

**СИНТЕЗАТОР АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММ ОКПТО – 2014.  
СТРУКТУРА, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, ДАЛЬНЕЙШИЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Синтезатор ОКПТО – 2014 предназначен для расчета, оптимизации, а также оптимальной замены теплообменников (далее ТО), состоящих из стандартных и нестандартных кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменных аппаратов.

Синтезатор ОКПТО – 2014 создан в результате проведения современных передовых научных исследований. Он реализован в виде программного продукта, позволяющего достичь максимального экономического эффекта как при изготовлении оборудования, так и при последующей его эксплуатации. Оценка эффективности оборудования проводится при учёте не только нынешних цен оборудования, энергии и сред, но также всех стоимостных показателей в динамике на весь планируемый срок эксплуатации. Учитываются дальнейшие затраты, которые неизбежно сопутствуют всему жизненному циклу оборудования, а именно затраты на теплоносители, энергию для привода нагнетателей (насосов, компрессоров, вентиляторов), текущие и капитальные ремонты и пр. Его уникальность состоит в том, что применённый системный подход позволяет учитывать индивидуальные особенности оборудования заказчика, накопленный им опыт научных исследований в данной области, оперативно адаптировать к этим данным алгоритм и программу, что позволяет достичь наибольшей возможной точности расчётов, а значит и максимальной эффективности проектируемого оборудования.

Синтезатор ОКПТО – 2014 разработан на основе упомянутого выше системного структурно-модульного подхода, что обеспечило возможность реализации широкой гаммы разновидностей расчётов теплообменного оборудования. При этом подходе значительно расширяются возможности развития алгоритма путём его изменения и дополнения без изменения структуры алгоритма. Такие алгоритмы и программы представляют собой систему, открытую для включения новых алгоритмических модулей. Это означает, что при необходимости использования других методов расчета алгоритм либо дополняется новым модулем, либо производится замена модулей без изменения структуры алгоритма. Эти модули выбираются по расчётному признаку.

Применение структурно-модульного подхода при построении синтезатора ОКПТО – 2014 обеспечивает создание различных частных алгоритмов и программ, которые можно сопровождать и модифицировать без участия авторов. Зачастую возникает необходимость её передачи другим организациям и исследователям. Тогда критерием качества алгоритмов и программ становится понятность, надёжность и удобство их сопровождения. При этом значительно упрощается их включение в САПР и АСНИ.

Ещё одним преимуществом структурно-модульного принципа построения синтезаторов типа ОКПТО – 2014 является возможность агрегирования алгоритмических и программных модулей в соответствии с назначением. Так, при выборе оптимальной топологии технической системы решается двухуровневая задача. На верхнем уровне иерархии происходит поиск оптимальных режимных параметров. Причём, алгоритмы разрабатываются вне зависимости от области применения. На нижнем уровне – поиск оптимальных конструктивных параметров элементов технической системы. Последняя задача предполагает набор модулей, различающихся в зависимости от области применения.

Синтезатор ОКПТО – 2014 (см. рис. 1) включает элементы конструкторского расчёта характеристик теплообменных аппаратов (для КТА) и типовых пакетов пластин (для ПТА), из которых комплектуется теплообменник, а также самого теплообменника, как совокупности теплообменных аппаратов (пакетов), тепловой проектно-поверочный, гидравлический, экономический, оптимизирующий расчёты теплообменника.

Соответственно, синтезатор ОКПТО – 2014 состоит из двух уровней.

**1-ый уровень – внешний, оптимизационный.** Он предусматривает:

- Блок-схема формирования набора исходных данных (**БС-ФНИД**) позволяет ввести некоторый набор исходных данных и установить границы варьирования независимых переменных (величин, по которым проводится оптимизация), а также задать метод поиска экстремума, ограничить количество перебираемых вариантов или время работы программы, задать целевой критерий оптимальности. **БС-ФНИД** проводит верификацию (проверку) достаточности и корректности введенных данных. Также задаются все необходимые признаки.

- Возможные виды расчетов: расчет нового оптимального ТО ( $P_{BP}=1$ ) или оптимальная замена существующего ТО ( $P_{BP}=2$ ). Фактически различие этих двух видов расчетов состоит в наличии или отсутствии фактических данных о работе предыдущего теплообменника, которые можно использовать в расчетах проектируемого. Расчет показателей работы предыдущего ТО проводится в **БС-РЭХ** и после оценки и подтверждения пользователем может вводиться в расчет. Также возможно оставить оборудование

или конструкции существующего теплообменника, либо сам теплообменник, оптимизировав только его режимные параметры. Все эти варианты расчетов задаются путем установки расчетных ограничений в БС-ЗРО.

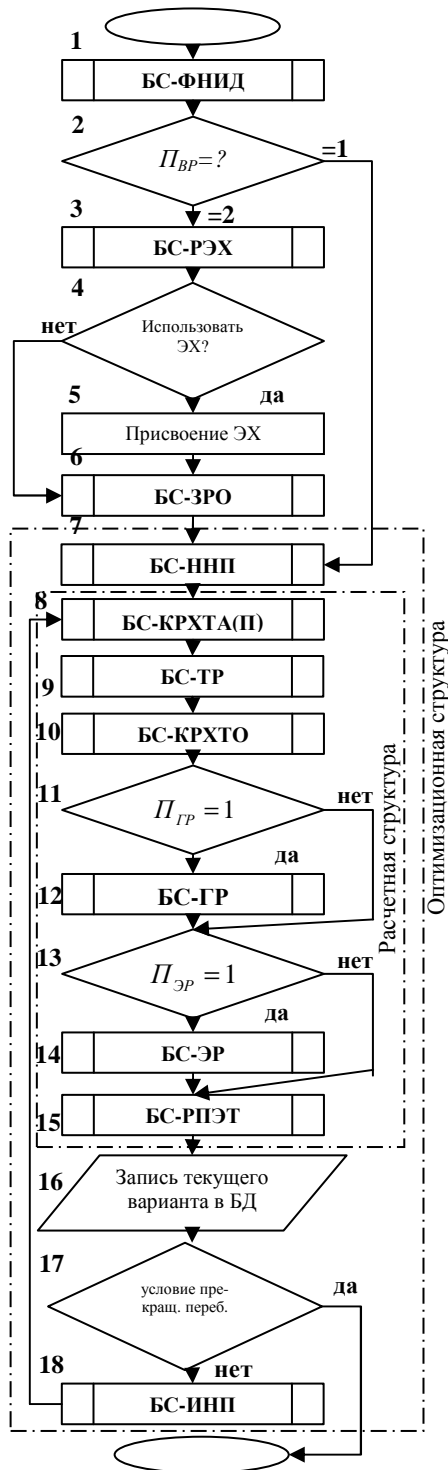


Рисунок 1 – Структура синтезатора алгоритмов оптимизации и оптимальной замены кожухотрубчатых и пластинчатых теплообменников (ОПКТО–2014)

- Блок-схема выбора начального набора независимых переменных (БС-ННП) и изменения набора независимых переменных (БС-ИНП) отвечают за организацию проведения оптимизации, устанавливают порядок поиска экстремума (перебор всех вариантов или применение определенных методов).

- итог – выбор оптимального варианта из всех ранее рассмотренных.

**2-ой уровень – внутренний,** обеспечивающий **расчёт критерия эффективности** любого текущего варианта теплообменника при учёте всех заданных ограничений на результаты расчёта. Он включает:

1. Конструкторский расчёт характеристик теплообменного аппарата (пакета) и теплообменника КРХТА(П) и КРХТО (блоки 8,10), т. е. величин, необходимых для последующих расчётов.

2. Тепловой расчёт теплообменника ТР (блок 9).

3. Гидравлический расчёт теплообменника ГР (блок 12).

4. Экономический расчёт теплообменника ЭР (блок 14).

5. Расчёт различных показателей эффективности ТО РПЭТ (блок 15).

На 2-ом уровне сосредоточены наиболее громоздкие, сложные математические модели.

В частности, здесь реализован созданный Г.Е. Каневцом принципиально новый метод [1, 2] теплового расчета теплообменников для наиболее распространённых схем соединения аппаратов в теплообменники (регулярных рядов и комплексов аппаратов) и для большого числа схем тока сред в аппаратах. За счёт этого существенно увеличивается область поиска оптимума и, соответственно, расширяются возможности повышения эффективности теплообменников при их оптимизации. 2-ой уровень может применяться самостоятельно, без 1-ого уровня, для проведения всех перечисленных видов расчёта, каждого расчёта в отдельности либо при различных их сочетаниях.

Оптимизация может проводиться по одному из 27 показателей эффективности. Среди них есть натуральные, энергетические, термодинамические, эксплуатационные, технико-экономические, удельные и комбинированные показатели.

Синтезатором ОКПТО – 2014 предусмотрена оптимизация по 24-м переменным, из них 5 характеризуют конструкцию теплообменника, 4 – конструкцию пластинчатого теплообменного аппарата, 7 – конструкцию кожухотрубчатого теплообменного аппарата, также предусматривается возможность перебора 8-ми режимных переменных.

Для каждой переменной минимальное и максимальное значения задаются или находятся из таблиц стандартов или нормалей.

Подробно синтезаторы средств расчета и оптимизации теплообменного оборудования описаны нами в [7, 8].

#### Дальнейшее усовершенствование синтезатора.

Несмотря на свою универсальность в части наиболее распространенных видов оборудования и условий его применения, остаются незатронутыми некоторые частные случаи расчетов. Также существует ряд специфических ситуаций, в

В связи с вышеизложенным актуален вопрос дальнейшего усовершенствования системы синтеза средств расчета и оптимизации (далее СРО) ТО с целью расширения области охвата объектов/задач путем более детального учета специфики конструкций теплообменников и протекающих в них процессов теплообмена.

Для начала необходимо определиться, какие из озвученных проблем возможно решить расширением базы сменных модулей без кардинальной перестройки самой системы, какие же требуют включения изменений в обобщенные структуры и общие подсистемы расчета.

Если при расчете специфического теплообменного оборудования требуется применение уравнений и зависимостей, характерных для определенной отрасли или отдельного оборудования, эти дополнения/изменения вносятся посредством расширения баз данных расчетных зависимостей. Например, так можно добавить требуемые уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи, гидравлических сопротивлений, экономических и др. величин. Подобные изменения не требуют внесения серьезных изменений в работающую систему.

Принципиальные изменения расчета требуют развития самой структуры синтезатора на более высоких уровнях иерархии – обобщенных структур и основных подсистем расчета.

В настоящей версии синтезатор предоставляет возможность генерации СРО для расчета кожухотрубных и пластинчатых теплообменников при процессах теплообмена без изменения агрегатного состояния любой из сред и с изменением. При этом расчет теплообмена идет при условии постоянства теплофизических характеристик, определяемых по средней температуре среды во всем теплообменнике. Конструкция теплообменника предполагает только набор его из одинаковых теплообменных аппаратов и для ограниченного количества схем тока сред (СТС).

Для расширения возможностей существующей системы есть три наиболее актуальных направления.

Существуют случаи, когда по ходу прохождения в полостях теплообменника вязкость среды изменяется в несколько раз. Это может привести к значительным (около 20%) неточностям в расчете коэффициента теплоотдачи. Поэтому, первый из возможных путей развития синтезатора – это уточнение результатов теплового расчета за счет произведения расчета не по усредненным теплофизическим параметрам, а интервально при помощи фрактального метода расчета, описанного подробно в [1]. Подобное усовершенствование повышает точность расчета теплопередачи, что в конечном счете способствует уменьшению необходимого запаса и, соответственно, уменьшению стоимости проектируемого теплообменника. Однако расчет подобным методом более сложен и целесообразность его применения необходимо оценивать исходя из исходных условий. (возможно частичное применение метода для ограниченного числа расчетов при оптимизации: основные циклы оптимизации по менее точному расчету, несколько наиболее оптимальных теплообменников пересчитывается по уточненному методу).

Второй путь развития – возможность расчета теплообменников, состоящих из разных теплообменных аппаратов. Причем это предполагает не только набор теплообменников из аппаратов одного типа но различных производительностей, но также из различных аппаратов, комбинация кожухотрубных и пластинчатых аппаратов в одном теплообменнике. Это возможно потому, что основной характеристикой аппарата при тепловом расчете теплообменника является его тепловая эффективность. Определение требуемого количества аппаратов производится исходя из требуемой эффективности теплообменника в целом, которая, в свою очередь зависит от СТС в ТО и эффективностей каждого входящего в него аппарата. Это также способствует уменьшению вынужденного запаса и снижению капитальных вложений в теплообменник, а также делает возможным проектирование ТО меньших габаритов, веса и др.

Третий путь усовершенствования – это включение в синтезатор возможности расчета систем теплообменников. Напомним, что система теплообменников – это такое теплопередающее устройство, в котором теплообмен осуществляется между более чем 2-мя средами.

Все приведенные выше пути совершенствования синтезатора СРО ТО позволят добиться расширения области применения данной системы, включения в нее возможности расчета ряда специфических объектов, для которых в настоящее время еще не создано автоматизированных систем.

**Вывод.** Синтезатор в сотни раз повышает возможности оценки эффективности теплообменников за счёт использования широкого набора критериев эффективности и существенного расширения области приложения алгоритма по объектам расчёта. Соответственно, открываются новые возможности для проведения полноценного вычислительного оптимизационного эксперимента.

### Литература

1. Каневец Г.Е. Обобщённые методы расчета теплообменников / Г.Е. Каневец. – К.: Наукова думка, 1979. – 352 с.
2. Каневец Г.Е. Теплообменники и теплообменные системы / Г.Е. Каневец. – К.: Наукова думка, 1981. – 272 с.

3. Каневец Г.Е. Оптимизация теплообменного оборудования пищевых производств / Г.Е. Каневец. – К.: Техніка, 1981. – 192 с.
4. Kanewez G. Berechnung von Wermeubertragern. – Berlin: Akademie-Verlag, 1982. – 328 p.
5. Каневец Г.Е. Введение в автоматизированное проектирование теплообменного оборудования / Г.Е. Каневец, И.Д. Зайцев, И.И. Головач. – К.: Наукова думка, 1985. – 232 с.
6. Бажан П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
7. Каневец Г.Е. Разработка алгоритма оптимизационного расчета пластинчатых теплообменников на основе структурно-модульного подхода / Г.Е. Каневец, А.В. Кошельник, О.В. Алтухова, С.Д. Суима, Л.М. Коваленко // Энергетика. Экология. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2011. – 398 с. – С. 126–132.
8. Каневец Г.Е. Повышение эффективности работы пластинчатых теплообменников путем оптимизации конструктивных и режимных параметров / Г.Е. Каневец, А.В. Кошельник, С.Д. Суима, О.В. Алтухова // Энергетика. Экология. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2011. – С. 133–138.

Bibliography (transliterated)

1. Kanevets G.E. ObobschYonnyie metodyi rascheta teploobmennikov. G.E. Kanevets. – K.: Naukova dumka, 1979. – 352 p.
2. Kanevets G.E. Teploobmenniki i teploobmennyye sistemyi. G.E. Kanevets. – K.: Naukova dumka, 1981. – 272 p.
3. Kanevets G.E. Optimizatsiya teploobmennogo oborudovaniya pischevyyih proizvodstv. G.E. Kanevets. – K.: TehnIka, 1981. – 192 p.
4. Kanewez G. Berechnung von Wermeubertragern. – Berlin: Akademie-Verlag, 1982. – 328 p.
5. Kanevets G.E. Vvedenie v avtomatizirovannoe proektirovanie teploobmennogo oborudovaniya. G.E. Kanevets, I.D. Zaytsev, I.I. Golovach. – K.: Naukova dumka, 1985. – 232 p.
6. Bazhan P.I. Spravochnik po teploobmennym apparatam. P.I. Bazhan, G.E. Kanevets, V.M. Seliverstov. – M.: Mashinostroenie, 1989. – 368 p.
7. Kanevets G.E. Razrabotka algoritma optimizatsionnogo rascheta plastinchatyih teploobmennikov na osnove strukturno-modulnogo podhoda. G.E. Kanevets, A.V. Koshelnik, O.V. Altuhova, S.D. Suima, L.M. Kovalenko. Energetika. Ekologiya. Lyudina. Naukovi pratsi NTUU «KPI», ІЕЕ. – Kiyiv: NTUU «KPI», ІЕЕ, 2011. – P. 126–132.
8. Kanevets G.E. Povyishenie effektivnosti raboty plastinchatih teploobmennikov putem optimizatsii konstruktivnih i rezhimnih parametrov. G.E. Kanevets, A.V. Koshelnik, S.D. Suima, O.V. Altuhova. Energetika. Ekologiya. Lyudina. Naukovi pratsi NTUU «KPI», ІЕЕ. – Kiyiv: NTUU «KPI», ІЕЕ, 2011. – P. 133–138.

УДК 536.24:533.6.011

Канівець Г.С., Алтухова О.В.

**СИНТЕЗАТОР АЛГОРИТМІВ ТА ПРОГРАМ ОКПТО–2014.  
СТРУКТУРА, ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ, ПОДАЛЬШІ ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ**

У статті викладено загальну структуру системи синтезу алгоритмів та програм ОКПТО–2014 для оптимізації пластинчастих і кожухотрубних теплообмінників. Також представлено деякі шляхи розвитку цієї системи з метою розширення області її застосування для специфічних конструкцій теплообмінників та умов теплообміну.

Kanevets G.E., Altukhova O.V.

**SYNTHESIZER ALGORITHMS AND PROGRAMS OKPTO – 2014.  
STRUCTURE, SCOPE, FURTHER WAYS OF IMPROVING**

In this paper the general structure of the synthesis for synthesizers the means of calculation and optimization of heat transfer equipment for different appointments and designs are described OKPTO 2014. Also presents some ways of development of this system in order to expand its applicability to the specific design of heat exchangers and heat transfer conditions.