

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN616.pdf>

Статья опубликована

Ссылка для цитирования этой статьи:

Галковский В.А., Новикова А.Н. Сравнительный анализ применения теплообменных аппаратов на центральных тепловых пунктах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 621.184.64 (045)

Галковский Вадим Анатольевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск¹
Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
Кандидат технических наук
E-mail: vadim-galkovskiy@mail.ru

Новикова Александра Николаевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»
Филиал в г. Смоленске, Россия, Смоленск
Студент магистратуры кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
E-mail: aleksand93@mail.ru

Сравнительный анализ применения теплообменных аппаратов на центральных тепловых пунктах

Аннотация. Применение пластинчатых и кожухотрубчатых теплообменных аппаратов ограничивается их конструктивными особенностями, которые, в свою очередь, влияют на габаритные размеры теплообменников и, соответственно, на их стоимость. В статье представлены результаты исследования изменений суммарных площадей поверхности теплообмена в зависимости от вида теплообменного оборудования: пластинчатых и кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, на центральном тепловом пункте в системе отопления и горячего водоснабжения. Проведен анализ изменения суммарной площади поверхности теплообмена в зависимости от семи основных видов пластин у пластинчатых теплообменных аппаратов и от пяти наиболее часто используемых наружных диаметров труб трубного пучка у кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, а также от расположения труб в трубном пучке: коридорного и шахматного. Для анализа изменения суммарной площади были взяты две основные схемы подключения системы горячего водоснабжения: двухступенчатая последовательная и двухступенчатая смешанная. Также, исследование проводилось в зависимости от температуры подогрева холодной водопроводной воды в первой ступени системы горячего водоснабжения. В результате сравнительного анализа сделаны выводы о наиболее выгодных видах пластин и диаметрах труб, а также температуры подогрева холодной воды в первой ступени системы горячего водоснабжения.

Ключевые слова: пластинчатый теплообменный аппарат; кожухотрубчатый теплообменный аппарат; система горячего водоснабжения; система отопления; центральный

¹ 214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1

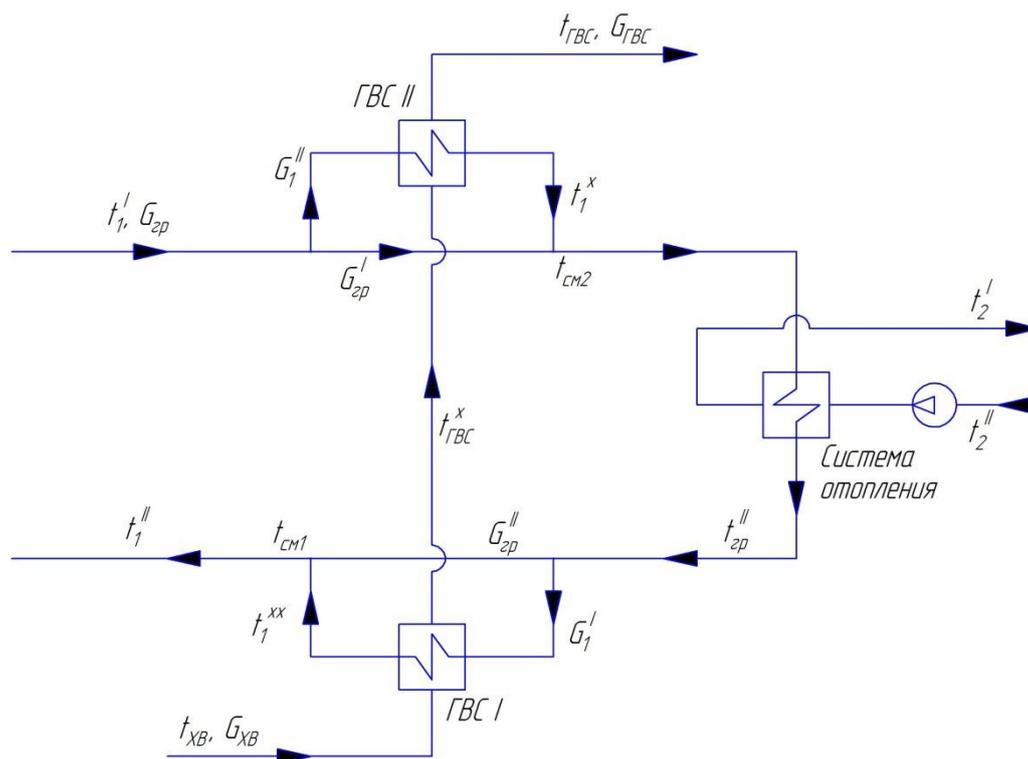


Рисунок 2. Двухступенчатая смешанная схема подключения системы ГВС на ЦТП
(составлено автором)

Подробные методики теплового расчета кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов представлены в [4-6]. Теплофизические свойства теплоносителей определялись по справочным данным, представленным в [7-9].

Расчет водо-водяных пластинчатых и кожухотрубчатых теплообменных аппаратов системы отопления и двухступенчатой последовательной и смешанной схем подключения системы ГВС проводится для различных температур подогрева холодной водопроводной воды в первой ступени системы ГВС ($t_{ГВС}^x$). Температура нагреваемой воды на выходе из первой ступени (на входе во вторую ступень) системы ГВС была принята равной: 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C и 45°C. В работе определялась суммарная поверхность теплообмена двухступенчатой системы ГВС и отопительного теплообменника, установленных на ЦТП.

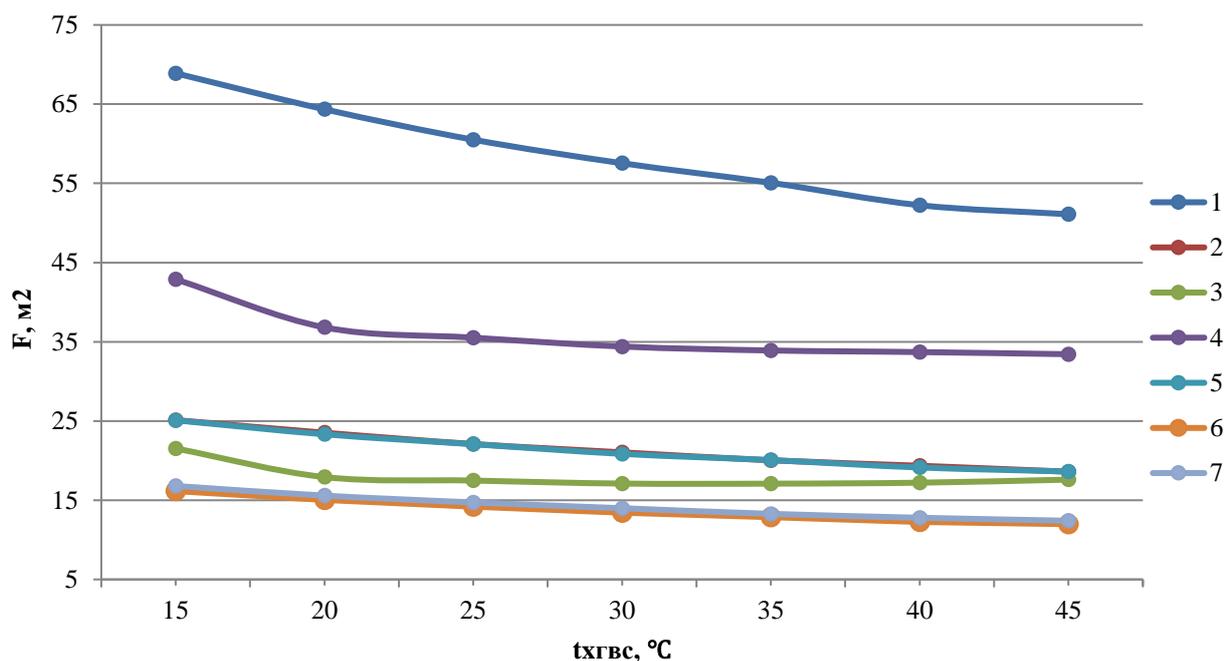
Анализ изменения площади поверхности теплообмена пластинчатых теплообменных аппаратов проводился для семи основных видов пластин:

- 1) пластины гладкие (эталон);
- 2) гофры по обе стороны от базовой плоскости пластины высотой 3,6+1;
- 3) гофры «вертикаль + наклон»;
- 4) гофры «вертикаль, зигзаг»;
- 5) гофры разреженные «елка с площадкой 24»;
- 6) гофры «елка с площадкой 6»;
- 7) гофры «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 и площадкой 6 мм» [10].

На основании полученных расчетных данных пластинчатых теплообменных аппаратов построены графические зависимости площади поверхности теплообмена от различной

температуры подогрева холодной воды в первой ступени системы ГВС для исследуемых видов пластин для последовательной и смешанной схем подключения системы ГВС. На рис. 3 представлен обобщенный график зависимости для всех типов пластин для последовательной схемы подключения системы ГВС, на рис. 4 - то же, для смешанной схемы подключения системы ГВС.

Из анализа рис. 3 и рис. 4 видно, что теплообменные аппараты с гладкими пластинами и пластинами с гофрами «вертикаль, зигзаг» имеют самые большие поверхности теплообмена, чем все остальные пластины, что приведет к увеличению габаритов самих теплообменных аппаратов. Самыми малыми поверхностями теплообмена обладают пластины 6 и 7: с гофрами «елка с площадкой 6» и «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 и площадкой 6 мм».



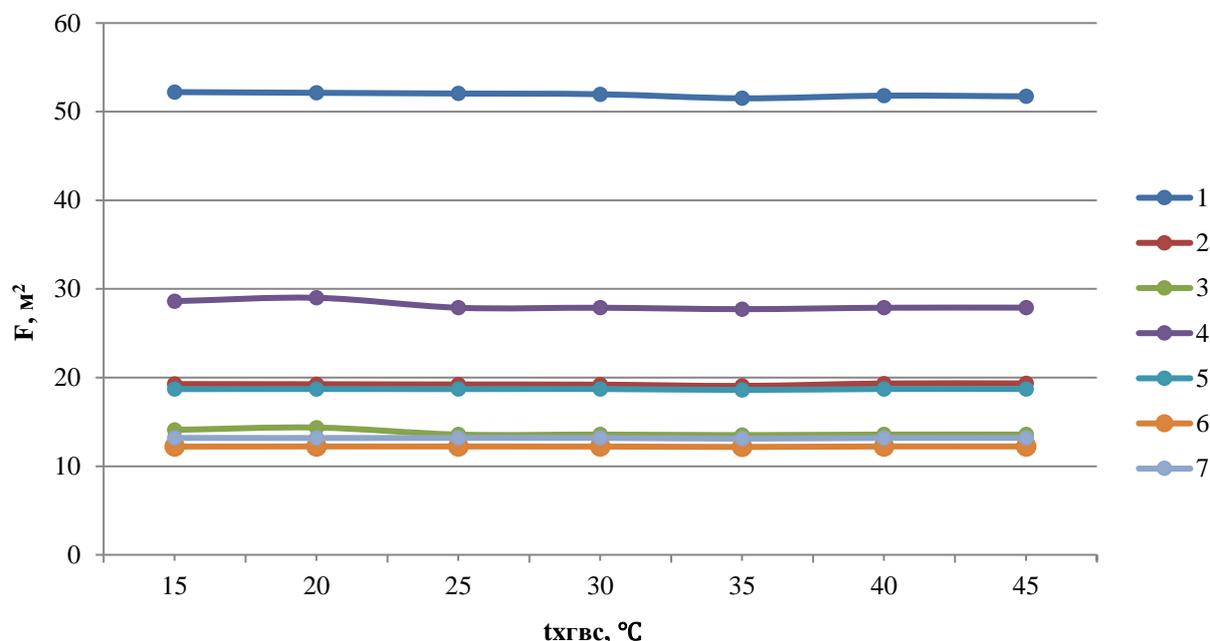
1 - пластины гладкие (эталон); 2 - гофры по обе стороны от базовой плоскости пластины высотой 3,6+1; 3 - гофры «вертикаль + наклон»; 4 - гофры «вертикаль, зигзаг»; 5 - гофры разреженные «елка с площадкой 24»; 6 - гофры «елка с площадкой 6»; 7 - гофры «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 и площадкой 6 мм»

Рисунок 3. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообменников с различными видами пластин от температуры подогрева холодной воды в первой ступени двухступенчатой последовательной схемы системы ГВС (составлено автором)

Как видно из графических зависимостей, значение температуры подогрева холодной воды в первой ступени системы ГВС влияет на суммарные площади поверхностей теплообмена пластинчатых теплообменных аппаратов при использовании двухступенчатой последовательной схемы системы ГВС. Чем больше подогрев холодной воды в первой ступени системы ГВС, тем меньше суммарная площадь поверхности теплообмена. Увеличение температуры с 15°C до 45°C ведет к уменьшению суммарной площади поверхности теплообмена в среднем на 24,3%. При двухступенчатой смешанной схеме подключения системы ГВС температура подогрева холодной воды в первой ступени практически не влияет на суммарную площадь поверхности теплообмена.

Таким образом, результаты расчета водо-водяных пластинчатых теплообменных аппаратов, применяемых на ЦТП, в зависимости от выбранных видов пластин показывают,

что самыми выгодными со стороны суммарной площади поверхности теплообмена для данных двух схем подключения системы ГВС, являются пластины с гофрами «елка с площадкой б» и «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 и площадкой 6 мм». Также, для двухступенчатой последовательной схемы, увеличение температуры воды на выходе из первой ступени приводит к снижению суммарной площади теплообмена.

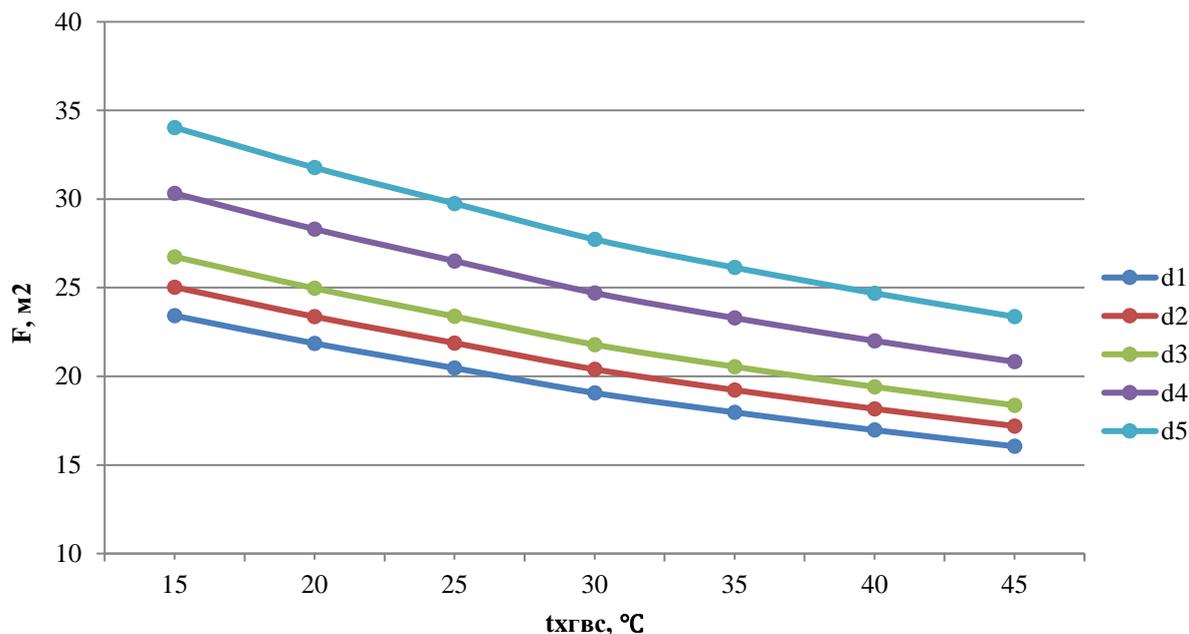


1 - пластины гладкие (эталон); 2 - гофры по обе стороны от базовой плоскости пластины высотой 3,6+1; 3 - гофры «вертикаль + наклон»; 4 - гофры «вертикаль, зигзаг»; 5 - гофры разреженные «елка с площадкой 24»; 6 - гофры «елка с площадкой б»; 7 - гофры «елка по обе стороны от базовой плоскости пластины с высотой 3,6+3,6 и площадкой 6 мм»

Рисунок 4. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообменников с различными видами пластин от температуры подогрева холодной воды в первой ступени двухступенчатой смешанной схемы системы ГВС (составлено автором)

Для оценки изменения суммарной площади поверхности теплообмена кожухотрубчатых теплообменных аппаратов расчет проводится в зависимости от пяти наружных диаметров трубок: 16, 20, 25, 38 и 57 мм и в зависимости от расположения труб в трубном пучке: коридорный или шахматный [4, 6].

На основании полученных результатов построены графики зависимости суммарной площади поверхности теплообменника системы отопления и теплообменников двух ступеней системы ГВС от различной температуры подогрева холодной водопроводной воды в первой ступени системы ГВС для исследуемых диаметров при фиксированных скоростях греющего и нагреваемого теплоносителей. На рис. 5 представлен обобщенный график зависимости для всех диаметров трубок для последовательной схемы подключения системы ГВС с коридорным пучком труб, на рис. 6 - то же, с шахматным пучком, на рис. 7 - для смешанной схемы подключения системы ГВС с коридорным пучком труб, на рис. 8 - то же, с шахматным пучком.



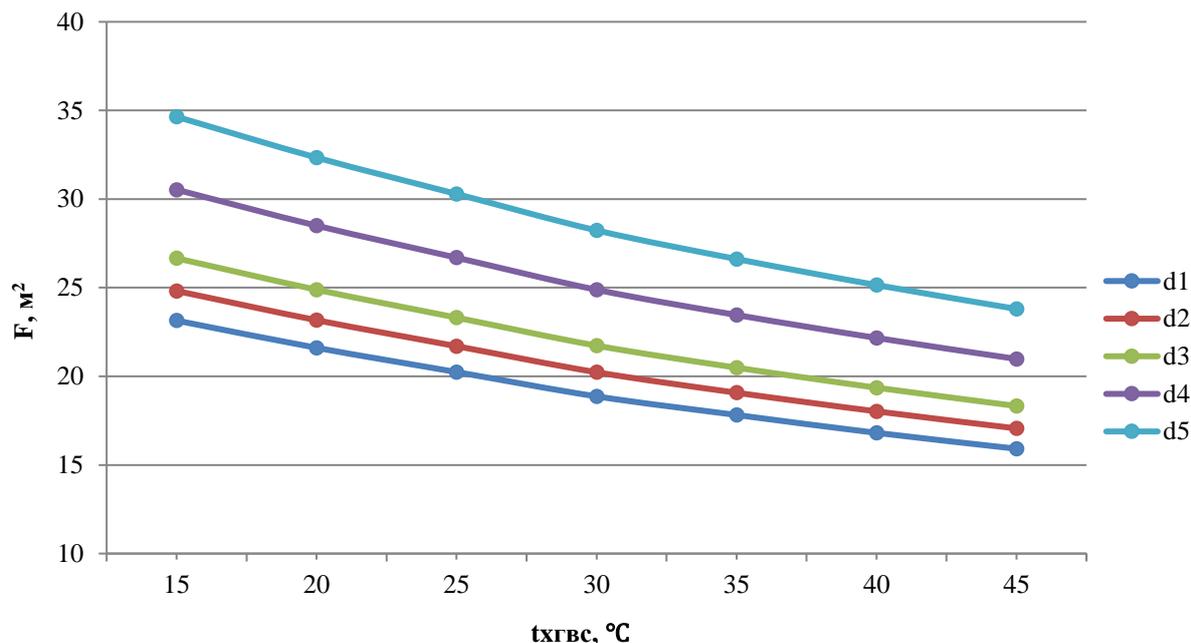
$d1 = 16 \text{ мм}, d2 = 20 \text{ мм}, d3 = 25 \text{ мм}, d4 = 38 \text{ мм}, d5 = 57 \text{ мм}$

Рисунок 5. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообмена от температуры подогрева воды в первой ступени двухступенчатой последовательной схемы системы ГВС с коридорным пучком (составлено автором)

Из анализа графических зависимостей видно, что чем больше наружный диаметр трубок, тем больше суммарная площадь теплообмена, что приведет к увеличению габаритов теплообменных аппаратов. Наименьшими суммарными поверхностями теплообмена обладают теплообменники с трубным пучком труб с диаметром 16 мм. Также видно, что расположение труб в пучке для каждой схемы системы ГВС мало влияет на изменения площадей теплообменных аппаратов.

Как видно из графиков, представленных на рис. 5 и рис. 6, значение температуры подогрева холодной воды в первой ступени системы ГВС влияет на площади поверхностей кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Чем больше подогрев холодной воды в первой ступени системы ГВС, тем меньше суммарная площадь поверхности теплообмена. Площадь поверхности теплообмена для коридорного расположения труб в пучке, при увеличении температуры подогрева воды в первой ступени системы ГВС, в среднем снижается на 31,4%; при увеличении диаметра трубок с 16 мм до 58 мм площадь увеличивается на 31,2%. Для шахматного расположения труб в пучке площадь поверхность теплообмена, при увеличении температуры подогрева воды в первой ступени, в среднем снижается на 33,5%; при увеличении диаметра с 16 мм до 58 мм площадь увеличивается на 32,9%.

Анализируя графики на рис. 7 и 8 можно сделать вывод о том, что температура подогрева воды в первой ступени системы ГВС практически не влияет на площадь теплообмена. Увеличение диаметра с 16 мм до 58 мм ведет к увеличению площади поверхности теплообмена при коридорном пучке труб на 31,1%, при шахматном расположении труб на 33,2%.

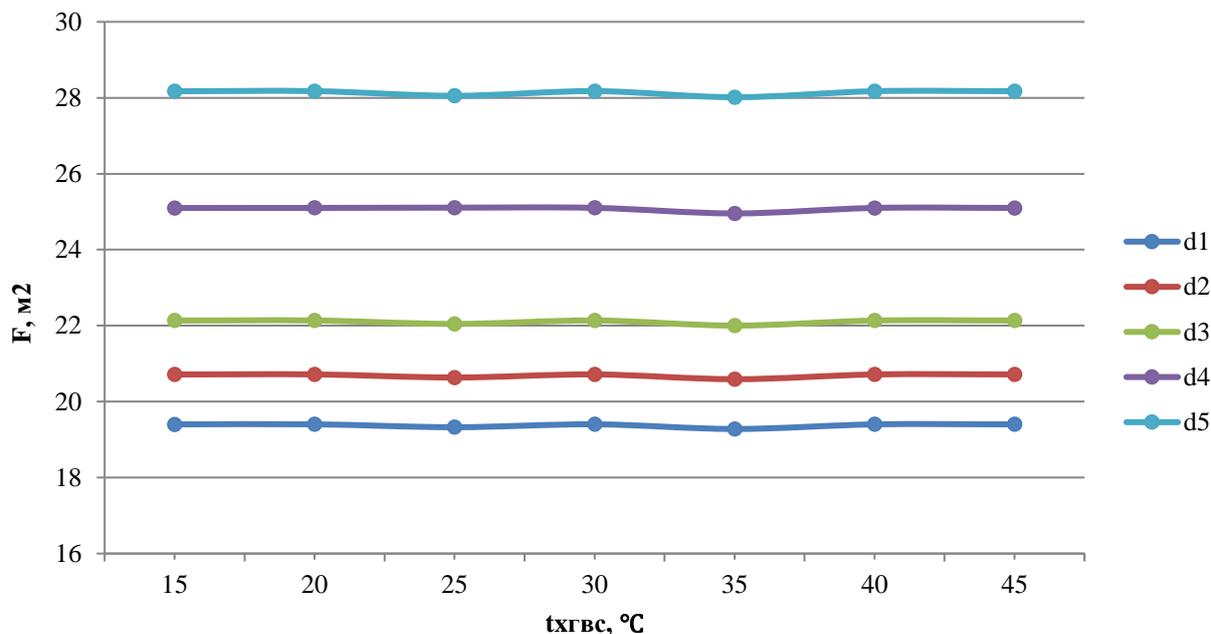


$d1 = 16 \text{ мм}, d2 = 20 \text{ мм}, d3 = 25 \text{ мм}, d4 = 38 \text{ мм}, d5 = 57 \text{ мм}$

Рисунок 6. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообмена от температуры подогрева холодной воды в первой ступени двухступенчатой последовательной схемы системы ГВС с шахматным пучком (составлено автором)

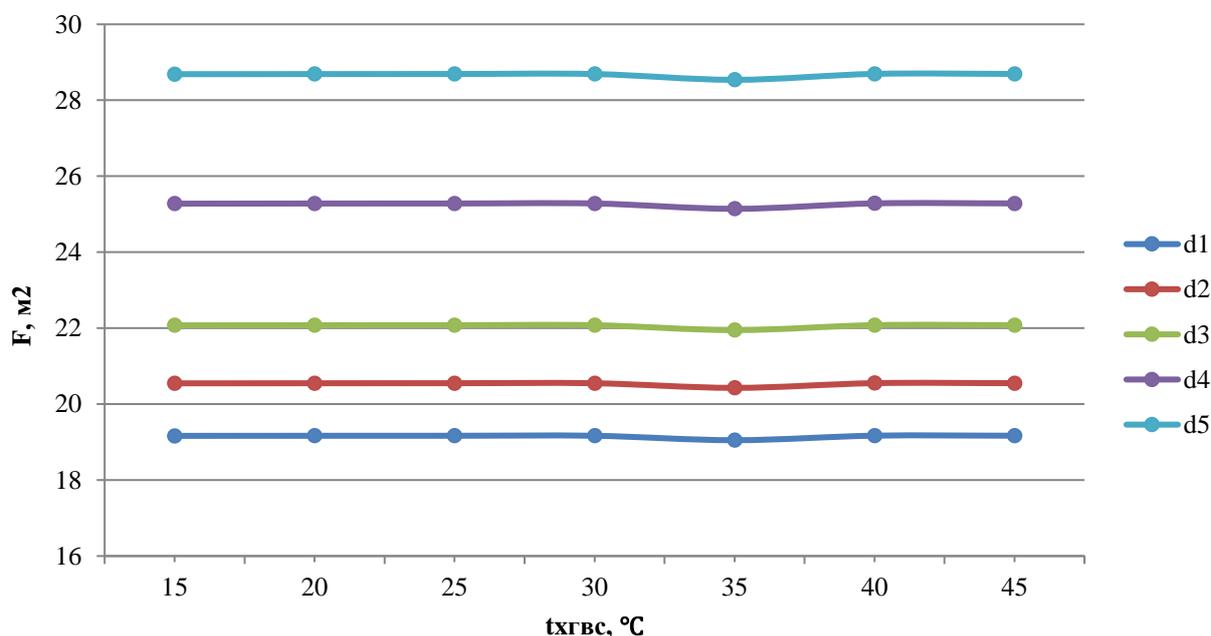
Таким образом, результаты расчета водо-водяных кожухотрубчатых теплообменных аппаратов, применяемых на ЦТП, в зависимости от выбранных диаметров трубок (при фиксированных скоростях греющего и нагреваемого теплоносителей) и температуры подогрева воды в первой ступени системы ГВС показывают, что для снижения суммарной площади теплообмена необходимо стремиться к увеличению температуры воды на выходе из первой ступени (для двухступенчатой последовательной схемы) и уменьшению диаметров трубок в трубном пучке (для обеих схем). Расположение труб в трубном пучке (шахматный или коридорный) практически не влияет на площадь поверхности теплообмена.

Исходя из графических зависимостей и сравнивая самые малые суммарные площади поверхности теплообмена пластинчатых и кожухотрубчатых теплообменных аппаратов можно сделать вывод о том, что пластинчатые теплообменные аппараты с пластинами с гофрами «елка с площадкой б» (пластина б) имеют суммарную площадь меньше, чем кожухотрубчатые теплообменники с пучком труб диаметром 16 мм в среднем на 24,9% для двухступенчатой последовательной схемы системы ГВС. Для двухступенчатой смешанной схемы системы ГВС суммарная площадь поверхности теплообмена у пластинчатых теплообменных аппаратов в среднем меньше на 36,6%, чем у кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с пучком труб диаметром 16 мм.



$d1 = 16 \text{ мм}, d2 = 20 \text{ мм}, d3 = 25 \text{ мм}, d4 = 38 \text{ мм}, d5 = 57 \text{ мм}$

Рисунок 7. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообмена от температуры подогрева холодной воды в первой ступени двухступенчатой смешанной схемы системы ГВС с коридорным пучком (составлено автором)



$d1 = 16 \text{ мм}, d2 = 20 \text{ мм}, d3 = 25 \text{ мм}, d4 = 38 \text{ мм}, d5 = 57 \text{ мм}$

Рисунок 8. Графики зависимости суммарной площади поверхности теплообмена от температуры подогрева холодной воды в первой ступени двухступенчатой смешанной схемы системы ГВС с шахматным пучком (составлено автором)

Исходя из того, что в настоящий момент стоимость одного квадратного метра теплообменной поверхности пластинчатых и кожухотрубчатых аппаратов практически

сравнялась, более точную картину применения различных типов теплообменников можно получить после проведения гидравлического расчета, учитывающего дополнительные затраты на перекачку греющего и нагреваемого теплоносителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов О.Л., Гаряев А.Б., Яковлев И.В., Клименко А.В., Вакулко А.Г. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учебник для вузов - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010 - 424 с.
2. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография. - Электрон. дан. - М.: Новости теплоснабжения, 2008. - 448 с.
3. СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов» - 199 с.
4. Таранова Л.В. Теплообменные аппараты и методы их расчета: учебное пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - Тюмень: ТюмГНГУ (Тюменский государственный нефтегазовый университет), 2009 - 153 с.
5. Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок [Электронный ресурс]: справочное издание - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2008 - 480 с.
6. Лавыгин В.М., Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007 - 269 с.
7. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / 9-е издание, стереотипное [Электронный ресурс]: учебник для вузов. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009 - 472 с.
8. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / Четвертое издание, стереотипное / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина [Электронный ресурс]: справочник. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 564 с.
9. Теплоэнергетика и теплотехника. Книга 4: Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Четвертое издание, стереотипное / под общ. ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина [Электронный ресурс]: справочник. - Электрон. дан. - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 632 с.
10. Коваленко Л.М., Глушков А.Ф. Теплообменники и интенсификацией теплоотдачи. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 240 с.

Galkovskiy Vadim Anatol'evich

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: vadim-galkovskiy@mail.ru

Novikova Aleksandra Nikolaevna

National research university «Moscow power engineering institute»
Smolensk branch, Russia, Smolensk
E-mail: aleksand93@mail.ru

The comparative analysis of heat exchangers use in the central heating unit

Abstract. The use of plate and shell and tube heat exchangers is limited by their design features, which in their turn affect the overall dimensions of the heat exchangers and thus their cost. The paper presents the results of changes study of the total heat exchange surface area, depending on the type of heat exchange equipment: plate and shell and tube heat exchangers at the central heating unit in heating and hot water supply system. The changing analysis in the total heat exchange surface area has been done, depending on the seven main types of plates in plate heat exchangers and the five most commonly used outer diameter tubes of the bundle tubes in shell and tube heat exchangers, as well as the location of the tubes in the tube bundle and staggered. The two main schemes of hot water connections (two-staged sequential and two-staged mixed) have been taken to analyze the changes in the total area. The study was conducted according to the heating temperature of cold tap water in the first stage of the hot water supply system. The conclusions about the most profitable kinds of plates and pipe diameters as well as cold water heating temperature in the first stage of the hot water supply system have been done in the result of comparative analysis.

Keywords: plate heat exchanger; shell and tube heat exchanger; hot water supply system; heating system; central heating unit; plate diameter; heat exchanger area; the total heat exchange surface area

REFERENCES

1. Danilov O.L., Garyaev A.B., Yakovlev I.V., Klimenko A.V., Vakulko A.G. Energy savings in power and heat technologies [electronic resource]: a textbook for high schools - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2010 - 424 p.
2. Yakovlev B.V. Improving the efficiency of district heating systems and heat [electronic resource]: monograph. - Electron. Dan. - M.: News heating, 2008. - 448 p.
3. SP 41-101-95 «Design of heat points» - 199 p.
4. Taranov L.V. Heat exchangers and their calculation methods: the manual [electronic resource]: a tutorial. - Electron. Dan. - Tyumen: TSOGU (Tyumen State Oil and Gas University), 2009 - 153 p.
5. Brodov J.M., Aronson K.E., Rjabchikov A.Y., Nirenshteyn M.A. Handbook of heat exchangers steam turbines [electronic resource]: a reference book - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2008 - 480 p.
6. Lavygin V.M., Nazmeev Y.G. Heat-exchange apparatus TES [electronic resource]: a tutorial - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2007 - 269 p.
7. Sokolov E.Y. District heating and heat networks / 9th edition, stereotyped [electronic resource]: a textbook for high schools. - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2009 - 472 p.
8. Heat power and heat engineering. Book 2: Theoretical basics of heat. Thermotechnical Experiment / fourth edition, stereotype / under total. Ed. A.V. Klimenko, V.M. Zorin [electronic resource]: a guide. - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2007. - 564 p.
9. Heat power and heat engineering. Book 4: Industrial power and thermal engineering / fourth edition, stereotype / under total. Ed. A.V. Klimenko, V.M. Zorin [electronic resource]: a guide. - Electron. Dan. - M.: MEI Publishing House, 2007. - 632 p.
10. Kovalenko L.M., Glushkov A.F. Exchangers and heat transfer intensification. - M.: Energoatomisdat, 1986. - 240 p.