

УДК 621.565.94, 66.045

Г. Е. Каневец, А. В. Кошельник, О. В. Алтухова, С. Д. Суима, Л. М. Коваленко  
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
г. Харьков, Украина

### **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИОННОГО РАСЧЕТА ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-МОДУЛЬНОГО ПОДХОДА**

*Розглянуто структуру алгоритму оптимізації пластинчастих теплообмінників ОПТО-2010, розробленого на основі системного структурно-модульного підходу. Проаналізовано переваги структурно-модульного підходу при побудові алгоритмів оптимізаційних розрахунків устаткування.*

*Рассмотрена структура алгоритма оптимизации пластинчатых теплообменников ОПТО-2010, разработанного на основе системного структурно-модульного подхода. Проанализированы преимущества структурно-модульного подхода при построении алгоритмов оптимизационных расчетов оборудования.*

*It was considered an algorithm for optimization of heat exchangers OPTO-2010, developed on the basis of system structure-based modular approach. Were also analyzed the advantages of structural and modular approach in constructing algorithms for optimization calculations of equipments.*

Современные производственные процессы невозможно представить без использования теплообменного оборудования. В последнее время все шире используются пластинчатые теплообменные аппараты, которые обладают рядом преимуществ в сравнении с другими конструкциями:

- теплообмен в каналах теплообменника интенсифицирован за счет турбулизации потока, что уменьшает удельные габариты и вес;
- упрощается обслуживание и ремонт теплообменника, чистка теплопередающих поверхностей от загрязнений;
- расширяется диапазон варьирования тепловой мощности оборудования за счет возможности формирования теплопередающей поверхности из любого количества пластин.

Пластинчатые теплообменники нашли широкое применение в машиностроении, металлургии, химической, фармацевтической, пищевой, холодильной, текстильной промышленности, автомобилестроении, климатехнике и других отраслях промышленности. [1 – 3]. В связи с изложенным оптимизация пластинчатых теплообменников является актуальной производственной задачей как для производителей, так и для потребителей теплообменного оборудования.

Алгоритм оптимизации пластинчатых теплообменников ОПТО-2010 предназначен для расчета и оптимизации пластинчатых теплообменников, состоящих из стандартных и нестандартных пластинчатых теплообменных аппаратов.

Алгоритм разработан на основе системного структурно-модульного подхода, предложенного в [4]. Применение этого подхода позволяет добиться ряда преимуществ по сравнению с другими методами. Рассмотрим их.

Значительным преимуществом является широкая гамма разновидностей расчета. Возможны развитие, доработка алгоритма без изменения его структуры. Алгоритм представляет собой систему, открытую для включения новых модулей. При необходимости

производиться дополнение или замена модуля без изменения общей структуры алгоритма.

Во-вторых, применение данного подхода позволяет создавать такие алгоритмы и программы, которые можно сопровождать и модифицировать без участия авторов, что достигается за счет понятности, доступности алгоритма. Данная особенность значительно упрощает их включение в системы автоматизированного проектирования и автоматизированные системы научных исследований.

Третьим преимуществом является возможность агрегирования – объединения элементов алгоритмов в единую систему. При этом обеспечивается решение двухуровневой задачи: на верхнем уровне производится поиск оптимальных режимных параметров (отдельного элемента либо системы в целом); на нижнем уровне – поиск оптимальных конструктивных параметров (применительно к определенному элементу системы). Отдельные составные элементы алгоритма можно использовать также как самостоятельные алгоритмы [4].

Общая структура алгоритма представлена на рис. 1.

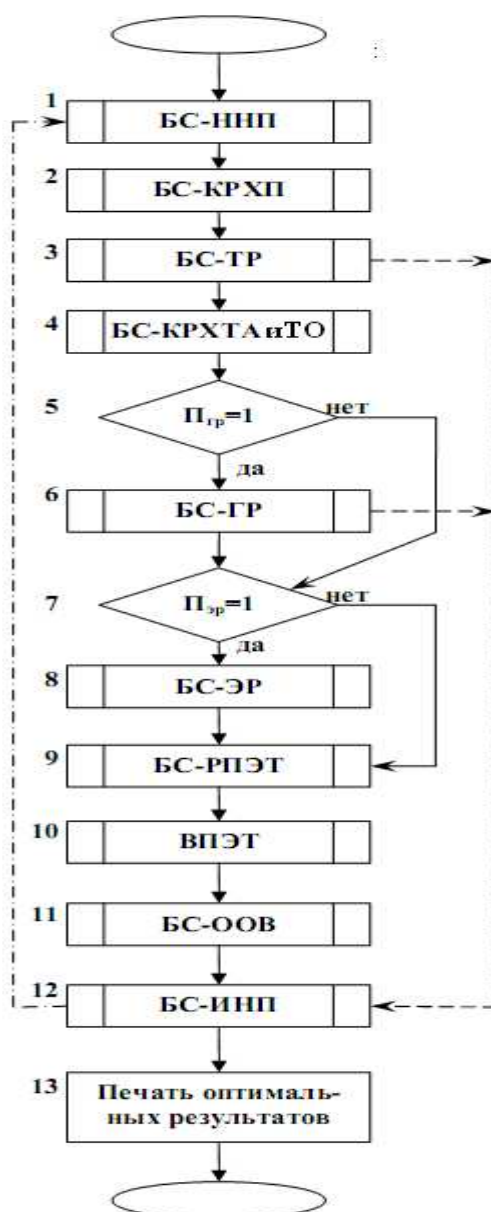


Рисунок 1 – Общая структура алгоритма ОПТО-2010

На рис.1 использованы следующие обозначения:

1. БС-ННП: блок-схема выбора начального набора независимых переменных.
2. БС-КРХП: блок-схема расчета конструктивных характеристик пакета.
3. БС-ТР: блок-схема теплового расчета теплообменника.
4. БС-КРХТАиТО: блок-схема конструктивного расчета характеристик теплообменного аппарата и теплообменника.
5. Проверка необходимости гидравлического расчета теплообменника.
6. БС-ГР: блок-схема гидравлического расчета теплообменника.
7. Проверка необходимости экономического расчета теплообменника.
8. БС-ЭР: блок-схема экономического расчета теплообменника.
9. БС-РПЭТ: блок-схема расчета показателей эффективности теплообменника.
10. ВПЭТ: алгоритм выбора показателей эффективности теплообменника.
11. БС-ООВ: блок-схема оценки оптимальности текущего варианта теплообменника.
12. БС-ИНП: блок-схема изменения набора независимых переменных.
13. Вывод результатов оптимизирующих расчетов.

Рассмотрим составляющие алгоритма ОПТО-2010 более подробно. Он состоит из нескольких самостоятельных алгоритмов:

- алгоритм теплового расчета пластинчатого теплообменника;
- алгоритм конструктивного расчета характеристик пластинчатого теплообменного аппарата;
- алгоритм гидравлического расчета пластинчатого теплообменника;
- алгоритм технико-экономического расчета пластинчатого теплообменника;
- алгоритм расчета показателей эффективности теплообменника.

Блок-схема теплового расчета пластинчатого теплообменника представлена на рис. 2.

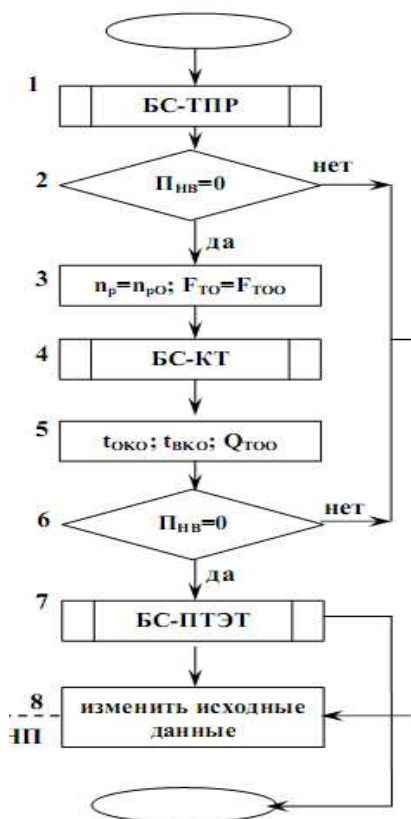


Рисунок 2 – Блок-схема теплового расчета пластинчатого теплообменника (БС-ТР)  
В ней:

1. БС-ТПР: блок-схема теплового проектного расчета.
2. Проверка реальности текущего варианта теплообменника.
3. Задание числа аппаратов в ряду и поверхности теплообменника.
4. БС-КТ: блок-схема корректировки конечных температур.
5. Задание температур теплоносителей и тепловой нагрузки с учетом округления.
6. Проверка реальности текущего варианта теплообменника.
7. БС-ПТЭТ: блок-схема формирования показателей тепловой эффективности теплообменника.
8. Изменение исходных данных в случае нереальности текущего варианта теплообменника.

Рассмотрим подробнее блок-схему итерационного расчета коэффициента теплопередачи (рис. 3).

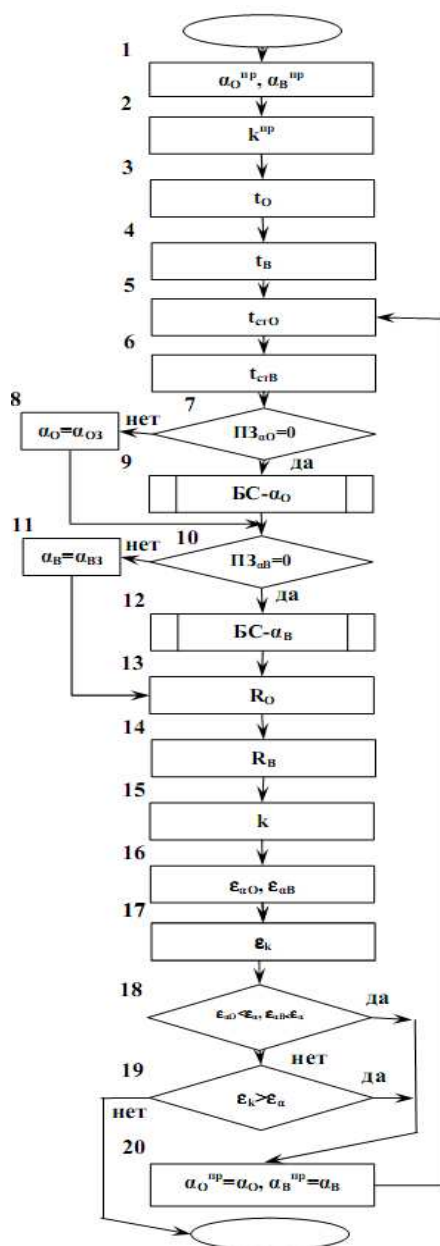


Рисунок 3 – Блок-схема расчета коэффициента теплопередачи (БС-к)

В ней задаются предварительные значения коэффициентов теплоотдачи со стороны обоих теплоносителей (б. 1), и рассчитывается предварительное значение коэффициента

теплопередачи (б. 2). Затем в б. 3 и б. 4 определяются значения средних температур теплоносителя, отдающего тепло (далее теплоноситель О), и теплоносителя, воспринимающего тепло (далее теплоноситель В). После находят температуры стенки со стороны теплоносителей О и В (б. 5, б. 6). В б. 7 проверяется, задано ли значение коэффициента теплоотдачи по стороне теплоносителя О. В случае, если значение задано, оно используется в дальнейшем расчете (б. 8). В противном случае оно рассчитывается в блок-схеме расчета коэффициента теплоотдачи БС- $\alpha_0$  (б. 9). Аналогично в б. 11 и б. 12 формируется значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha_В$ . Далее определяются термические сопротивления загрязнений на поверхностях со стороны теплоносителей О и В (б.б. 13, 14). После этого рассчитывается уточненное значение коэффициента теплопередачи (б. 15), определяются погрешности итераций при расчете коэффициентов теплоотдачи (б. 16) и коэффициента теплопередачи (б. 17). Они сравниваются со значениями допустимых погрешностей итераций (б.б. 18, 19). Если эти погрешности превышают допустимые, текущие значения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи принимаются как предварительные и итерация повторяется.

Теплообменные аппараты в теплообменнике могут быть расположены по разному в зависимости от количества параллельных рядов по теплоносителям О и В, схемы соединения рядов аппаратов, вида движения теплоносителей. Для расчета действительных требуемых поверхностей теплообмена используется обобщенный иерархический метод расчета эффективности элементов, рядов и комплексов, пригодный для любых схем тока сред в теплообменнике [4]. В результате определяется требуемое число аппаратов в теплообменнике с учетом их округления до целого.

Схема алгоритма конструкторского расчета характеристик пластинчатого теплообменного аппарата приведена на рис. 5.

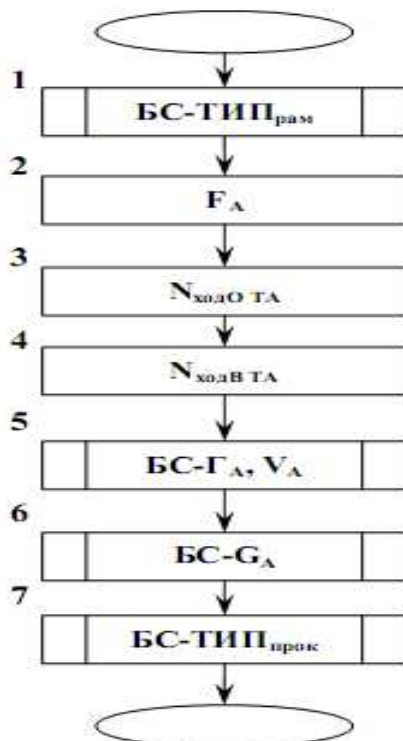


Рисунок 5 – Блок-схема конструкторского расчета характеристик пластинчатого теплообменного аппарата и теплообменника (БС-КРХТАиТО)

Этот алгоритм состоит из таких составных частей:

1. БС-ТИП<sub>рам</sub>: блок-схема определения типа рамы (конструктивного исполнения аппарата).
2. Определение теплопередающей поверхности аппарата.
3. Определение количества ходов в аппарате по теплоносителю О.
4. Определение количества ходов в аппарате по теплоносителю В.
5. Блок-схема расчета габаритов и объема пластинчатого теплообменного аппарата (БС-Г<sub>А</sub>, V<sub>А</sub>).
6. Блок-схема расчета массы пластинчатого теплообменного аппарата (БС-G<sub>А</sub>).
7. Блок-схема выбора прокладок.

Блок-схема гидравлического расчета пластинчатого теплообменника представлена на рис. 6.

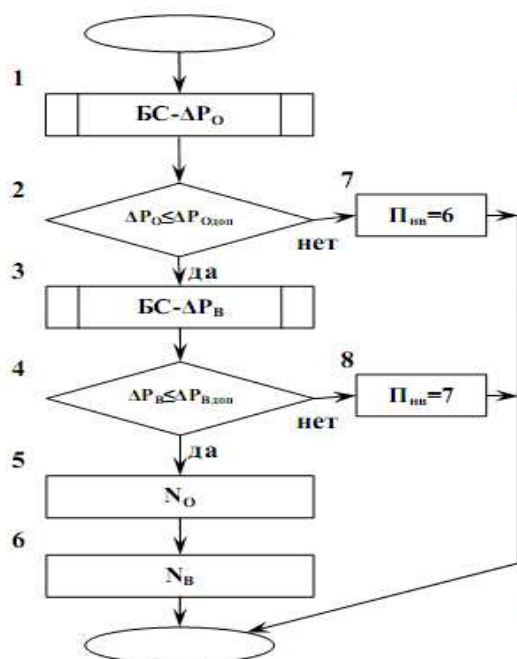


Рисунок 6 – Блок-схема гидравлического расчета пластинчатого теплообменника (БС-ГР)

В этой блок-схеме проводится вычисление гидравлического сопротивления теплообменника по стороне теплоносителя О (б. 1), после чего оно сравнивается с допустимым значением (б. 2). В случае его превышения формируется признак нереальности варианта (б. 7), в противном случае расчет продолжается. Те же действия проводятся для теплоносителя В (б.б. 3, 4, 8). Далее вычисляются мощности нагнетателей теплоносителей О и В (б.б. 5, 6).

Блок-схема экономического расчета пластинчатых теплообменников приведена на рис. 7.

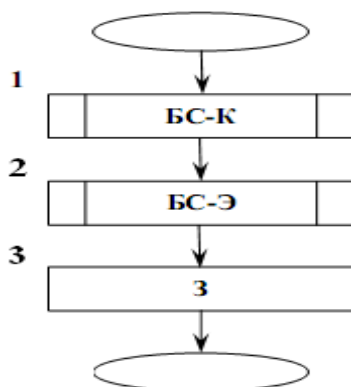


Рисунок 7 – Блок-схема экономического расчета пластинчатого теплообменника (БС-ЭР)

Она состоит из блок-схемы расчета капитальных вложений (БС-К, б.1), блок-схемы расчета эксплуатационных расходов (БС-Э, б. 2), расчета приведенных затрат (б. 3).

### Выводы

Пластинчатые теплообменники – один из важных элементов разнообразных технических систем. В связи с повсеместным их применением оптимизация их конструктивных и режимных параметров является актуальной народнохозяйственной задачей.

Алгоритм оптимизации пластинчатых теплообменников ОПТО-2010 включает в себя несколько самостоятельных алгоритмов, таких как алгоритмы теплового, конструкторского, гидравлического, экономического и других расчетов. Каждый из этих алгоритмов может быть использован как обособленный алгоритм для написания программы, может быть заменен в случае необходимости. Алгоритм ОПТО-2010 также можно включить как структурный элемент в алгоритмы расчетов систем и их комплексов. В этом заключаются преимущества применения системного структурно-модульного подхода при построении алгоритмов, что делает его более перспективным по сравнению с другими подходами к проектированию теплообменников данного класса.

### Список литературы

1. Пластинчатые теплообменные аппараты: Каталог УкрНИИхиммаш // Сост. Л.М. Коваленко. – М.: Цинтихимнефтемаш, 1983. – 51 с.
2. Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Пластинчатые теплообменники в промышленности: учеб. пособие. – Х.: НТУ «ХПИ», 2004. – 232 с.
3. Каневец Г. Е. Теплообменники и теплообменные системы. – Киев: Наук. думка, 1981. – 272 с.
4. Каневец Г. Е. Обобщенные методы расчета теплообменников. – Киев: Наук. думка, 1979. – 352 с.