для повышения надежности в подогревателе предлагается установить теплообменные трубки из нержавеющей стали материала 12Х18Н10Т.

Нержавеющая сталь такой марки имеет более низкий (примерно в 6,5 раз) коэффициент теплопроводности, чем латунные сплавы, что приведет к понижению охлаждающей способности теплообменника и необходимости разработки мероприятий для поддержания уровня теплопередачи.

При изготовлении надежных кожухотрубных теплообменных аппаратов применяют комбинированные способы соединений трубок с трубными досками – вальцевание и сварка. Однако данный вид соединения очень трудоемкий и требует высокой квалификации рабочих. Для модернизированного ПС-115 предлагается использовать перспективный вид соединения трубок с трубными досками (представлен на рис. 2), основанный на применении кольцевых уплотнительных элементов (кольцевых рельефов), сформированных из металла трубной доски, который является достаточно простым, повышающим надежность соединения, существенно не изменяя традиционную технологию изготовления аппаратов.

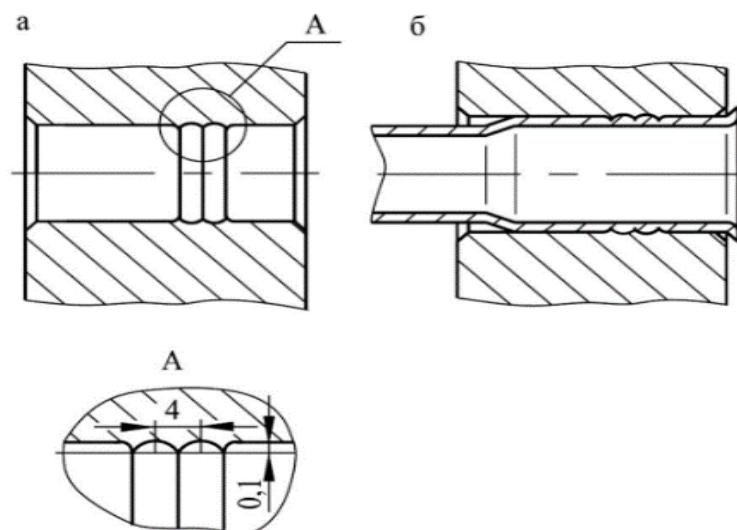


Рис. 2. Способ крепления трубок в трубных досках: а – отверстие с кольцевыми рельефами в трубной доске, б – развальцовка трубки в отверстии с кольцевыми рельефами



При радиальном деформировании трубки, вставленной в отверстие трубной доски, кольцевой уплотнительный элемент (в дальнейшем — кольцевой рельеф) упруго-пластически внедряется в материал трубки, что приводит к локальному повышению контактного давления и, как следствие, к повышению герметичности и прочности соединения. Этот способ достаточно прост и легко вписывается в существующую технологическую цепочку, как при изготовлении новых аппаратов на заводах, так и при их ремонтах с заменой трубок на электростанциях.

Вместе с тем, при разработке новой конструкции трубного пучка подогревателя необходимо поддерживать уровень теплопередачи на высоком уровне, так как замена материала трубок с латуни на нержавеющую сталь привела к понижению коэффициента теплопроводности трубок. Поэтому при конструктивно ограниченном объеме, повышение тепловой эффективности аппарата можно обеспечить применением профильных витых трубок. Профильная витая трубка представлена на рис. 3.

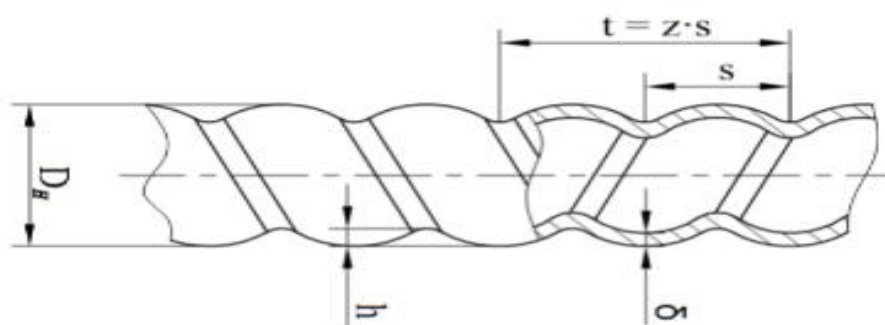


Рис. 3. Профильная витая трубка

В итоге, в старом корпусе сальникового подогревателя ПС-115 был реализован новый более эффективный и надёжный трубный пучок (представлен на рис. 4) теплообменного аппарата паротурбинной установки с турбиной К-300-240. После сборки новой трубной системы и установки в корпус были проведены необходимые гидравлические испытания, аппарат отправлен и смонтирован на станции. После ввода в эксплуатацию сальникового подогревателя ПС-115 с новой трубой системой на Ириклинской ГРЭС была подтверждена правильность принятых конструктивных решений.



Рис. 4. Новый трубный пучок ПС-115



Список литературы:

1. Современный уровень и тенденции проектирования и эксплуатации подогревателей системы регенерации паровых турбин ТЭС и АЭС (учебное пособие) Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, М.А. Ниренштейн, И.Б. Мурманский, Н.В. Желонкин, Екатеринбург, 2019.
2. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок/ под общ. ред. Ю. М. Бродова; Екатеринбург: УрФУ, 2012.
3. Теплообменники энергетических установок: учебник для вузов / К.Э. Аронсон, С.Н. Блинков, В.И. Брезгин [и др.]; Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2014. 830 с.

