

УДК 621.1.013

И.А. МИХАЙЛОВА, ассистент НТУ «ХПИ», г. Харьков
А.С. БАБЕНКО, студентка НТУ «ХПИ», г. Харьков

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА РАЗМЕРЫ ПВД И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕГО РАБОТЫ

Представлений анализ впливу зміни геометричних п таких, як: відносний крок труб S/d_z , діаметри труб змійовиків d_z на ефективність роботи ПВД турбоустановки К-500-240 по зонах підігріву.

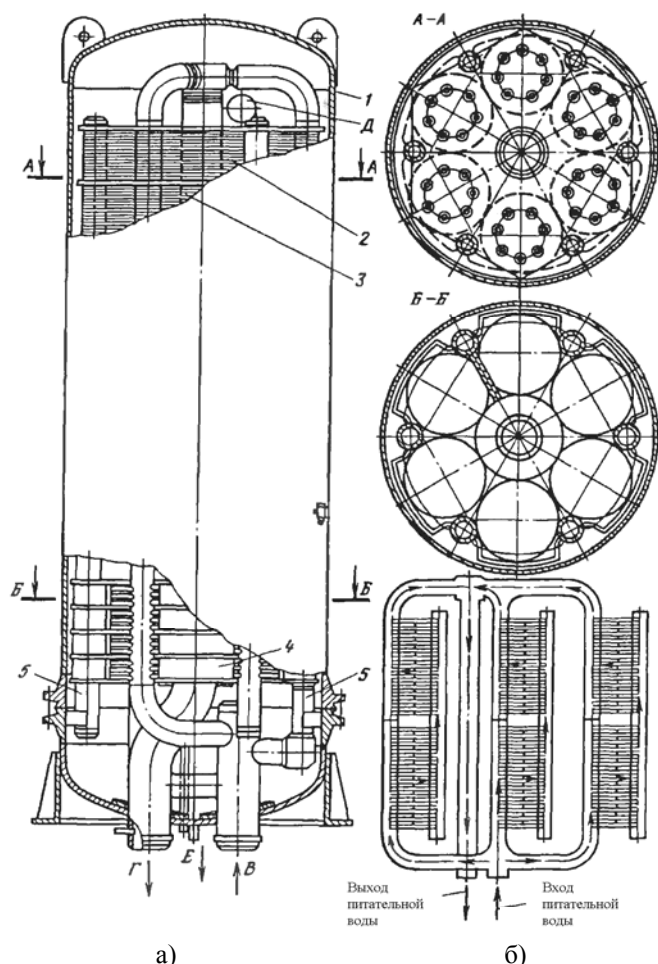
The evaluation of effect of change of geometrical characteristics in PV-2300-380 of such, as was conducted in this work: relative step of ducts of S/d_z , diameters of ducts of grids of d_z on efficiency of work of heater high-pressure turbine of K-500-240 in the areas of heating.

Высокая экономичность турбоустановки в значительной мере определяется развитой системой подогрева конденсата и питательной воды паром отборов турбины до температуры на входе в котел. Эффективное использование теплоты отборов обеспечивается применением подогревателей с относительно низкими температурными напорами, реализацией теплоты перегрева пара в пароохладителях, а также благодаря встроенным охладителям дренажей греющего пара ПВД.

Подогреватели высокого давления типа ПВ – это теплообменные аппараты с коллекторно-спиральными системами и поверхностью теплообмена, образованной из навитых в плоские спирали труб змеевиков, присоединенных к коллекторам. Для блоков мощностью 500 МВт применяются ПВ с одноплоскостными змеевиками. Использование одноплоскостных спиралей вызвано необходимостью увеличения общего проходного сечения змеевиков для потока питательной воды с увеличением ее расхода и сохранения габаритных размеров подогревателя. Поверхность теплообмена размещена в корпусе и омывается снаружи греющей средой. По спиральным трубам организовано движение питательной воды.

В традиционной компоновке ПВД горизонтально расположенные спиральные змеевики собраны в вертикальные колонны, концы труб змеевиков приварены к вертикальным раздающему и собирающему коллекторам. Аппарат разделен на три зоны по видам теплообмена: зона охлаждения пара (ОП), зона собственно подогрева пара (СП) и зона охлаждения конденсата (ОК). Верхняя часть змеевиков заключена в герметичный кожух и омывается перегретым паром, средняя наибольшая часть поверхности теплообмена воспринимает тепло конденсации пара, нижние змеевики также заключены в кожух и образуют зону охладителя конденсата.

При проектировании теплообменных аппаратов стремятся минимизировать поверхность теплообмена и металлоемкость. Известно, что удельная металлоемкость и компактность ПВД с поверхностью теплообмена из труб $\varnothing 32$ мм составляет соответственно 60–80 кг/м² и 20–30 м²/м³, а для ПВД с поверхностью теплообмена из труб $\varnothing 22 \times 3,5$ мм, соответственно 40–50 кг/м² и 36–40 м²/м³. Таким образом, изменение диаметра труб на 32 % приводит изменению металлоемкости и компактности соответственно на 33–37,5 %. Поэтому актуальной является задача оптимально выбора диаметра труб для ПВД в указанном диапазоне.



а) общий вид; б) – схема движения воды в трубной системе; В – вход питательной воды; Г – выход питательной воды; Д – вход греющего пара; Е – отведение конденсата; 1 – корпус; 2 – спиральный змеевик; 3 – перегородки трубной системы; 4 – охладитель дренажа; 5 – каркас-коллектор трубной системы

Рис. 1. Подогреватель высокого давления ПВ-2500-380

подогрева (СП) проходит весь поток воды, а через ОП только часть его, ограниченная установленными в коллекторах диафрагмами. В собирающем коллекторе вода, которая прошла ОП, смешивается с основным потоком воды и отводится в последующий подогреватель.

Для оптимизации поверхности теплообмена было выполнено две серии расчетов ПВД, в которых варьировались относительный шаг и наружный диаметр змеевика.

Анализ результатов первой серии расчетов показал, что увеличение относительного шага от 1,1 до 1,3 мм приводит к увеличению площади поверхности теплообмена. Это происходит вследствие увеличения площади проходного сечения для пара в зоне ОП в 3,2 раза и, как следствие снижения скорости пара в пароохладителе от 23,28 до 7,76 м/с (рис. 4). В результате уменьшается коэффициент теплоотдачи со стороны пара и коэффициент теплопередачи (рис. 3). Как следствие увеличивается поверхность теплообмена зоны ОП на 25 м² (14,6 %) (рис. 2). Число змеевиков в свою

Для анализа был выбран подогреватель высокого давления ПВ-2300-380 турбоустановки К-500-240, который установлен в линию регенеративного подогрева питательной воды в части высокого давления после деаэратора и первого по ходу питательной воды ПВД. Пар с параметрами: давление 4,22 МПа, температура 264,2 °С, температура конденсата при выходе из охладителя конденсата 215 °С и расходом 50,4 кг/с, подводится в нижнюю часть корпуса подогревателя через паровой штуцер, который соединен с охладителем пара и помещается в отдельном кожухе, предназначенном для защиты его от переохлаждения.

Питательная вода с параметрами: давление и температура питательной воды на входе в зону ОК 28,8 МПа, 199,78 °С соответственно, расход питательной воды 461,66 кг/с, недогрев 4 °С, скорость воды в змеевиках 1,5 м/с, подводится в нижний раздающий коллектор и разветвляется по трем вертикальным коллекторам. Через зону ОК проходит часть потока воды, которая смешивается с основным потоком после диафрагмы. Через зону собственно

очередь увеличивается с 84 до 104 шт. при этом длина спирали остается неизменной 18 м. В этих расчетах был принят диаметр трубы змеевиков равный 32/22 мм, скорость воды 1,5 м/с при неизменных параметрах потока пара и воды.

В зоне СП влияние шага незначительно. Поскольку скорость пара в межтрубном пространстве практически равна нулю, поэтому изменение коэффициентов теплоотдачи со стороны пара и теплопередачи малы. И, как следствие, площадь поверхности теплообмена увеличилась на 0,4 % (рис. 2, 3). Количество змеевиков и длина спирали остались неизменными 462 шт. и 30 м, соответственно.

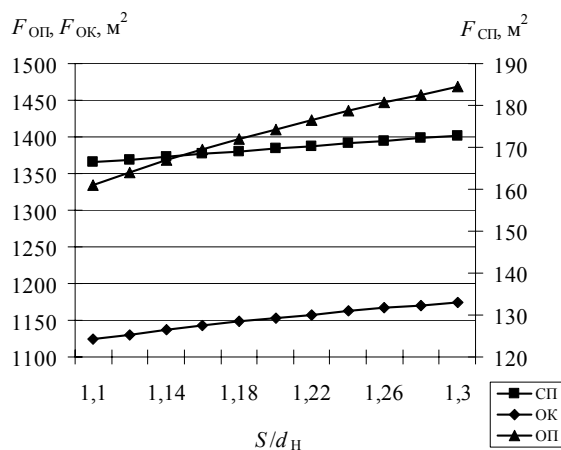


Рис. 2. Изменение площади поверхности теплообмена от относительного шага

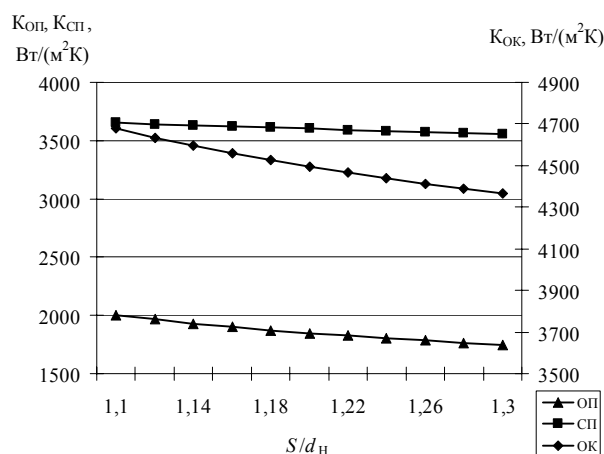


Рис. 3. Изменение коэффициента теплопередачи от относительного шага

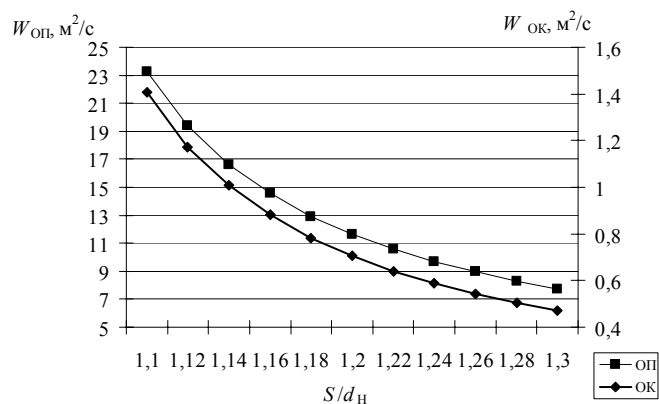


Рис. 4. Изменение скорости пара и конденсата от относительного шага

В зоне ОК скорость конденсата снижается от 1,4 до 0,5 м/с (рис. 4) из-за увеличения площади проходного сечения для конденсата, это приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи (рис. 3) и увеличению площади теплообмена на 9 м² (7 %) (рис. 2). Количество змеевиков и длина спирали остались неизменными 534 шт. и 2 м, соответственно.

Из проведенного анализа следует, что изменение относительного шага оказывает большее влияние на зону ОП и ОК, чем на зону СП. Минимальные размеры теплообменника и его составляющих были получены при относительном шаге 1,1.

Во второй серии расчетов был выполнен анализ влияния изменения диаметра трубы змеевиков от 20 мм до 32 мм при скорости воды 1,5 м/с, относительном шаге $S/d_n = 1,1$, толщине стенки трубы змеевика $\delta = 5$ мм. По результатам расчёта получено незначительное увеличение площади теплообмена зоны ОП. В тоже время влияние диаметра на зону СП оказалось значительным – поверхность теплообмена возросла от 1121,3 м² до 1379 м² (23 %). Это явилось следствием уменьшения коэффициента теплопередачи (рис. 5) из-за снижения коэффициента теплоотдачи со стороны воды.

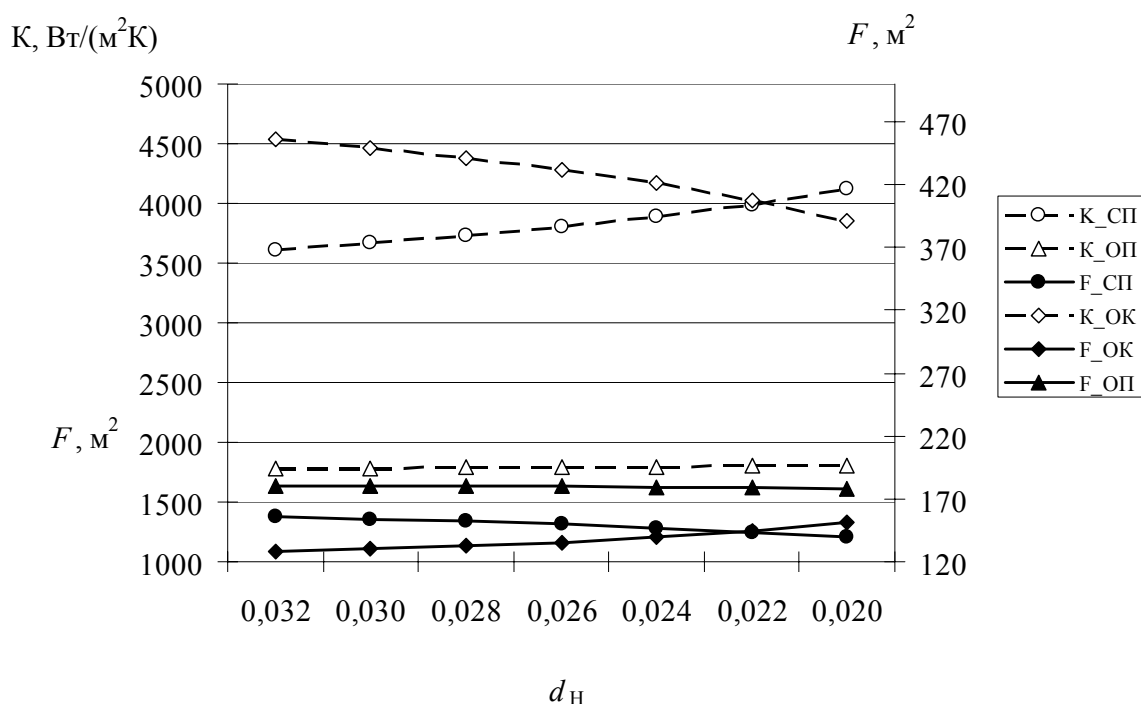


Рис. 5. Изменение площади поверхности теплообмена и коэффициента теплопередачи от диаметра по зонам теплообмена

С увеличением диаметра труб в зоне ОК поверхность теплообмена увеличилась на 17 м^2 . Вследствие снижения коэффициентов теплоотдачи со стороны конденсата и воды снизился коэффициент теплопередачи.

Из приведенного анализа следует, что изменение диаметра трубы змеевика оказывает большее влияние на зоны СП и ОК, чем на зону ОП. Наименьшие размеры теплообменника были получены для наружного диаметра 20 мм.

Таким образом, в результате проведенных расчётов было оценено влияние относительного шага и диаметра труб змеевиков на интенсивность теплообмена по зонам подогрева и определены необходимые геометрические параметры элементов теплообменного аппарата и поверхность теплообмена в целом.

Список литературы: 1. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС / Ю.Г. Назмеев, В.М. Лавыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 286 с. 2. Теплообменное оборудование паротурбинных установок. Отраслевой каталог. Ч.2. – М.: Отраслевой НИО анализа и обобщения экономической и научно-технической информации, 1989. – 173 с. 3. Марушкин В.М. Подогреватели высокого давления турбоустановок ТЭС и АЭС / В.М. Марушкин, С.С. Иващенко, В.Ф. Вакуленко. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.

© Михайлова И.А., Бабенко А.С., 2011
Поступила в редколлегию 15.02.11