

# СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CAD-SYSTEMS

УДК 658.512.2

**А. А. Яковлев**, д-р техн. наук, профессор, yaa\_777@mail.ru,

**В. А. Камаев**, д-р техн. наук, профессор, vkamaev40@mail.ru,

**В. С. Сорокин**, аспирант, s.o.r.o.k.i.n@mail.ru,

**С. Н. Мишустина**, ст. преподаватель, svt4656@mail.ru

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

## Поисковое конструирование систем охлаждения на основе инженерно-физического подхода

*Описана методика поискового конструирования, позволяющая путем построения модели физического принципа действия получить множество возможных технических решений систем охлаждения и определить наиболее перспективные варианты для конструктивной реализации. Выделена предметная область методики и уточнена модель физического принципа действия для систем охлаждения. Разработаны алгоритмы и определены основные структуры данных для информационной поддержки поискового конструирования.*

**Ключевые слова:** поисковое конструирование, физический принцип действия, техническое решение, система охлаждения, рабочее тело

### Введение

В данной работе рассматриваются вопросы, которые относятся к начальным стадиям проектирования систем охлаждения, включающим определение структуры будущего устройства и состава функциональных элементов для его последующей конструктивной реализации в виде чертежей. Этот наиболее творческий и ответственный этап проектирования, во многом определяющий качество будущего изделия, называют поисковым конструированием.

Главными задачами этапа являются получение как можно большего числа альтернативных вариантов системы и выбор из них наиболее эффективного для последующей реализации. Традиционный подход заключается в выборе в качестве прототипа схемы системы охлаждения и подборе для нее конструктивных элементов. Такой подбор осуществляется методом "проб и ошибок". Это связано с тем, что многие элементы оказываются функционально несовместимыми и определить такую несовместимость может только сам проектировщик в процессе мысленного моделирования. На практике это ограничивает число вариантов для сравнения и заставляет усомниться в оптимальности выбора лучшего из них, так как огромное множество возможных вариантов выпадает из рассмотрения. Поэтому теоретическая проработка методологии начальных этапов проектирования систем охлаж-

дения, позволяющая автоматизировать этот процесс, является актуальной задачей. Ее решение позволит повысить производительность и качество труда проектировщика на этапе поискового конструирования.

### Постановка задачи

В работах [1–3] рассмотрены основные положения и область применения инженерно-физического метода поискового конструирования преобразователей энергии. Его главное преимущество заключается в использовании новой модели физического принципа действия (ФПД), позволяющей на основе принципов феноменологической термодинамики выявить функции конструктивных элементов. Затем путем проведения информационного поиска в научно-технической литературе, патентном фонде, специализированных базах данных и других источниках появляется возможность сформировать матрицу возможных технических решений для дальнейшей конструктивной проработки наиболее перспективных вариантов.

Как показал анализ, теоретические положения инженерно-физического метода могут быть успешно использованы для систем охлаждения, основным функциональным элементом которых также является рабочее тело. Были рассмотрены частные и общие классификации систем охлаждения,

что позволило выделить предметную область данной методики. Она распространяется на системы охлаждения с рабочим телом, находящимся в газообразном и/или жидком состоянии. Наиболее характерными представителями таких технических систем являются пароконденсационные, парожеторные, абсорбционные, газовые, воздушные холодильные установки, системы тонкого распыления, испарительные, вакуумно-испарительные, вакуумно-барботажные и многие другие системы охлаждения.

### Метод решения задачи

Несмотря на широкую область применения в системах охлаждения используется небольшое количество физических явлений. К ним относятся фазовые переходы (кипение, испарение, конденсация, сублимация, плавление), дросселирование газов и жидкостей, адиабатическое расширение и расширение с совершением внешней работы, вихревой эффект, абсорбция газов и десорбция газов из растворов, эжекция.

В работах [1–3] описаны основные принципы разработки модели ФПД, основу которой составляет граф ФПД, состоящий из двух типов вершин (характерные точки и объекты окружения) и двух типов дуг (дуги-потоки и дуги-взаимодействия).

Каждому физическому явлению на графе соответствует определенная топологическая структура из характерных точек и дуг обоих типов.

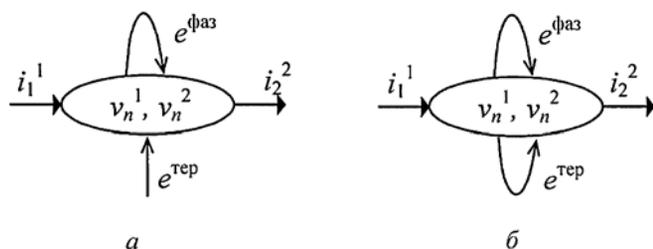
Для физических явлений, лежащих в основе работы систем охлаждения, были разработаны их представления на графе ФПД. Например, охлаждение за счет кипения хладагента на графе представляется следующими узлами (рис. 1). Процесс кипения, осуществляющийся при подводе теплоты от внешнего источника, показан на рис. 1, а. На рис. 1, б показан тот же процесс без подвода теплоты. В первом случае кипение происходит при постоянной температуре, а во втором случае температура хладагента понижается, так как испарение жидкости осуществляется за счет внутренней энергии. Аналогичным образом на графе модели ФПД представляются процессы испарения, конденсации, сублимации и плавления.

На рис. 2, а показано представление процесса дросселирования газа, основанное на резком снижении давления газа при прохождении через суженное отверстие (вентиль, дроссель), а на рис. 2, б показан процесс дросселирования жидкостей. Так как температура кипения жидкости зависит от давления, то жидкость, имея определенную температуру и поступая в область низкого давления, оказывается перегретой по отношению к низкому давлению. Происходит ее бурное кипение с образованием сухого насыщенного пара, что отражается на графе показом дуги, обозначающей фазовое превращение жидкости.

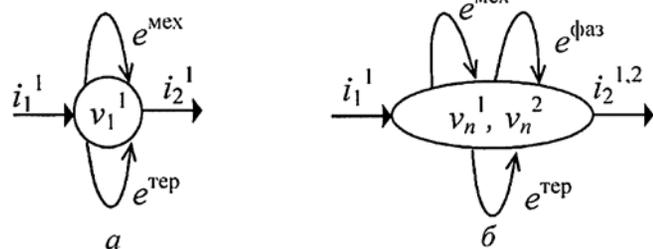
Графическое представление процессов расширения газа с совершением внешней работы показано на рис. 3, а. Адиабатическое расширение газа — процесс, протекающий без теплообмена между рабочим телом (газом) и окружающей средой, представлено на рис. 3, б.

На рис. 4 показан вихревой эффект Ранка—Хильша, который создается с помощью специального устройства — вихревой трубы. В результате происходит разделение теплого и холодного воздуха в закрученном потоке.

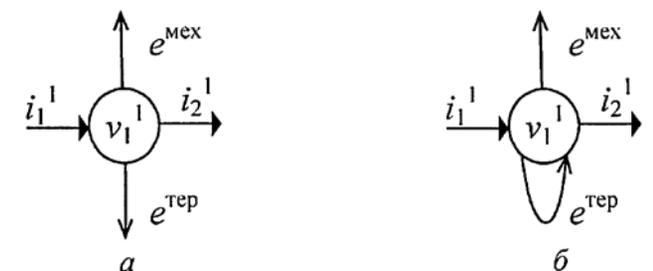
Принципиальная схема эжектора и графическое представление процессов, происходящих в нем, показано на рис. 5. Рабочая среда (газ или пар высокого давления) выходит из сопла 1 (вершина  $v_1^1$ ) и поступает в камеру смешения 2 (вершина  $v_2^1$ ). Сюда же поступает из всасывающей камеры 3 подлежащая сжатию подсосываемая среда (газ или пар низкого давления). Из камеры смешения смесь



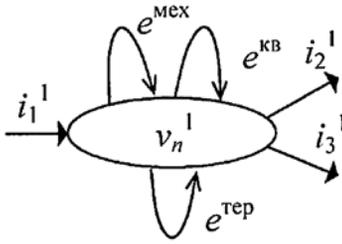
**Рис. 1. Графическое представление процесса кипения:**  
 $v_n^1, v_n^2$  — хладагент в жидком и газообразном состоянии соответственно;  $i_1^1$  — поток жидкого хладагента;  $i_2^2$  — поток газообразного хладагента;  $e^фаз$  — фактор экстенсивности, сопряженный с фазовой формой движения;  $e^тер$  — фактор экстенсивности, сопряженный с термической формой движения



**Рис. 2. Графическое представление процессов дросселирования газа и жидкостей**

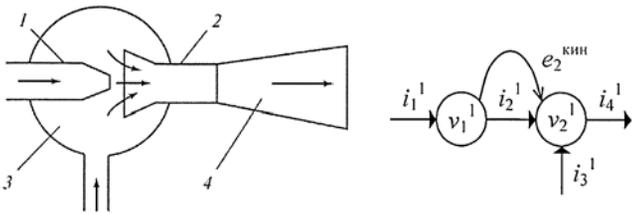


**Рис. 3. Графическое представление процессов расширения газа**



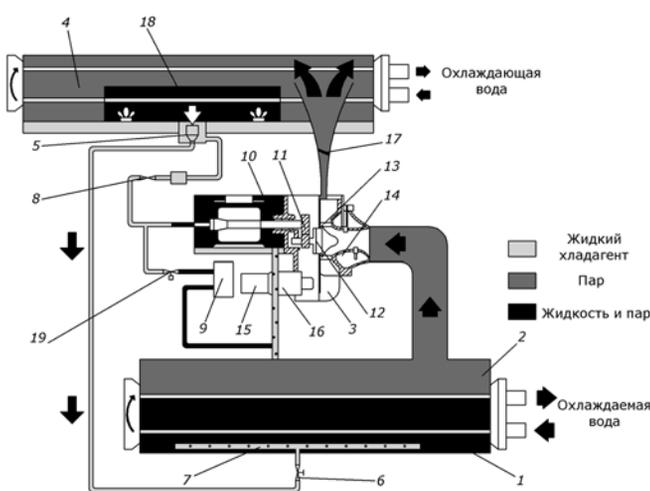
**Рис. 4. Графическое представление эффекта Ранка—Хильша:**

$v_n^1$  — газ в вихревой трубе;  $i_1^1$  — поток сжатого газа в сопловом вводе вихревой трубы;  $i_2^1$  — горячий поток газа;  $i_3^1$  — холодный поток газа;  $e^{\text{мех}}$  — фактор экстенсивности, сопряженный с механической формой движения;  $e^{\text{тер}}$  — фактор экстенсивности, сопряженный с термической формой движения;  $e^{\text{кв}}$  — фактор экстенсивности, сопряженный с кинетической (вращения) формой движения



**Рис. 5. Графическое представление физических процессов в эжекторе:**

$v_1^1$  — рабочая среда в сопле эжектора;  $v_2^1$  — рабочая и подсосываемая среда в камере смешения;  $i_1^1$  — входной поток рабочей среды;  $i_2^1$  — поток рабочей среды, выходящей из сопла;  $i_3^1$  — поток подсосываемой среды;  $i_4^1$  — выходной поток рабочей среды;  $e^{\text{кин}}$  — фактор экстенсивности, сопряженный с кинетической формой движения



**Рис. 6. Схема парокомпрессионной холодильной установки:**

1 — испаритель; 2 — сухопарник; 3 — радиальный компрессор; 4 — конденсатор; 5 — поплавковый клапан; 6 — регулирующий вентиль I; 7 — распределительная трубка; 8 — регулирующий вентиль II; 9 — масляный теплообменник; 10 — электродвигатель; 11 — трансмиссия; 12 — рабочее колесо; 13 — диффузор; 14 — лопатки направляющего аппарата; 15 — масляный фильтр; 16 — масляный насос; 17 — клапан конденсатора; 18 — камера; 19 — регулирующий вентиль III

этих двух сред поступает в диффузор 4, в котором кинетическая энергия струи переходит в потенциальную энергию с повышением давления.

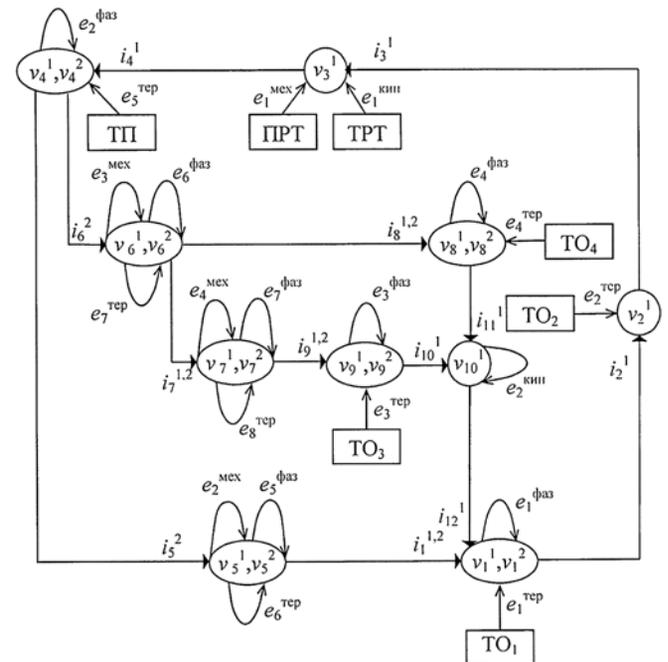
Все взаимодействия рабочего тела с объектами окружения приводят к изменению его энергии. Однако их функции в технической системе могут существенно различаться. В системах охлаждения главными объектами окружения являются теплодатчики и теплоприемники, термическое взаимодействие с которыми приводит к повышению и понижению температуры рабочего тела.

Для осуществления этих главных процессов необходимы и другие взаимодействия. Они нужны для изменения параметров рабочего тела и его перемещения между характерными точками. По функциональному назначению объекты окружения для систем охлаждения можно разделить на шесть групп:

- теплодатчики (ТО);
- теплоприемники (ТП);
- с функцией изменения параметров рабочего тела (ПРТ);
- с функцией транспортирования рабочего тела (ТРТ);
- истоки рабочего тела (ИРТ);
- стоки рабочего тела (СРТ).

Все объекты окружения могут находиться на разных уровнях иерархии.

Такие представления физических явлений позволяют разрабатывать модели ФПД для самых разных систем охлаждения согласно положениям, изложенным в работах [1, 4, 5]. На рис. 6 в качестве примера приведена принципиальная схема парокомпрессионной холодильной установки, а на рис. 7 — разработанная для нее модель ФПД. Опи-



**Рис. 7. Граф модели ФПД парокомпрессионной холодильной установки**

**Описание элементов модели ФПД  
парокомпрессионной холодильной машины**

| Обозначение элемента  | Тип вершины или дуги | Семантическое описание   |
|---|----------------------|--|
| ТП  | Объект окружения     | Охлаждающая жидкость (теплоприемник)   |
| ТО <sub>1</sub>   | То же                | Охлаждаемая жидкость (теплоотдатчик)   |
| ТО <sub>2</sub>   | —//—                 | Регенератор (теплоотдатчик)  |
| ТО <sub>3</sub>   | —//—                 | Масло в масляном контуре теплообменника (теплоотдатчик)                              |
| ТО <sub>4</sub>   | —//—                 | Электродвигатель (теплоотдатчик)   |
| ТРГ   | —//—                 | Механический привод радиального насоса (транспортирование хладагента)                |
| ПРТ   | —//—                 | Механический привод радиального насоса (изменение параметров хладагента)             |
| $v_1^1, v_1^2$  | Характерная точка    | Хладагент в виде пара и жидкости в испарителе  |
| $v_2^1$   | То же                | Парообразный хладагент в сухопарнике   |
| $v_3^1$   | —//—                 | Хладагент в рабочей камере радиального компрессора                                   |
| $v_4^1, v_4^2$  | —//—                 | Хладагент в виде пара и жидкости в конденсаторе                                      |
| $v_5^1, v_5^2$  | —//—                 | Хладагент в виде пара и жидкости в регулирующем вентиле I                            |
| $v_6^1, v_6^2$  | —//—                 | Жидкий хладагент в регулирующем вентиле II   |
| $v_7^1, v_7^2$  | —//—                 | Хладагент в виде пара и жидкости в регулирующем вентиле III                          |
| $v_8^1, v_8^2$  | —//—                 | Хладагент в виде пара и жидкости в кожухе электродвигателя                           |
| $v_9^1, v_9^2$  | —//—                 | Хладагент в виде пара и жидкости в масляном теплообменнике                           |
| $v_{10}^1$  | —//—                 | Парообразный хладагент в соединении трубопроводов                                    |
| $i_1^{1,2}, i_7^{1,2}, i_8^{1,2}, i_9^{1,2}$                                  | Маршрутная дуга      | Потоки хладагента в виде пара и жидкости   |
| $i_2^1, i_3^1, i_4^1, i_{10}^1, i_{11}^1$                                     | То же                | Потоки газообразного хладагента  |
| $i_{12}^1$  | —//—                 | Потоки жидкого хладагента  |
| $i_5^2, i_6^2$  | —//—                 | Потоки жидкого хладагента  |
| $e_1^{фаз}, e_2^{фаз}, e_3^{фаз}, e_4^{фаз}, e_5^{фаз}, e_6^{фаз}, e_7^{фаз}$ | Взаимодействие       | Процессы кипения и конденсации хладагента  |
| $e_1^{тер}, e_2^{тер}, e_3^{тер}, e_4^{тер}, e_5^{тер}$                       | То же                | Процессы теплообмена с объектами окружения   |
| $e_6^{тер}, e_7^{тер}, e_8^{тер}$   | —//—                 | Процессы понижения температуры хладагента при дросселировании в регулирующем вентиле |
| $e_1^{мех}, e_2^{мех}, e_3^{мех}, e_4^{мех}$                                  | —//—                 | Процессы сжатия и расширения хладагента  |
| $e_1^{кин}$   | —//—                 | Процесс нагнетания парообразного хладагента в радиальном компрессоре                 |
| $e_2^{кин}$   | —//—                 | Процесс передачи кинетической энергии между двумя потоками хладагента                |

сание вершин и дуг графа модели ФПД (характерных точек, объектов окружения, потоков хладагента и взаимодействий) приведены в таблице.

Аналогичные модели ФПД были разработаны для газовой криогенной машины, работающей по обратному циклу Стирлинга, турбохолодильной машины, пароэжекторной и бромид-литиевой абсорбционной холодильных установок, а также многих других систем охлаждения, что продемонстрировало продуктивность инженерно-физического подхода для рассматриваемого класса технических систем.

Последовательность построения моделей ФПД показана в виде блок-схемы на рис. 8. Она состоит из двух последовательно выполняемых циклов с постусловием, охваченных структурой "альтернатива с одним действием". Наличие циклов с постусловием предполагает, что каждая процедура, входящая в тело данного цикла, должна быть выполнена хотя бы один раз. Данная структура методики полностью соответствует принципам структурного программирования, что обуславливает возможность ее реализации в виде интерактивной информационно-поисковой системы принятия решений в рамках САПР систем охлаждения.

Структурирование информации позволяет перейти к этапу автоматизации отдельных процедур при построении моделей ФПД систем охлаждения. При этом информация фиксируется в виде таблиц, что позволяет использовать хорошо зарекомендовавший себя инструментарий реляционных СУБД для поддержки программных приложений.

Для каждой характерной точки графа ФПД рассматриваемой системы охлаждения делаются записи в таблице A1 со структурой

$$S_{A1} = \{a_1^1, a_1^2, a_1^3, a_1^4, a_1^5\}, \quad (1)$$

где  $a_1^1$  — порядковый номер кортежа таблицы;  $a_1^2$  — обозначение характерной точки графа ФПД;  $a_1^3$  — семантическое описание вершины;  $a_1^4$  — описание состояний хладагента в характерной точке;  $a_1^5$  — обозначение унитарной системы охлаждения.

Для каждого истока и стока рабочего тела создаются записи в таблице A2 со структурой

$$S_{A2} = \{a_2^1, a_2^2, a_2^3, a_2^4, a_2^5\}, \quad (2)$$

где  $a_2^1$  — порядковый номер кортежа таблицы;  $a_2^2$  — обозначение объекта окружения;  $a_2^3$  — тип объекта окружения;  $a_2^4$  — семантическое описание объекта окружения;  $a_2^5$  — обозначение унитарной системы охлаждения.

Выявляются потоки хладагента, связывающие вершины графа ФПД, и для каждого потока делаются записи в таблице  $A3$  со структурой

$$S_{A3} = \{a_3^1, a_3^2, a_3^3, a_3^4\}, \quad (3)$$

где  $a_3^1$  — порядковый номер кортежа таблицы;  $a_3^2$  — обозначение дуги на графе;  $a_3^3$  — семантическое описание дуги;  $a_3^4$  — обозначение унитарной системы охлаждения.

Описание взаимодействий, выполняемых характерных точках унитарной системы охлаждения, осуществляется в формуляре таблицы  $A4$  со структурой

$$S_{A4} = \{a_4^1, a_4^2, a_4^3, a_4^4, a_4^5, a_4^6\}, \quad (4)$$

где  $a_4^1$  — порядковый номер кортежа таблицы;  $a_4^2$  — обозначение фактора экстенсивности;  $a_4^3$  — обозначение объекта окружения или характерной точки, являющегося источником фактора экстенсивности;  $a_4^4$  — обозначение объекта окружения или характерной точки, являющегося приемником фактора экстенсивности;  $a_4^5$  — семантическое описание дуги;  $a_4^6$  — обозначение унитарной системы охлаждения.

С каждым элементом графа модели ФПД связаны элементарные функции, смысловое значение которых вытекает из принципов феноменологической термодинамики. Перечень этих функций и их логическое обоснование подробно описаны в работах [1, 2, 5].

Последовательность выполнения процедур синтеза технических решений приведена в виде блок-схемы на рис. 9. Она состоит из восьми процедур, вызов которых определяется двумя условиями. После выполнения двух процедур проверяется условие продолжения (найден вариант хладагента). Далее выполняется тело цикла, которое состоит из

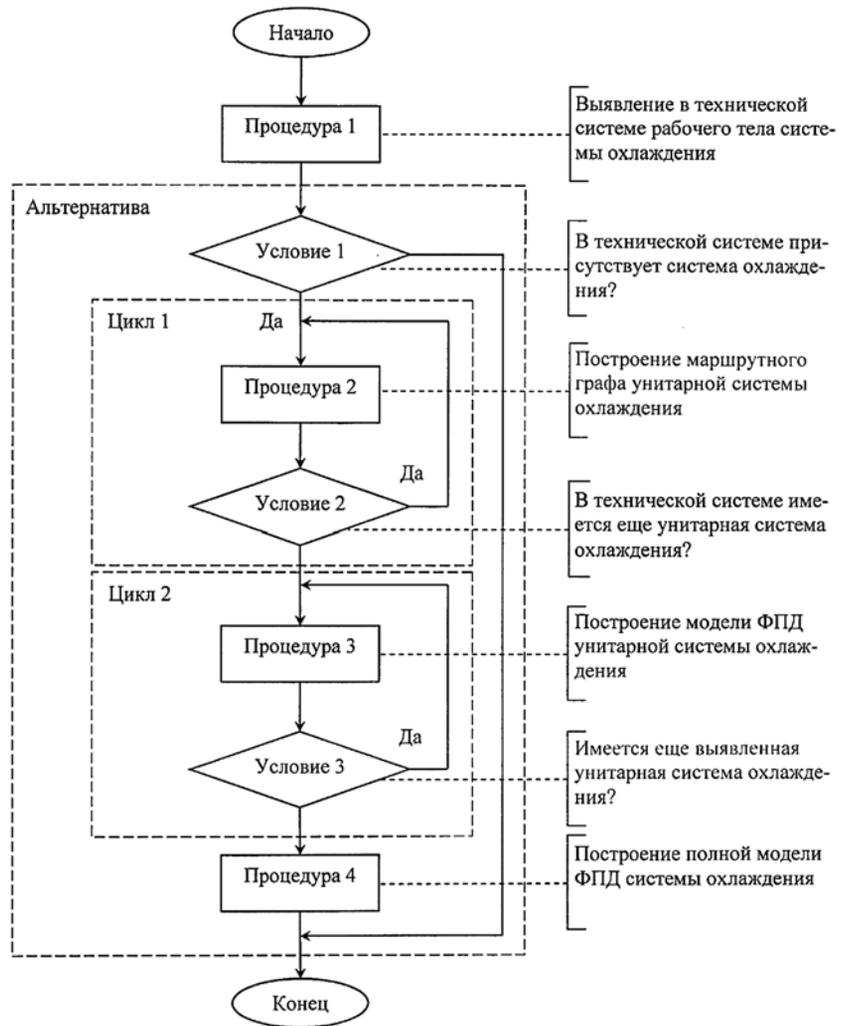


Рис. 8. Последовательность выполнения процедур методики построения модели ФПД

последовательного вызова процедур 3—8. Продолжение цикла определяется условием 2. Данная структура методики также соответствует принципам структурного программирования. Она включает два следования, альтернативу и цикл. Каждая из этих структур имеет одну точку входа и одну точку выхода.

В процессе выполнения процедуры определения элементарных функций, связанных с вершинами и дугами графа ФПД, заполняется таблица  $M1$  со структурой

$$S_{M1} = \{m_1^1, m_1^2, m_1^3, m_1^4, m_1^5\}, \quad (5)$$

где  $m_1^1$  — обозначение элемента графа ФПД (вершины и/или дуги);  $m_1^2$  — тип элементарной функции;  $m_1^3$  — вербальное описание элементарной функции для данного элемента графа;  $m_1^4$  — иден-



Рис. 9. Последовательность выполнения процедур методики синтеза технических решений

идентификатор элементарной функции;  $m_1^5$  — необходимость конструктивной реализации.

Далее определяются нежелательные взаимодействия и определяются элементарные функции для их исключения. По результатам анализа заполняется таблица  $M2$  со структурой

$$S_{M2} = \{m_2^1, m_2^2, m_2^3, m_2^4, m_2^5, m_2^6\}, \quad (6)$$

где  $m_2^1$  — обозначение элемента графа ФПД (вершины или дуги), с которым связано нежелательное взаимодействие;  $m_2^2$  — обозначение и вербальное описание нежелательного взаимодействия;  $m_2^3$  — обозначение элементарной функции;  $m_2^4$  — вербальное описание элементарной функции;  $m_2^5$  —

идентификатор элементарной функции;  $m_2^6$  — необходимость конструктивной реализации.

Для поиска альтернативных конструктивных элементов, реализующих элементарные функции, определяются источники информации, которые фиксируются в таблице  $M3$  со структурой

$$S_{M3} = \{m_3^1, m_3^2, m_3^3, m_3^4, m_3^5\}, \quad (7)$$

где  $m_3^1$  — идентификатор типа конструктивного элемента;  $m_3^2$  — наименование конструктивного элемента;  $m_3^3$  — перечень элементарных функций, выполняемых элементом;  $m_3^4$  — классы Международной патентной классификации (МПК);  $m_3^5$  — другие источники информации, в которых содержатся описания конструктивных элементов, выполняющих подобные функции.

По результатам поиска в источниках информации составляется список конструктивных элементов в таблице  $M4$  со структурой

$$S_{M4} = \{m_4^1, m_4^2, m_4^3, m_4^4, m_4^5, m_4^6\}, \quad (8)$$

где  $m_4^1$  — обозначение конструктивного элемента;  $m_4^2$  — наименование конструктивного элемента;  $m_4^3$  — источник информации о данном конструктивном элементе, где дается его описание;  $m_4^4$  — набор элементарных функций, выполняемых данным элементом;  $m_4^5$  — перечень показателей качества системы охлаждения, на которые влияет данный элемент;  $m_4^6$  — экспертные оценки элемента по каждому показателю качества.

Техническое решение системы охлаждения представляет собой список конструктивных элементов, сформированный так, чтобы входящие в него элементы выполняли все элементарные функции, сформулированные в таблицах  $M1$  и  $M2$ . Для этого составляется матрица технических решений, последовательность разработки и пример которой подробно описаны в работах [2, 3]. Практика составления и использования таких матриц показала, что во многих случаях конструктивные элементы выполняют сразу несколько элементарных функций,

которые накладываются друг на друга. Это обуславливает несовместимость таких конструктивных элементов в одном техническом решении. Составление полного списка возможных технических решений, состоящих из совместимых элементов, осуществляется с помощью программного приложения.

Алгоритм синтеза технических решений и методика экспертной оценки уровня качества получаемых технических решений описаны в работе [5].

Оценка качества проектируемого изделия осуществляется в следующих целях:

- обоснования прогнозируемого уровня качества изделия;
- обоснования технических требований к изделию;
- выбора оптимального варианта для запуска в производство;
- достижения и превышения технического уровня проектируемых изделий.

Базовые показатели качества определяются на основе анализа известных аналогов проектируемой системы охлаждения с учетом перспектив технического прогресса и требований потребителя. В качестве базовых показателей могут быть приняты следующие:

- показатели существующих лучших образцов;
- планируемые и прогнозируемые показатели (если они обоснованы);
- рекомендации международных организаций.

При проектировании новых образцов систем охлаждения, когда аналог разрабатываемого изделия отсутствует, для определения базовых показателей используют всю доступную информацию вплоть до перспективных показателей гипотетического образца, обоснованных результатами научных исследований. Показатели качества вырабатывает ведущий конструктор с привлечением необходимых специалистов, а затем их номенклатуру рассматривает экспертная комиссия, которая принимает окончательное решение. Значения принятых показателей качества определяются при сопоставлении аналогичных базовых и перспективных показателей.

Коэффициенты весомости показателей определяются экспертным методом, который предполагает создание экспертной комиссии из высококвалифицированных специалистов (не менее семи человек), уровень компетентности которых в оценке качества рассматриваемого объекта примерно одинаков.

### Заключение и выводы

Существует взгляд, что новые методы нужно разрабатывать для получения новых более прогрессивных технических решений. Однако, на наш взгляд, не менее важен и аспект их использования для обучения нового поколения проектировщиков [6, 7]. Необходимы методы, обоснование которых строится на базе современных физических представлений и вытекающих из них законов строения

технических систем. Это позволяет проектировщику лучше понимать особенности проектирования новых систем и правильно выбирать пути их конструктивной трансформации для повышения потребительских характеристик проектируемых изделий. В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Предлагаемая методика позволяет сформировать матрицу технических решений систем охлаждения с газообразным и жидким рабочим телом на основе модели физического принципа действия. Главным ее преимуществом по сравнению с морфологическими таблицами является то, что получаемые технические решения не содержат функционально несовместимых элементов.

2. Описанный подход позволяет не только существенно повысить производительность труда проектировщика и открыть широкие перспективы автоматизации данного, наиболее творческого этапа проектирования, но и повышает вероятность получения нового технического решения с форсированным уровнем качества.

3. Новая методика поискового конструирования систем охлаждения через построение моделей физического принципа действия позволяет по-новому обучать процессу проектирования. С ее помощью можно не только изучать уже существующие схемы систем охлаждения, но и понимать принципы их создания и способы трансформации технических систем для получения новых, более прогрессивных технических решений.

*Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части проекта 2586 задания № 2014/16, проекта № 2.1917.2014К\_2014, а также при финансовой поддержке со стороны РФФИ, проект № 16-47-340229 p\_a.*

### Список литературы

1. Яковлев А. А. Разработка множеств технических решений установок для преобразования энергии. М.: Машиностроение-1, 2007. 128 с.
2. Yakovlev A. A., Chursina S. V., Pozdnyakova P. E., Sorokin V. S. Energy converters with gaseous and liquid working body searching design // World Applied Sciences Journal (WASJ). 2013. Vol. 24, Spec. iss. 24: Information Technologies in Modern Industry, Education & Society. P. 213–219.
3. Камаев В. А., Яковлев А. А. Моделирование физических принципов действия и формирование множеств технических решений преобразователей энергии // Информационные технологии. 2006. № 1. С. 2–8.
4. Коробкин Д. М., Фоменков С. А., Колесников С. Г. Автоматизация процесса формирования информационного обеспечения базы данных физических эффектов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2005. № 3. С. 22–25.
5. Фоменков С. А., Колесников С. Г. Информационное наполнение баз данных по физическим эффектам // Информационные технологии. 2004. № 6. С. 60–62.
6. Воинов Б. С., Бугров В. Н., Воинов Б. Б. Информационные технологии и системы: поиск оптимальных, оригинальных и рациональных решений. Второе доп. науч. изд. В 2 томах. Т. 1. Методология синтеза новых решений. М.: Наука, 2007. 480 с.
7. Kravets A. G., Gurtjakov A. S., Darmanian A. P. Enterprise intellectual capital management by social learning environment implementation // World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 23, N 7. P. 956–964.

## Search Engine Design Systems Cooling Based Engineering and Physical Approach

*The technique of search engine design that allows by constructing a model of the physical principle of action to get a lot of cart-sible technical solutions cooling systems and identify the most promising options for constructive realization. Obtained data domain techniques and refined model of the physical principle of action for the cooling systems. The algorithms and the basic data structures for information support search design.*

**Keywords:** tags, search engine design, the physical principle of action, the technical solution, the cooling system, the working fluid

### References

1. **Yakovlev A. A.** *Razrabotka mnozhestv tehniceskikh reshenij ustanovok dlja preobrazovanija jenerгии* (Development of technical solutions sets of installations for energy conversion), Moscow, Mashinostroenie-1, 2007, 128 p.
2. **Yakovlev A. A., Chursina S. V., Pozdnyakova P. E., Sorokin V. S.** Energy converters with gaseous and liquid working body searching design, *World Applied Sciences Journal (WASJ)*, 2013, vol. 24, spec. iss. 24: Information Technologies in Modern Industry, Education & Society, pp. 213–219.
3. **Kamaev V. A., Yakovlev A. A.** Modelirovanie fizicheskikh principov dejstvija i formirovanie mnozhestv tehniceskikh reshenij preobrazovatelej jenerгии (Modelling of physical principles of operation and formation of sets of technical solutions energy converters), *Informacionnye tehnologii*, 2006, no. 1, pp. 2–8.
4. **Korobkin D. M., Fomenkov S. A., Kolesnikov S. G.** Avtomatizacija processa formirovanija informacionnogo obespechenija bazy dannyh fizicheskikh jeffektov (The formative process automation is information provision database of physical effects), *Vestnik komp'uternyh i informacionnyh tehnologij*, 2005, no. 3, pp. 22–25.
5. **Fomenkov S. A., Kolesnikov S. G.** Infoemacionnoe napolnenie baz dannyh po fizicheskim jeffektam (Information content database of physical effects), *Informacionnye tehnologii*, 2004, no. 6, pp. 60–62.
6. **Voinov B. S., Bugrov V. N., Voinov B. B.** Informacionnye tehnologii i sistemy: poisk optimal'nyh, original'nyh i racional'nyh reshenij (Information technology and system: the search for optimal, original and rational solutions). *Vtoroe dopolnennoe nauchnoe izdanie*, vol. 1, Metodologija sinteza novyh reshenij, Moscow, Nauka, 2007, 480 p.
7. **Kravets A. G., Gurtjakov A. S., Darmanian A. P.** Enterprise intellectual capital management by social learning environment implementation, *World Applied Sciences Journal*, 2013, vol. 23, no. 7, pp. 956–964.

### 4-я Международная Научно-практическая конференция ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРОГРАММ, ТМРА—2017, Москва, 3–4 Марта 2017

Приглашаем студентов старших курсов, аспирантов, молодых ученых, преподавателей, научных сотрудников и сотрудников технологических компаний, чьи научные и практические интересы связаны с разработкой и анализом программного обеспечения, принять участие в четвертой научно-практической конференции Tools & Methods of Program Analysis/Инструменты и методы анализа программ.

Вопросы эффективности и корректности функционирования программного обеспечения являются ключевыми для большинства наукоемких отраслей современной экономики. Четвертая международная научно-практическая конференция Tools & Methods of Program Analysis нацелена на развитие индустрии разработки программного обеспечения и внедрение новейших разработок в области тестирования, анализа и верификации программ.

На конференции будут представлены приглашенные доклады признанных специалистов в области программной инженерии и конкурсные доклады, прошедшие рецензирование несколькими независимыми экспертами.

Темы, рассматриваемые на конференции, включают (но не ограничиваются):

- автоматизация тестирования программного обеспечения
- статический анализ программ
- верификация
- динамические методы анализа программ
- тестирование и анализ параллельных и распределенных систем
- тестирование и анализ высоконагруженных систем и систем высокой доступности
- анализ и верификация программно-аппаратных систем
- методы создания качественного программного обеспечения
- инструментальные средства анализа, тестирования и верификации

#### Ключевые даты

- 9 декабря — окончание приёма аннотаций к докладам;
- 16 декабря — окончание приёма статей;
- 27 января — публикация списка принятых работ;
- 3–4 марта — конференция ТМРА—2017.