

Маслоохладители паровых турбин электростанций с пористыми элементами

Александр Генбач, Карлыгаш Олжабаева, Христо Белоев

The oil coolers of steam turbines at power stations with porous elements. It is developed oil coolers on porous elements for power stations. It allows to exclude hit oil in water and water in is carried out by porous system. In pipes it is placed flexible turbulizer. Oil cooling is carried out by porous system. The pair is utilized warmly. Reliability and service life of oil coolers raises.

Серьезной проблемой на тепловых электростанциях (ТЭС) является загрязнение воды и почвы нефте – и маслопродуктами. Не менее опасны на ТЭС “тепловые загрязнения” [1-2].

Требуется разработка и исследование устройства для охлаждения масла в турбоустановках с использованием пористых элементов [3-4].

Такое техническое решение должно обеспечить высокие теплотехнические показатели и, что самое главное, исключить загрязнение водного бассейна нефте – и маслопродуктами и попадание воды в масло. Наличие воды в масле резко снижает его технические качества и создает опасность возникновения аварийных ситуаций, так как эмульгированное масло обладает низкими смазочными свойствами и повышенной способностью к поглощению кислорода. Поэтому согласно правилам техники безопасности давление масла в системе должно превышать давление охлаждающей воды [1].

Маслоохладители паровых турбин по конструктивным признакам подразделяются на кожухотрубные (гладкотрубные), ребристо-трубные, с турбулизаторами, пластинчатые и специальные (змеевиковые, витые и др.). Наиболее широкое распространение получили кожухотрубные многоходовые маслоохладители. Охлаждающая вода в них протекает в трубных секциях, состоящих из латунных трубок, а масло, охлаждаясь, многократно обтекает трубную систему за счет направляющих перегородок.

Существующая проточная схема охлаждения масла в турбоустановках не обеспечивает достаточной герметизации вальцовочных соединений. За счет утечек масла через неплотности происходит загрязнение нефтепродуктами источников технического водоснабжения.

К сожалению, на современных тепловых электростанциях сбрасывается значительный объем воды (около 1,5 кг/с на один турбоагрегат и столько же от механизмов вспомогательных устройств), содержащей порядка 100 мл/л нефтепродуктов. С целью снижения загрязнения сточных вод вынуждены выделять маслоохладители в замкнутый контур охлаждения. И все же следует признать, что проточная водяная система охлаждения масла не может удовлетворять возрастающим требованиям к охране водного бассейна.

Предлагаемая нами капиллярно-пористая система охлаждения исключает попадание нефтепродуктов в источник водоснабжения, а охлаждающей жидкости – в систему маслоснабжения. При этом сохраняется высокий коэффициент теплоотдачи со стороны хладагента и увеличивается – со стороны теплоносителя (масла). Равномерность температурного поля позволит стабилизировать температуру масла. Значительно сокращается объем оборотного хладагента (в 60 – 70 раз). Техническое решение обеспечивает простоту, надежность конструкции, ее унификацию.

Испарители пористых элементов активно отбирают тепло горячего масла и по транспортнй зоне передают его в конденсационную часть, где происходит передача теплоты охлаждающей воде. Тепло, переданное воде, может утилизироваться.

Таким образом, описанная схема позволяет решать проблему охраны окружающей среды в двух аспектах: очистка сточных вод и почвы от загрязнения маслопродуктами и использование низкопотенциального тепла.

Представляет интерес разработать экологически чистый маслоохладитель, который явится дальнейшим развитием теплообменников трубчато – ребристого типа, которые широко применяются в различных отраслях техники, например, в системе смазки паровых и газовых турбин [3, 4].

Известны трубчато – ребристые теплообменные элементы с наружным проволочным оребрением. Вода движется внутри трубок, масло – в продольных каналах, образованных специальными вставками, закрывающими промежутки между соседними оребренными трубками. Оребрение трубок выполняется с помощью волнистой стальной ленты и медной проволоки в виде низких спиральных ребер. При прочих равных условиях, по сравнению с гладкими трубами, такие маслоохладители имеют почти в 5 раз меньшие габариты и в 2,7 раза меньшие расходы цветного металла.

Описанные трубчато – ребристые теплообменные элементы компонуются в кожухотрубных маслоохладителях, в которых для компенсации удлинения трубок верхняя трубная доска выполняется подвижной. Для уплотнения трубной доски применяется мембранное уплотнение кольцевого типа. Однако даже эти наиболее совершенные маслоохладители характеризуются сложностью конструкции, трудностью в достижении надлежащей герметичности и нередким ее нарушением.

Обычно давление масла в охладителях поддерживается выше давления охлаждающей воды. В случае разгерметизации масло попадает в воду и загрязняет водный бассейн и почву, велики расходы охлаждающей воды, тепло которой не используется и является “тепловым загрязнением” природы. Следует отметить, что коэффициент теплопередачи в гладкотрубных охладителях обычно равен $(150-180) \text{ Вт/м}^2\text{К}$, а гидравлическое сопротивление по маслу – $(1 \div 4) \cdot 10^4 \text{ Па}$ и по воде – менее 10^4 Па . Особо подчеркнем, что в гладкотрубных маслоохладителях коэффициент теплоотдачи со стороны масла в $(10-20)$ раз меньше, чем с водяной стороны и это предопределяет их большие габариты и металлоемкость [1].

В теплообменниках, работающих в условиях избыточного давления вязкой среды (например, турбинного масла) в качестве теплообменного элемента используются трубы с односторонним внутренним оребрением, однако в этом случае велико гидравлическое сопротивление внутреннего оребрения элемента, а также существенно различаются величины коэффициентов теплоотдачи с обеих сторон.

Наиболее близким техническим решением является теплообменный элемент [2], включающий входной и выходной патрубки, прямую круглую трубу, оребренную внутри гофрированной лентой, между гофрами которой размещена гофрированная проставка с гофрами меньшей высоты.

Это позволяет получить каналы, имеющие одинаковый гидравлический диаметр. Такой теплообменный элемент обладает устойчивым геометрическим расположением гофрированной ленты в трубе и, следовательно, обеспечивает стабильные тепловые и гидравлические характеристики.

Однако он обладает и рядом существенных недостатков. К ним следует отнести сложность конструкции и технологии изготовления, жесткость системы, исключающую получение гнутых (змеевидных) форм трубы, неразборность, что затрудняет ремонт и чистку труб, велики расходы охлаждающей жидкости, тепло которой не утилизируется и загрязняет окружающую среду, высокое гидравлическое сопротивление.

С целью интенсификации теплопередачи и защиты биосферы от загрязнений, внутри маслопроводных труб нами предлагается разместить гибкий турбулизатор, состоящий из троса, в который по его длине вплетены разветвления со сплетенными

проволочками из высокотеплопроводного металла, концы которых упираются во внутренние стенки труб и ориентированы против потока. Разветвления превышают на (25...30)% внутренний диаметр маслоспроводной трубы. Охлаждение масла осуществляется пористой системой.

На рис.1 представлены маслоохладитель (а) и капиллярно – пористый элемент охлаждения (б); на рис.2 показано соединение и сопряжение теплообменных деталей в капиллярно – пористой системе охлаждения, а на рис.3 – схема соединений теплообменных элементов системы охлаждения в батарее.

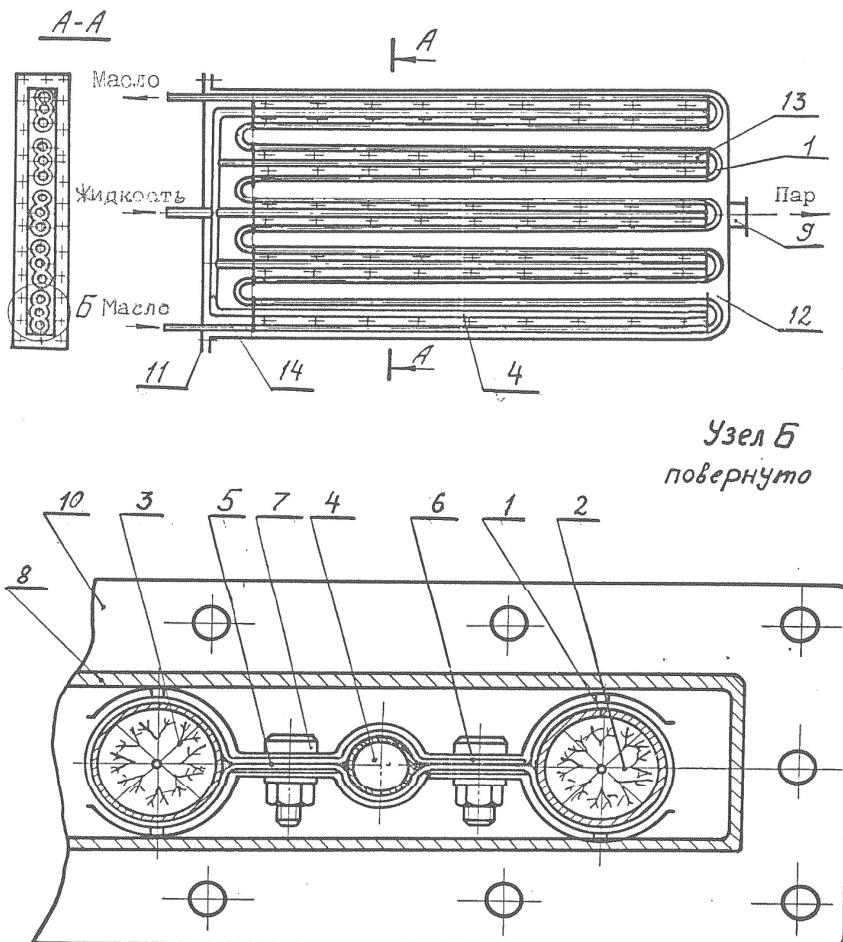


Рисунок 1

Маслоохладитель (а); капиллярно – пористый элемент охлаждения (б)

1 – труба; 2 – гибкий турбулизатор; 3 – разветвления; 4 – артерия; 5 – капиллярно – пористая структура; 6 – прижимная пластина; 7 – болт; 8 – кожух; 9 – горловина; 10 – фланец; 11 – крышка; 12 – полость; 13 – направляющая пластина.

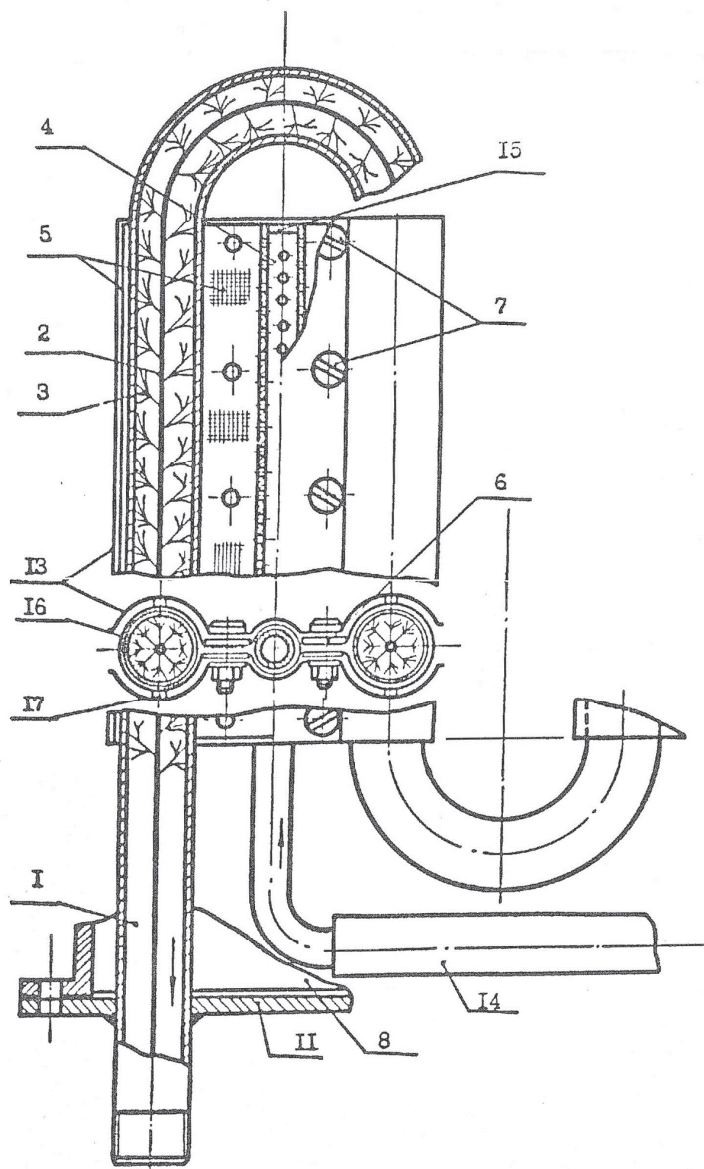


Рисунок 2 – Соединение и сопряжение теплообменных деталей в капиллярно – пористой системе охлаждения (обозначения см. на рис.1)

14 – коллектор; 15 – заглушка; 16 – зазор; 17 – распорки;

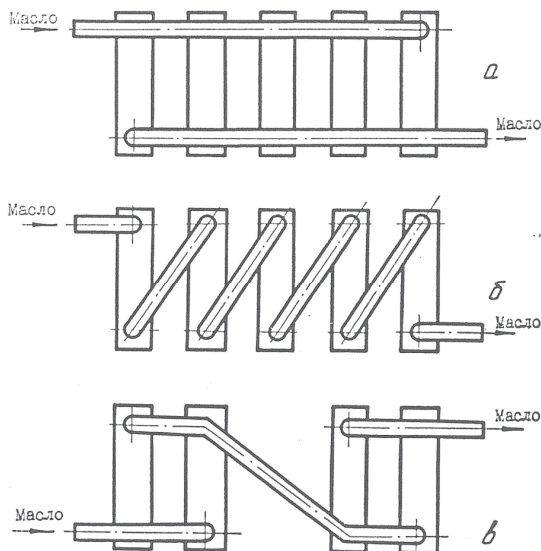


Рисунок 3 – Схема соединений теплообменных элементов капиллярно – пористой системы охлаждения в батарее

Выполнение пористой структуры 5 в виде сеток, устанавливаемых на наружной поверхности труб, обеспечивает подсосывание жидкости за счет капиллярных сил к охлаждаемой стенке трубы 1 и интенсивной отвод пара из ячеек структуры.

Пористая структура 5, насыщенная охлаждающей жидкостью, поступающей из водоподающей трубы 4 с отверстиями, плотно облегает наружную поверхность горячих труб с помощью прижимной пластины 6 и болтов 7. Гибкий турбулизатор 2 с высокотеплопроводными ответвлениями 3 позволяет увеличить коэффициент теплообмена со стороны теплоносителя. За счет процесса парообразования структуры 5 активно отводит поток пара из зазора 16, образованного с направляющей пластиной 13, в полость 12 кожуха 8. Пар из горловины 9 по паропроводу может направляться для утилизации, либо в конденсатор. Охлаждающая жидкость из коллектора 14 поступает в канал 4 вплоть до заглушки 15 и равномерно распределяется по порам и капилляром структуры 5.

Распорки 17 служат упорами, препятствующими прогибу боковых стенок кожуха 8, который с помощью фланца 10 герметично соединяется с крышкой 11.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Теплообменник полезен для охлаждения масла, подогрева мазута, поскольку исключает опасность попадания одной среды в другую, что приближает производство к экологически чистому. Путем размещения внутри маслопроводных труб гибкого турбулизатора, в трос которого вплетены проволоочки из высокотеплопроводного металла, концы которых упираются во внутренние стенки труб и ориентированы против потока, техническое решение позволяет упростить конструкцию, т.к. теплообменный элемент не содержит сложных систем уплотнений и профилированных каналов в трубе. Гибкий турбулизатор представляет простое,

технологичное и надежное устройство, которое легко очищать от загрязнений в условиях производства.

Расчеты показывают, что гидравлическое сопротивление по охлаждающей жидкости уменьшается в 4,1 раза. Коэффициент теплообмена со стороны масла и пара будут максимально приближены друг к другу, что является достаточным условием достижения максимальной величины коэффициента теплопередачи, равного $816,6 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, а, следовательно, это приводит к уменьшению габаритов теплообменника в 1,2 раза и металлоемкости в 1,1 раза, а значит, сокращает капитальные затраты. Превышение разветвлений, вплетенных в трос, более чем на (25...30)% не улучшит упругость гибкого турбулизатора, а лишь приведет к перерасходу металла. Меньший размер разветвлений по отношению к диаметру маслопровода не обеспечивает надлежащей упругости турбулизатора [5,6].

Отвод тепла с помощью процесса парообразования позволяет утилизировать тепло пара, а также сократить расход охлаждающей жидкости в 193 раза по отношению к однофазной системе охлаждения. Защита биосферы достигается за счет устранения возможности попадания масла в воду и воды в масло, что также повышает надежность работы турбоустановки, сбережения природных ресурсов (воды и масла).

Экономический эффект от внедрения предложенного теплообменного элемента будет иметь место за счет уменьшения габаритов в 1,2 раза при данной производительности, достигнутых при интенсификации процесса теплопередачи, массы – в 1,1 раза, сокращаются затраты энергии на перекачку воды за счет уменьшения ее расхода в 193 раза и гидравлического сопротивления в 4,1 раза, что уменьшает капитальные затраты. Упрощение конструкции устройства (нет сложных профилированных элементов) приведет к сокращению эксплуатационных расходов. В целом, повысится надежность и срок службы теплообменного элемента. Утилизация тепла пара дает экономический эффект не менее 39,7 тысяч \$ в год на один турбоагрегат мощностью 300 МВт.

Социальный эффект достигается за счет защиты биосферы от загрязнения водного бассейна и почвы, сбережения природных ресурсов (масла) и незаменимого источника жизни на земле – воды, а также происходит оздоровление микроклимата на рабочих местах ТЭС.

В целом, теплообменник позволяет сократить металлоемкость, затраты энергии, упростить условия эксплуатации, обеспечить безопасность труда и защиту окружающей среды (социальный эффект).

Литературы

- [1]. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002 – 540 с.
- [2]. Тепловые и атомные электростанции: Справочник, книга. 3/ Под ред. А.В. Клименко и В.М. Зорина. – 3-е изд. – М.: МЭИ, 2003. – 645с.
- [3]. Генбач А.Н., Генбач А.А. Перспективы применения пористых систем на тепловых электрических станциях // Деп. рук. Винити, 1988. - №1 (195) – С. 190 – (КазНИИНТИ. – 1987, № 1819. – 123 с.).
- [4]. Генбач А.А. Тепломассоперенос в пористых системах, работающих в поле массовых сил // Доп. Рук. Винити. – 1989 - №9 (215) – С. 168 – (КазНИИНТИ. – 1987. - №2649 – 272 с).
- [5]. Поляев В.М., Генбач А.А. Расчет тепловых потоков в пористой системе охлаждения // Известия вузов. Авиационная техника. – 1992. №2 – С. 71-74.
- [6]. Поляев В.М., Генбач А.А. Интенсивность теплообмена пористой системы в гравитационном поле // Известия вузов. Энергетика. – 1993. № 1 – 2 – С. 91 – 95.

- [7]. Поляев В.М., Генбач А.А. Применение пористой системы в энергетических условиях // Промышленная энергетика. – 1992. №1 – С. 40-43.
- [8]. Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. – 1992. Т.38, №6. – С. 105-110.

About the authors:

Professor Dr. Sc. Alexander Genbach, Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Kazakhstan, katerina-1@rambler.ru; cell phone: +78727 2630601;

Ph.D. Student, Olzhabayeva Karlygash, Almaty University of Power Engineering & Telecommunications, Kazakhstan, karla210784@mail.ru ; cell phone: +77786695071;

Professor Dr. Sc. Hristo Beloev, University of Ruse, Ruse, Bulgaria, hbeloev@uni-ruse.bg; cell phone: +35982888240 .

This paper has been reviewed.