

УДК 621.316

А.А. ЗАДОРОВИЧ, студент гр. 2-ТЭФ-22-ТЭФ-104М (СамГТУ)  
Научный руководитель А.А. КУДИНОВ, д.т.н., профессор (СамГТУ)  
г. Самара

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТЫХ И КОЖУХОТРУБНЫХ  
ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ В СИСТЕМАХ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В РАМКАХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Введение**

Достаточно долгое время в отечественных системах теплоснабжения применяются кожухотрубные теплообменные аппараты, обладающие простотой своего изготовления, обслуживания и ремонтпригодностью в процессе эксплуатации [1].

Однако, с развитием данной отрасли, увеличивалась потребность в более совершенных устройствах теплообмена, а также стал подниматься вопрос об экономичности данного вида оборудования, его компактности и большей производительности в рамках задачи энергосбережения [2,3].

Одно из решений было найдено в виде замены классических кожухотрубных теплообменных аппаратов на современные пластинчатые [4].

В настоящее время в системах теплоснабжения широко используются преимущественно именно пластинчатые теплообменники.

Однако, оба вида данного технологического оборудования имеют ряд как очевидных преимуществ, так и ряд определенных недостатков.

Преимущества пластинчатых теплообменников заключаются в следующем:

- компактность оборудования;
- более высокий коэффициент теплопередачи;
- меньший вес, и, как следствие, меньшая металлоемкость;
- легкий подбор необходимой тепловой мощности;
- большая тепловая эффективность и экономичность.

Недостатки пластинчатых теплообменников:

- требования к чистоте теплоносителей;
- высокая стоимость комплектующих в связи с конструкцией;
- необходимость периодической промывки специальными составами для очистки отложений;

- плохая ремонтпригодность, в связи с необходимостью разбора теплообменника для замены вышедшего из строя элемента поверхности теплообмена.

В то же время, кожухотрубные теплообменные аппараты обладают следующим рядом положительных качеств:

- простота изготовления и обслуживания;
- легкость механической очистки;
- хорошая ремонтпригодность;
- теплоаккумулирующие свойства.

Недостатки кожухотрубных теплообменных аппаратов:

- низкий коэффициент теплопередачи и, соответственно, высокие массогабаритные характеристики;

- значительные снижения коэффициентов теплопередачи при низких скоростях теплоносителя;

- высокая стоимость в связи с высокой металлоёмкостью.

В связи с определенным количеством положительных и отрицательных аспектов каждого из вида теплообменных аппаратов, стало необходимо изучение эффективности двух данных видов: пластинчатых, как наиболее современных, относительно классических кожухотрубных, для более точного определения наиболее энергоэффективного оборудования.

### **Расчет эффективности использования пластинчатых теплообменных аппаратов относительно кожухотрубных**

Для того, чтобы оценить эффективность теплообменных аппаратов, применяются критерии эффективности.

Оценку эффективности теплообменного аппарата обычно производят на основе термического КПД, который определяется отношением количества переданной теплоты в теплообменном аппарате к теоретически максимально возможному [5]. Но данный критерий не может быть объективным, ведь он не учитывает потери качества передаваемой теплоты и потери в связи с гидравлическим сопротивлением теплообменного аппарата.

В 1940-е годы прошлого века советским физиком М.В. Кирпичевым было сформулировано фундаментальное положение, что энергетическая эффективность теплообменника характеризуется отношением теплоты  $Q$ , переданной в теплообменном аппарате, к затратам мощности  $N$  на преодоление гидравлических сопротивлений. Данное положение выражается простой зависимостью  $E_0 = Q/N$ , называемое энергетическим коэффициентом Кирпичева [5].

В результате получается простая зависимость: чем выше коэффициент, тем лучше конструкция теплообменного аппарата и способ интенсификации в нем [5].

### Последовательность расчета

Для оценки энергоэффективности пластинчатых и кожухотрубных теплообменных аппаратов воспользуемся критерием эффективности Кирпичева [5]. Данный критерий не требует нахождения большого количества разнообразных параметров. С помощью данного критерия можно определить какой тип оборудования можно наиболее выгодно с точки зрения энергоэффективности применить для технологических целей, на примере действующего объекта. В рамках программы повышения экономичности, энергоэффективности и улучшения технологии производства теплоты выполним расчеты применительно к Центральной отопительной котельной с водогрейными котлами КВГМ-50 (г. Когалым).

1. Тепловая нагрузка, воспринимаемая теплообменными аппаратами котельной, равна  $Q = 5 \cdot 10^6$  Вт.

2. Мощность, затрачиваемая на прокачку теплоносителя определяется исходя из рассчитанных гидравлических потерь давлений в теплообменном аппарате и расхода теплоносителя:

- для пластинчатого теплообменного аппарата

$$N_{\text{пласт}} = \Delta p_{\text{наг}} \cdot G_{\text{наг}} + \Delta p_{\text{гр}} \cdot G_{\text{гр}};$$

- для кожухотрубного теплообменного аппарата

$$N_{\text{кт}} = \Delta p_{\text{труб}} \cdot G_{\text{наг}} + \Delta p_{\text{межтруб}} \cdot G_{\text{гр}}.$$

Здесь  $G_{\text{наг}} = 0,0492$  м<sup>3</sup>/с – расход нагреваемого теплоносителя, значение известно из отопительного контура котельной;

$G_{\text{гр}} = 0,0355$  м<sup>3</sup>/с - расход греющего теплоносителя, значение известно из котлового контура котельной;

$\Delta p_{\text{наг}}$  и  $\Delta p_{\text{гр}}$  – потери давления нагреваемого и греющего теплоносителя для пластинчатого теплообменного аппарата соответственно, МПа;

$\Delta p_{\text{труб}}$  и  $\Delta p_{\text{межтруб}}$  – потери давления в трубном и межтрубном пространствах кожухотрубного теплообменного аппарата соответственно, МПа.

3. Потери давления нагреваемого и греющего теплоносителя для типового пластинчатого теплообменного аппарата приняты по результатам расчетов теплового и гидравлического сопротивления по методике, представленной в [6]:

$$\Delta p_{\text{наг}} = 0,008 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_{\text{гр}} = 0,018 \text{ МПа.}$$

4. Потери давления в трубном и межтрубном пространствах кожухотрубного теплообменного аппарата приняты исходя из данных, полученных в результате гидроиспытаний теплообменников отопительного контура котельной:

$$\Delta p_{\text{труб}} = 0,032 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_{\text{межтруб}} = 0,009 \text{ МПа.}$$

5. Находим мощность, затрачиваемую на преодоление гидравлических сопротивлений теплообменных аппаратов:

$$N_{\text{пласт}} = 0,008 \cdot 10^6 \cdot 0,0492 + 0,018 \cdot 10^6 \cdot 0,0355 = 1032,6 \text{ Вт};$$

$$N_{\text{кт}} = 0,032 \cdot 10^6 \cdot 0,0492 + 0,009 \cdot 10^6 \cdot 0,0355 = 1893,9 \text{ Вт.}$$

6. Определяем критерий эффективности для теплообменных аппаратов по методике Кирпичева [5]:

$$E_{0_{\text{пласт}}} = \frac{5 \cdot 10^6}{1032,6} = 4,84215 \cdot 10^3 = 4842,15;$$

$$E_{0_{\text{кт}}} = \frac{5 \cdot 10^6}{1893,9} = 2,64005 \cdot 10^3 = 2640,05.$$

7. Определим, во сколько раз эффективность пластинчатого теплообменного аппарата выше, чем у кожухотрубного:

$$\Delta E_0 = \frac{E_{0\text{пласт}}}{E_{0\text{кт}}} = \frac{4842,15}{2640,05} = 1,834.$$

8. Для количественной оценки различий кожухотрубного и пластинчатого теплообменного аппарата по коэффициенту эффективности Киричева находится процентное соотношение:

$$E_0\% = \frac{E_{0\text{пласт}} - E_{0\text{кт}}}{E_{0\text{пласт}}} \cdot 100 = \frac{4842,15 - 2640,05}{4842,15} \cdot 100 = 45,48\%.$$

Здесь коэффициент  $E_0\%$  характеризует производительность теплоты в зависимости от затрачиваемой на преодоление гидравлических потерь энергии кожухотрубного теплообменного аппарата по отношению к пластинчатому, то есть экономию, обусловленную применением пластинчатых теплообменных аппаратов взамен кожухотрубным.

### **Заключение**

Произведена оценка энергоэффективности и экономичности от использования пластинчатых теплообменных аппаратов относительно кожухотрубных в системах теплоснабжения на основе действующего объекта – Центральной отопительной котельной с водогрейными котлами КВГМ-50 г. Когалым. Установлено, что замена кожухотрубных теплообменников на пластинчатые позволяет существенно повысить эффективность технологии производства тепловой энергии и экономичность оборудования в рамках энергосбережения.

### **Список литературы**

1. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. - М.: Машиностроение, 1989. - 371 с.
2. Богуславский Л.Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: (Справ. пособие) / Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак. – М.: Стройиздат, -1990. – 620 с.

3. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.

4. Барановский Н.В., Коваленко Л. М., Ястребенецкий А.Р. Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н.В. Барановский, Л.М. Коваленко, А.Р. Ястребенецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.

5. Тарадай А.М., Коваленко Л.М., Гурин Е.П. К вопросу оценки теплоэнергетической эффективности теплообменников, применяемых в муниципальной теплоэнергетике / А.М. Тарадай, Л.М. Коваленко, Е.П. Гурин // Новости теплоснабжения – 2003. – №06 – с. 1-5.

6. Кудинов А.А. Строительная теплофизика: учебное пособие / А.А. Кудинов. – М.: ИНФРА-М. – 2013. – 262 с.

#### Информация об авторах

Задорожний Андрей Андреевич, студент гр. 2-ТЭФ-22-ТЭФ-104М, СамГТУ, 443010, г. Самара, ул. Галактионовская, д. 141, [mr.zadorozhniy@list.ru](mailto:mr.zadorozhniy@list.ru)

Кудинов Анатолий Александрович, д.т.н., профессор, СамГТУ, 443010, г. Самара, ул. Галактионовская, д. 141, [a.a.kudinov@yandex.ru](mailto:a.a.kudinov@yandex.ru)