

Макаров В.В.¹, Аблаев А.Р.²

¹ Севастопольский Национальный технический университет. Украина, Севастополь.

² Центральное конструкторское бюро "Черноморец". Украина, Севастополь

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СУДОВЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Анотація

Розглядається частина, яка пропонується авторами, методичної розробки комп'ютерної технології виконання розрахунків у процесі проектування та можливість її інтеграції в усьому життєвому циклі судових теплообмінних апаратів.

Abstract

The methodological development part of the calculation computer technology in the design process and a possibility of its integration into the whole life cycle of marine heat exchangers offered by the authors are considered.

Проектирование новых изделий состоит из ряда стадий и этапов. На каждом из которых, в общем случае, решаются две задачи: первая — расчетная задача; вторая — графическая задача. Они взаимосвязаны. В настоящей работе рассматривается первая задача, которая является важнейшей, т.к. оказывает влияние на принятие решений при выполнении графических работ. Для ускорения процесса проектирования в настоящее время внедряются компьютерные технологии (КТ), которые призваны не автоматизировать традиционно существующие технологические звенья, а принципиально изменить саму технологию проектирования. Только в этом случае можно ожидать существенного повышения качества создания изделий, снижение затрат на весь его жизненный цикл при снижении сроков проектирования.

В свою очередь компьютерная технология требует четкой формулировки задач, которые будут решаться в системе проектирования, знания путей развития самого объекта, наиболее слабые места, препятствующие повышению качества создаваемых изделий и сокращению сроков разработок. С этой целью проводятся предпроектные исследования, в которых систематизируются номенклатура теплообменников по конструктивным признакам, исследуются важнейшие направления совершенствования судовых теплообменных аппаратов (СТА), рассматриваются сложившиеся системы проектирования.

В условиях новых сложившихся производственных структур и их связей выделены

следующие основные функции проектирования: подбор СТА из стандартизированных рядов по параметрам технического задания заказчиков; конструирование типовых СТА из унифицированных узлов и деталей; создание новых СТА; проведение экспериментально-исследовательских работ для обеспечения разработок новых СТА, включающий поиск, а также анализ информации; авторский надзор за изготовлением опытных образцов СТА, включающий корректировку чертежей и технической документации.

Выполнение первой функции заключается в проведении тепловых, гидравлических и других видов расчетов с целью выбора СТА из стандартизированных рядов. Вторая функция, как правило, заключается в разработке рабочего проекта аппарата. Функция 3 предполагает учет выполнения всех стадий разработок (эскизного, технического и рабочего проектов) СТА.

В случае создания оригинальных конструкций аппаратов проводятся экспериментально-исследовательские работы (функция 4) с целью отработки методик расчетов, конструкции и технологии изготовления опытных образцов аппаратов и отдельных узлов.

Авторский надзор (функция 5) осуществляется в период изготовления и испытаний опытных образцов аппаратов с целью определения их соответствия техническим заданиям заказчиков, а также выявления и оперативного устранения ошибок, допущенных при проектировании.

Несмотря на различие состава работ по рассмотренным функциям, они выполняются, как правило, по типовым проектным процедурам, состав и последовательность исполнения которых при создании СТА представлены на рисунке 1. Конечным результатом проектных процедур является рабочая конструкторская документация, в состав которой для типового СТА входят текстовая документация и рабочие чертежи аппарата. Текстовая документация, наряду с другими документами, включает документацию вида "Расчеты".

Как показано на рисунке 1 на верхнем уровне проектных процедур находятся процедуры формирования критериев качества теплообменника и теплогидродинамического расчета, по результатам

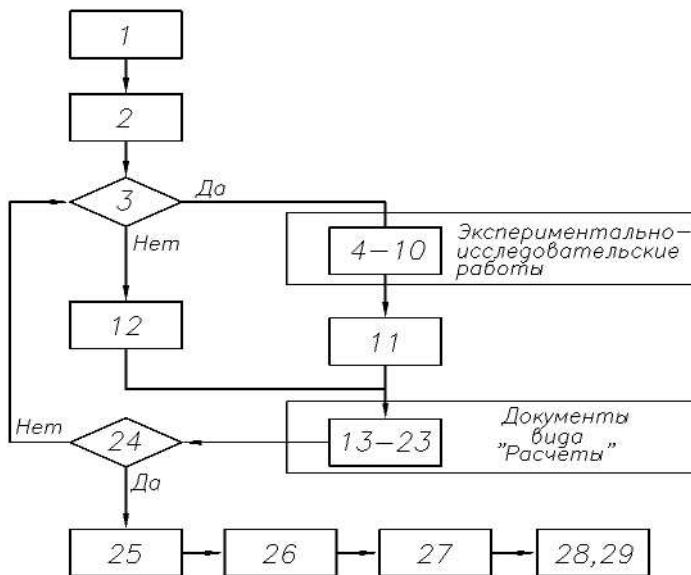


Рис. 1.

- 1 – составление технического задания на проектирование;
 2 – формирование критериев; 3 – проверка условия создания нового аппарата; 4 – патентные исследования;
 5 – формирование концептуальной и математической масштабной модели СТА; 6 – тепловой и гидравлический расчет масштабной модели; 7 – вычерчивание чертежей модели; 8 – изготовление модели; 9 – испытание модели и обработка результатов измерений и испытаний;
 10 – разработка методики теплового и гидравлического расчета новых СТА; 11 – формирование концептуальной и математической модели нового СТА; 12 – формирование концептуальной и математической модели типового СТА;
 13 – тепловой и гидравлический расчеты; 14 – расчет прочности; 15–16 – расчет внешним воздействиям;
 17 – расчет надежности; 18 – расчет уровня стандартизации и унификации; 19 – расчет амортизационных креплений;
 20 – расчет проектных норм расхода материалов; 21 – расчет экономических параметров; 22 – расчет массы и центра тяжести; 23 – расчет показателей технического уровня и качества; 24 – проверка соответствия заданным критериям технического уровня; 25 – разработка рабочих чертежей;
 26 – составление текстовой документации; 27 – изготовление опытного образца СТА; 28 – проведение межведомственных испытаний; 29 – принятие решения о запуске аппарата в серийное производство

которого определяются форма и компоновка теплопередающих элементов, т.е. теплопередающая поверхность аппарата, которая, в свою очередь, является определяющей при дальнейшей разработке конструкции аппарата в целом. Таким образом, в системе проектирования СТА расчетная часть работ играет определяющую роль в обеспечении высоких технико-экономических показателей теплообменников. Должны быть также учтены другие факторы, оказывающие существенное влияние на выбор этих задач: решение задач, к числу которых можно отнести, например, задержка в выполнении графических

работ вследствие отставания расчетной части работ; невозможность формализации всех проектных процедур в одинаковой степени.

С учетом перечисленных факторов и анализа результатов исследования системы проектирования СТА сформулированы первоочередные задачи решаемые с помощью компьютерных технологий: автоматизация формирования конструкторских компоновок СТА, их расчетных схем; автоматизация элементов расчетов (теплового, гидравлического, прочностного и др.); автоматизация обработки результатов измерений при испытании моделей и аппаратов; формирование алгоритмических модулей различных видов расчета; оптимизация конструкторских решений на основе унифицированных и стандартизированных элементов, с использованием блочно-модульного принципа; имитационное моделирование режимных характеристик аппаратов в условиях эксплуатации; моделирование конструкций типовых деталей с передачей цифровой модели для графического оформления и передачи цифровой модели предприятию-изготовителю.

Таким образом, решение первоочередных задач компьютерной технологии позволит повысить качество и технико-экономический уровень СТА, сократит сроки и трудоемкость их проектирования, а также будет способствовать созданию интегрированной компьютерной технологии в составе "жизненного" цикла СТА.

Автоматизация элементов расчета на основе более совершенных математических моделей дает возможность разработчикам СТА проводить расчетно-теоретический анализ аппаратов на ранних стадиях эскизных и технических проектов, тем самым повысить качество проектирования и сократить его цикл.

Нужно отметить что, разработка алгоритмических модулей различного вида, для создания компьютерной технологии проектирования теплообменного аппарата относится к сложному творческому процессу, требующему привлечения специалистов высокой квалификации. Этот процесс можно представить состоящим из следующих этапов: сбор и создание базы данных компонентов, из которых формируются ТА и соответственно математических моделей для их расчетов; составление детальной схемы блоков, подблоков и процедур; согласование форм и кодов массивов различной информации – входных,

выходных и промежуточных; разработка укрупненных схем алгоритмических модулей и их синтез; написание программ на одном из языков программирования; отладка программ; стыковка программ, включая программные модули (блоки); отладка всего комплекса программ.

К новым задачам при проектировании СТА относится имитационное моделирование. Оно позволяет существенно улучшить технологию и качество проектирования, а также снижает в 2–3 раза объем стендовых испытаний новых моделей и аппаратов, что значительно сокращает производственный цикл их создания. Достижению этих же целей способствует автоматизация обработки результатов измерений при испытаниях моделей и аппаратов. Компьютерные технологии позволяют существенно ускорить разработку математических моделей адекватных проектируемым аппаратам.

На начальном этапе разработки компьютерных технологий проектирования СТА предлагается формировать базу данных: образов теплопередающих элементов, наиболее часто применяемых в практике проектирования; реальных и гипотетических объектов, формируемых числовым кодом и представляющих собой комбинацию пространственно расположенных различных форм теплопередающих элементов и схем взаимодействия поток рабочих сред.

При построении компьютерных технологий проектирования СТА кроме принципа новых задач следует учитывать и принципы комплексности и интеграции, системного структурно-модульного подхода, совместимости и ряда других. Реализация этих принципов имеет своей целью обеспечить результативность работ по созданию компьютерных технологий расчетов СТА.

Принцип комплексности и интеграции заключается в следующем. Система компьютерных технологий должна рассматриваться в рамках разработки и функционирования гибкого автоматизированного производства (ГАП) СТА, в которой, кроме автоматизации расчетов, имитационного моделирования, оптимизации и др., входят и другие компьютерные системы: научных исследований испытаний, технологической подготовки производства, управления производством и др.

Таким образом, разрабатываемая компьютерная технология, например, расчетов СТА должна быть увязана с существующими и параллельно разрабатываемыми системами. С целью реализации принципа комплексности и интеграции языки ввода-вывода, символы, коды, информационные характеристики и структурные связи компьютерной технологии, должны быть согласованы с взаимодействующими системами и их компонентами, т.е. выполняться условие принципа совмес-

тимости. Рассматриваемые принципы должны решаться с применением системно-структурно-модульного подхода. Который реализуется на двух уровнях: объектном и задачном. СТА относятся к изделиям, выполняющим различные функции в судовых системах. Поэтому их связи и взаимодействие (как функционирующих объектов) с внешней средой (судовыми системами) заранее являются неопределенными и проявляются либо при непосредственном подборе аппаратов из стандартного ряда либо при их проектировании на заданные условия. Исходя из этого, системный подход сводится к следующему. Все теплообменники независимо от назначения и конструктивных особенностей, а также задачи и процедуры, связанные с проектированием аппаратов рассматриваются как целостная система. Для установления характерных конструктивных и компоновочных связей в теплообменных аппаратах предложена их классификация по следующим признакам: структура, конструкции, форме теплопередающего элемента, типу теплопередающей поверхности, компоновке элементов и аппарата в пространственно-координатных осях.

Далее выполняется классификация основных задач, решаемых в процессе проектирования СТА, и связанная с ними классификация проектных процедур. Описание проектных процедур осуществляется с помощью блок-схем (обобщенных структур), которые охватывают состав, число и последовательность использования проектных операций (алгоритмических модулей). Таким образом, обобщенные структуры опосредственно характеризуют содержание и организацию общей математической модели, реализующей конкретную задачу проектирования.

При создании обобщенных структур соблюдается принцип преемственности и иерархичности. Структуры с более низким уровнем иерархии частично или полностью входят в состав структур с более высоким уровнем иерархии. Установлена взаимосвязь отдельных структур, их целостность, совместимость и постоянство. Выделен состав инвариантных для всего класса СТА структур (моделей). Установлен необходимый минимум моделей, с помощью которых можно синтезировать алгоритм процесса проектирования.

Анализ показывает, что наиболее целесообразным в компьютерной технологии СТА является выделение подсистем по функциональным проектным процедурам (макропроцедурам). Подсистемы компьютерной технологии СТА включают следующие части: теплопередача, гидравлика, прочность, амортизация, автоколебания, вибростойкость, ударостойкость, компоновка, документация, надежность, оптимизация, экономика,



стандартизация, технология, графика, качество, испытания, исследования, информационно-поисковая система. Перечисленные подсистемы являются инвариантными относительно широкого класса СТА

Они строятся путем накопления инвариантных модулей, являющихся частью проектной операции. Например, подсистема "Теплопередача" содержит пакеты прикладных программ, включающих модули расчетов теплового баланса, теплопроводности, коэффициентов теплопередачи, коэффициентов теплоотдачи, теплофизических свойств и др.

В связи с большой разновидностью объектов автоматизации и задач в компьютерной технологии СТА разработку объектно-ориентированных прикладных программ целесообразно производить с учетом автоматизированного формирования алгоритмов и программ на последующих этапах разработки КТ СТА.

На рисунке 2 в качестве примера показан проектно-проверочный расчет любых по конструкции СТА, синтезируемый из модулей подсистем: "Компоновка", "Теплопередача", "Гидравлика", "Оптимизация", "Документация". Диапазон конструкций аппаратов по данному виду расчета не ограничен и зависит от наличия программных блок-модулей в соответствующих подсистемах. Этот синтез может происходить автоматически либо в диалоговом режиме, при котором последовательность вызова соответствующих моделей осуществляет пользователь.

Выводы:

- впервые предложена комплексная система компьютерных технологий разработки судовых кожухотрубчатых охладителей масла и воды, которая может быть интегрирована для широкого

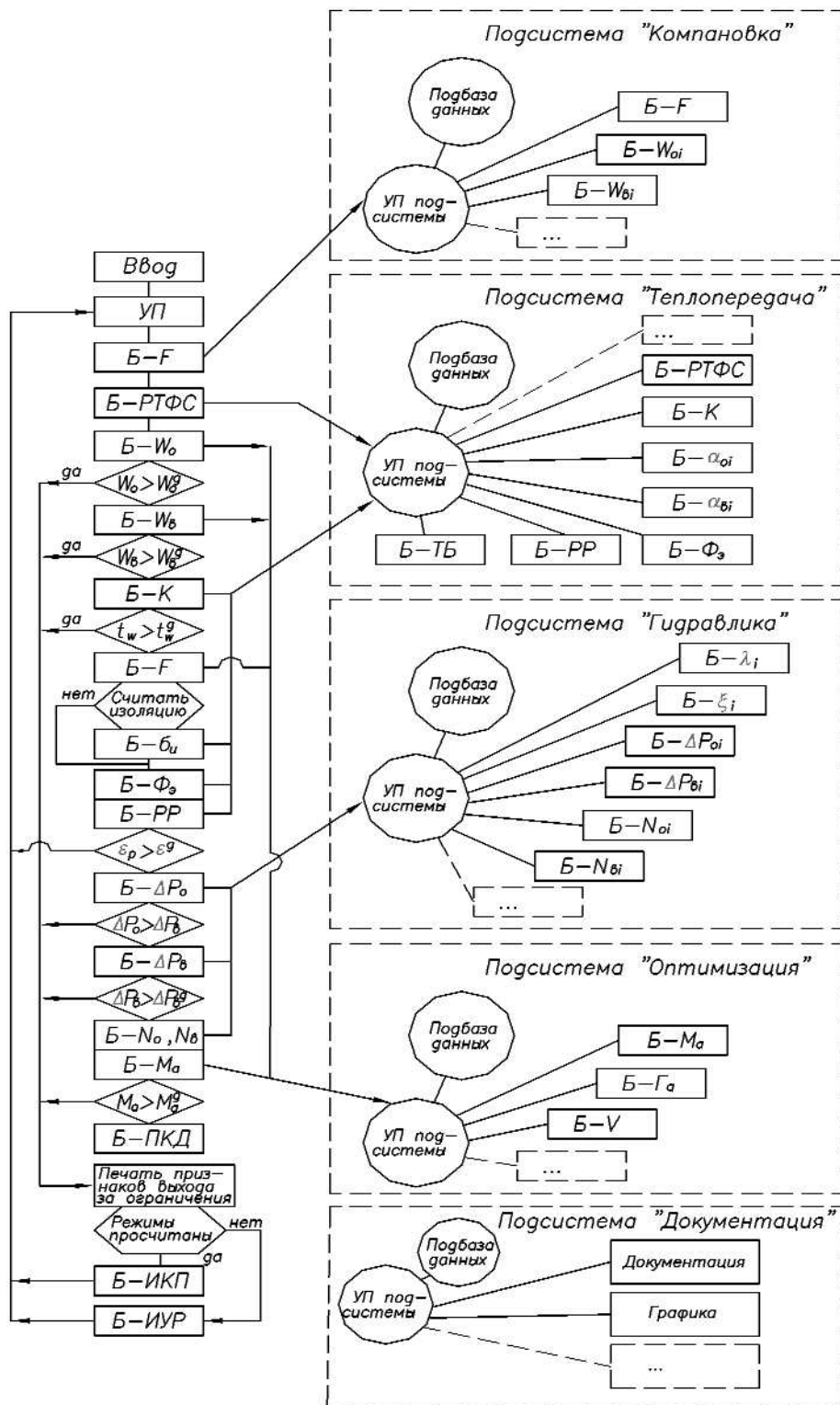


Рис. 2. Схема синтеза алгоритма теплогидродинамического расчета СТА

круга разработчиков судовых и корабельных систем;

- предложенная технология базируется на системно структурно-модульном подходе;

- разработана структурная схема жизненного цикла СТА, позволяющая оценивать состав задач на каждом её этапе, которые следует планировать и разрабатывать применительно к условиям использования КТ при создании, как новых, так и при выборе серийных СТА;

- предложены обобщенные структуры видов расчета для кожухотрубчатых охладителей масла и воды, многие блоки которых могут быть использованы при разработке других типов СТА;

- в рамках обобщенных структур выделены элементарные модули компонентов теплового и

гидравлического расчета кожухотрубчатого СТА, которые могут использоваться при разработке любых видов теплогидродинамического расчета;

- разработаны алгоритмические модели основных видов теплогидродинамического расчета и основных элементарных модулей, с помощью которых собирается алгоритм расчета.

Литература

1. *Макаров В.В.* Система автоматизированного проектирования судовых теплообменных аппаратов/ В.В. Макаров. — К.: Знание, 1987. — 20 с.

2. *Каневец Г.Е.* Введение в автоматизированное проектирование теплообменного оборудования/ Г.Е. Каневец, И.Д. Зайцев, И.И. Головач. — К.: Наукова думка, 1985. — 232 с.