

*Ст. преподаватель Гайдаржи В.И.,
ст. преподаватель Круш О.Е.,
ассистент Антонюк Т.В.
(НТУУ «КПИ», Киев, Украина)*

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ НТУУ «КПИ»

В современной теплотехнике все большее значение приобретают системы, позволяющие автоматизировать процессы расчета и проектирования теплоэнергетических объектов. Это вполне закономерно, так как внедрение подобных программных продуктов позволяет повысить уровень производительности и качество труда инженера-системотехника занимающегося проектированием теплотехнического оборудования.

Рассмотрим несколько примеров автоматизированных систем проектирования

1. Система автоматизированного проектирования «КРОКУС»

Разработана совместно Институтом кибернетики НАН Украины и Харьковским ЦКБ ЭНЕРГОПРОГРЕСС.

Система позволяет осуществлять (рис.1) проектирование энергетических котлоагрегатов. Включает средства ведения базы данных проектов котлоагрегатов, программы выполнения различных инженерных расчетов, подсистему оптимизации принимаемых технических решений, средства автоматического формирования эскизов, развитые средства графического интерфейса пользователя. Система поддерживает многопользовательский режим работы, средства разделения доступа к данным.

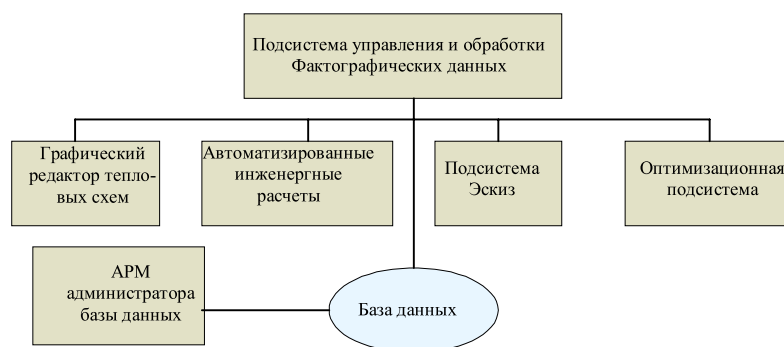


Рисунок 1 – Структура САПР «КРОКУС»

В системе выполняются следующие расчеты:

Тепловой расчет котлоагрегата, расчет топки котла ЦКС, расчет температуры стенки, расчет гидравлической развертки, гидравлический расчет, расчет стоимости, материалоемкости, приведенных затрат, термодинамические свойства воды и водяного пара, оптимизационные задачи, решаемые в системе:

Оптимальное распределение тепловосприятий между пакетами; определение оптимальных характеристик пакетов (шаги, заходности, число петель, диаметры, толщины стенок труб); оптимизация габаритных характеристик, скоростей теплоносителей; минимизация приведенных затрат, стоимости, материалоемкости; система поддерживает графический редактор тепловых схем.

Пользователь формирует тепловую схему используя графические символы стандартных элементов. При этом автоматически заполняются соответствующие таблицы базы данных. Предусмотрено несколько форм отображения и редактирования данных, различные функции, повышающие производительность пользователя, средства автоматической трассировки схем для их представления в различном формате. Имеется возможность отображать в тепловых схемах различную информацию из базы данных (как исходную, так и результаты расчетов), а так же делать фиксированные надписи. Поддерживается также возможность формирования эскизов узлов конструкции. Эскизы формируются автоматически по данным, которые были получены в результате оптимизации или задавались пользователем.

2. Комплекс программ для проектирования контактных водонагревателей – КВН

Комплекс программ предназначен для решения двух основных задач (рис. 2):

1. Проведения предпроектного анализа взаимосвязей теплофизических и конструктивных параметров контактного водонагревателя с целью выбора оптимального задания на проектирование.

2. Проведения конструктивного расчета водонагревателя заданной мощности и выдача комплекта конструкторской документации путем модификации комплекта чертежей заданной базовой мощности.

Программный комплекс функционирует в двух средах графического проектирования - AutoDesk Inventor и SolidWorks с целью предоставления пользователю возможности выбора оптимальной для него среды.

Программно-информационное обеспечение представляет собой комплекс программ, написанных на языке программирования Visual Basic, в котором используется модель объектов, поставляемая соответствующей средой. Благодаря технологии Add-In, положенной в основу разработки, программное обеспечение встраивается на уровне главного

меню в соответствующую среду в виде нового элемента меню, подпункты которого реализуют отдельные задачи системы.

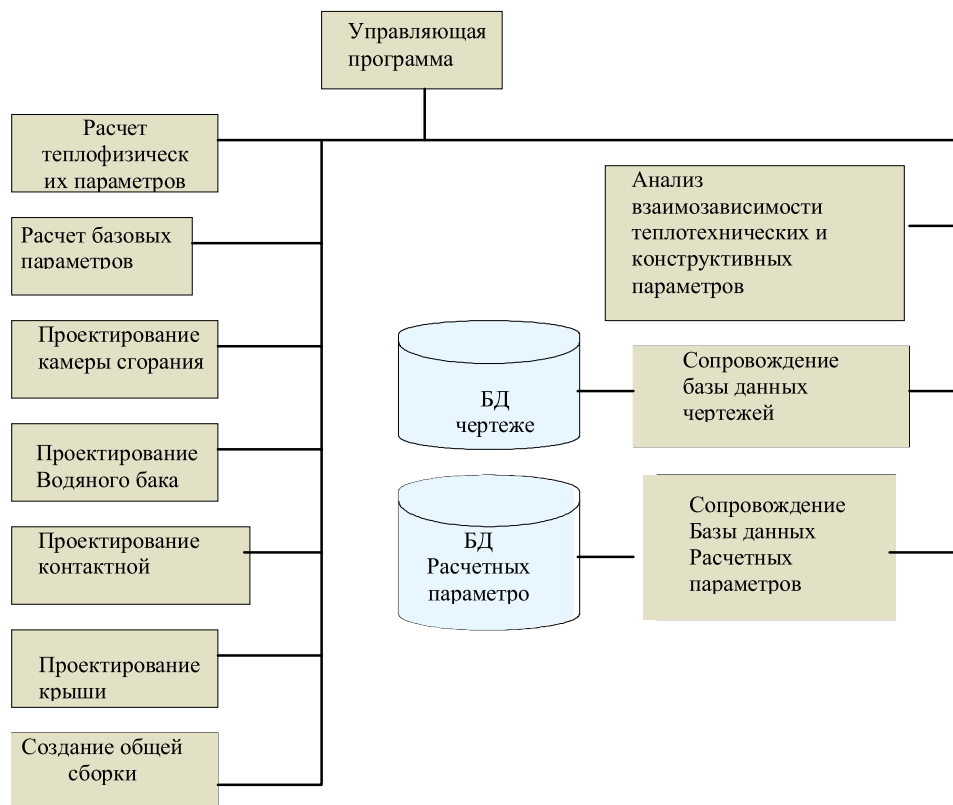


Рисунок 2 – Архитектура САПР КВН

В структуре комплекса выделяют следующие модули:

1. Главный модуль (управляющая программа) имеющий следующие функции:

Создание нового проекта ВКПТ, архивацию, удаление и корректировку ранее созданных проектов; сопровождение графической базы данных и базы данных расчетных параметров; визуализация главного меню системы и его подпунктов, активизация необходимого модуля расчета или анализа, и обработка результатов работы вызванного модуля; формирование отчета о результатах анализа и проектирования, вывод его на печать.

2. Модули предпроектного анализа взаимной зависимости значений базовых конструктивных параметров КВН и его мощности. Модуль позволяет варьируя параметрами, входящими в состав задания на проектирование водонагревателя (такими как мощность, тепловой график сети, коэффициент избытка воздуха, температура окружающей среды), анализировать взаимную зависимость теплотехнических парамет-

ров (КПД водонагревателя, расход воды и газа) и его конструктивных параметров.

3. Модуль расчета теплотехнических параметров КВН для заданной мощности;

4. Модуль расчета базовых конструктивных параметров КВН. В модуле решается задача правильного выбора площади поперечного сечения, высоты камеры сгорания КВН, количества и диаметра экранных труб исходя из заданной тепловой нагрузки. Также определяются размеры основных деталей контактной камеры, её высота, размеры, конфигурация и количество барботажных решеток, рассчитываются диаметры патрубков водопроводящей системы. Основные размеры водяного бака, панелей и крышки определяются из зависимостей, установленных с размерами камеры сгорания и контактной камеры. Эти данные затем используются подсистемами проектирования узлов КВН.

5. Модули проектирования основных функциональных элементов водонагревателя: камеры сгорания, водяного бака, контактной камеры, крышки. Подсистема, используя значения базовых конструктивных параметров, обеспечивает расчет всех деталей водонагревателя, включая расчет прочностных элементов, а также модификацию эскизов деталей, общей сборки и выдачу новых рабочих чертежей камеры сгорания водяного бака, контактной камеры, крышки включая создание спецификаций.

6. Модуль создания общей сборки водонагревателя и на ее основе комплекта конструкторской документации. Подсистема предназначена для формирования общей сборки всех узлов водонагревателя. В процессе работы модуля определяется расположение камеры сгорания в нижней части водяного бака, барботажных решеток и водоотбойника в верхней части водяного бака, а также происходит проектирование дополнительных деталей водонагревателя не относящихся ни к одному из вышеперечисленных узлов, таких как прокладки, переходники и облицовочные панели. Результатом работы подсистемы является завершение создания нового комплекта конструкторской документации на проектируемый контактный водонагреватель.

Функционирование комплекса основывается на использовании комплексной базы данных состоящей из двух частей:

- графической БД. В состав которой входит набор файлов хранящих базовую и создаваемую конструкторскую документацию КВН (рабочие чертежи деталей, сборочные чертежи и файлы спецификаций). Примерный объём базы - около 120 файлов для КВН данного типа;

- реляционной базы данных расчетных входных и выходных параметров алгоритмов расчета и анализа системы. Примерный объём базы данных около 20 таблиц.

3. Комплекс программ для проектирования котельных на базе КВН

Комплекс программ предназначен для решения следующих задач:

Расчета теплотехнических параметров котельной, комплектации котельной для формирования спецификаций оборудования, составление локальных и объектных смет осуществляется по всем разделам рабочего проекта, формирования чертежной документации всех разделов рабочего проекта.

Система включает в себя главный модуль, функционирующий как расширение классических сред графического проектирования AutoDesk Inventor и SolidWorks, который управляет исполнительными подсистемами.

Общая архитектура программного комплекса представлена на рисунке 3.

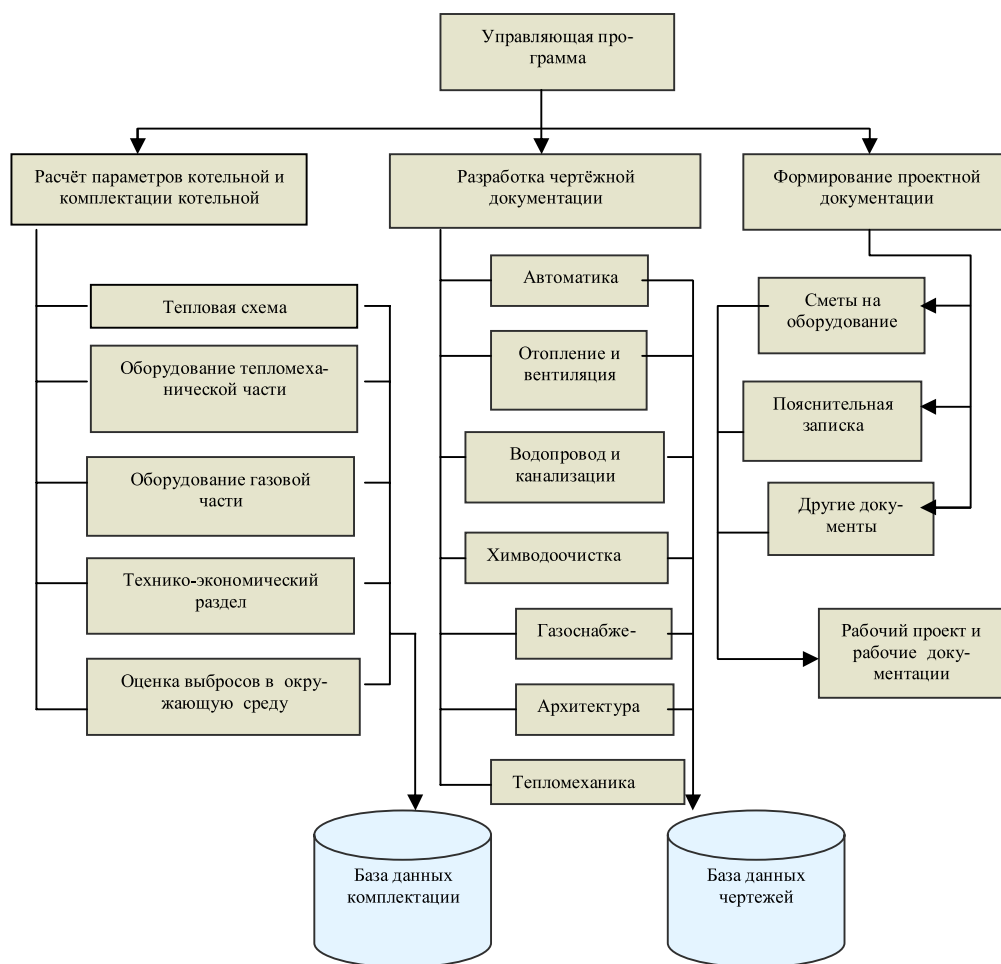


Рисунок 3 – Архитектура САПР «Котельных»

В структуре комплекса выделяют следующие модули:

1. Главный модуль (управляющая программа), имеющий следующие функции:

Создание нового проекта котельной, архивацию, удаление и корректировку ранее созданных проектов; сопровождение графической базы данных и базы данных расчетных параметров; визуализация главного меню системы и его подпунктов, активизация необходимого модуля расчета или анализа и обработка результатов работы вызванного модуля; формирование отчета о результатах анализа и проектирования, вывод его на печать.

2. Модуль расчета теплотехнических параметров котельной выполняет:

Расчет тепловой схемы котельной, предназначенный для определения нагрузок основных режимов работы котельной на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию помещений на весь период отопительного сезона и оптимального расположения котельного оборудования; расчет основного и вспомогательного оборудования (газовой и тепломеханической части). Представляет расчет теплотехнических характеристик котлов, насосов, теплообменников, трубопроводов и др.; оценку влияния выбросов в окружающую среду для проектирования дымовой трубы и ее конструктивных характеристик; расчет технико-экономических показателей котельной включает расчет окупаемости строительства, себестоимость 1 Гкал тепла и расчет оптимальных температур обратной и прямой воды водонагревателя, при которых поддерживается значительная экономия средств во время эксплуатации котельной.

3. Модули разработки чертежно-конструкторской документации формируют:

Рабочие чертежи зданий и сооружений котельной в технологической и строительной части, генеральный план и внутриплощадочные коммуникации на расстоянии 500 м. зоны от здания строительства; техническое задание и испытательные листы для заводов изготовителей на проектирование, изготовление, снабжение основного и дополнительного технологического оборудования котельной; рабочие конструктивные чертежи трубопроводов; чертежи не стандартизированного оборудования, приборов связанных с охраной труда и техникой безопасности, антикоррозийной защиты конструкций, оборудования и трубопроводов; заказные спецификации стандартов и нормалей; чертежи типовых конструктивных узлов и деталей; уточненных ведомостей конструкций, деталей, материалов и приборов.

4. Модуль формирования проектной документации:

Автоматизация формирования пояснительной записки, включающие в себя все разделы проектирования; формирование локальных и объектных смет на проектные работы со строительными ведомостями и ресурсами объемов строительно-монтажных работ.

Функционирование программных комплексов предполагает использование составной базы данных, состоящей:

Графической БД хранящей базовую и создаваемую конструкторскую документацию котельной; реляционной базы хранящей данные расчетных входных и выходных параметров, расчетных алгоритмов системы, а также справочные данные для решения задачи комплектации.

Модульная структура разработанного программного обеспечения позволяет использовать усовершенствованные алгоритмы анализа и расчета конструктивных и теплофизических параметров контактного водонагревателя и котельной путем замены или модификации соответствующих подсистем.

4. Обобщенная структура САПР

В результате анализа состава и структуры ряда промышленных САПР рассмотренных выше, предлагается обобщенная структура САПР энергетических объектов и систем. В состав такой структуры входит (рис. 4):

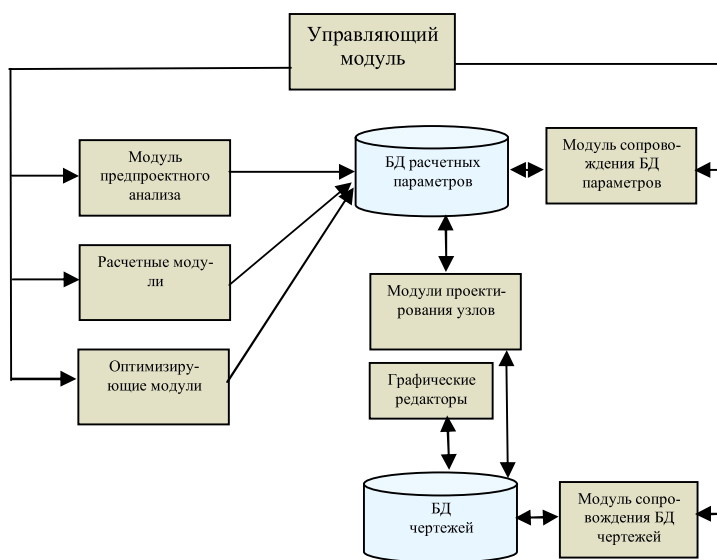


Рисунок 4 – Обобщенная структура САПР энергетических объектов и систем

Управляющий модуль; модуль предпроектного анализ; расчетные модули; оптимизирующие модули; модули проектирования узлов; модуль графического редактора; база данных расчетных параметров и модуль сопровождения базы данных расчетных параметров; база данных чер-

тежей и модуль сопровождения базы данных чертежей, графические редакторы.

Назначение модулей САПР:

- Управляющий модуль

Модуль управляет работой всей САПР и выполняет следующий набор функций:

Создание, архивацию и удаление проекта САПР; визуализация главного пользовательского интерфейса системы и организация диалогов с пользователем; вызов исполняющих модулей и обработку результатов работы вызванного модуля; формирование отчета о процессе проектирования и вывод его на печать.

- Модуль предпроектного анализа

Модуль активизируется перед началом проектирования объекта и позволяет, варьируя значениями параметров, входящими в состав задания на проектирование (например, мощность, тепловой график сети, коэффициент избытка воздуха, температура окружающей среды), анализировать взаимную зависимость значений базовых конструктивных параметров и его теплотехнических параметров (например, КПД объекта, расход воды и газа). В результате анализа осуществляется формирование оптимальных параметров проектируемого объекта.

- Расчетные модули

В расчетных модулях выполняются расчеты теплотехнических параметров и конструктивных параметров проектируемого объекта.

Эти данные затем используются подсистемами проектирования узлов КВН.

- Модули проектирования узлов

Модули проектирования формируют конструкторские чертежи узлов проектируемого объекта.

Например, в САПР КВН данные модули формируют конструкторские чертежи основных функциональных элементов водонагревателя: камеры сгорания, водяного бака, контактной камеры, крышки. Модули используют результаты работы расчетных модулей.

- Оптимизирующие модули

В модуле оптимизации решаются задачи нахождения оптимальных сочетаний параметров проектируемого объекта. В большинстве случаев математические модели оптимизационных задач представлены в форме задач математического программирования специальной структуры, отражающей особенности проектируемых конструкций. В исходной постановке число переменных и ограничений в таких задачах может достигать нескольких тысяч, ограничениями являются линейные и нелинейные неравенства, линейные и нелинейные уравнения.

Нелинейные функции, входящие в задачи, как правило, оказываются негладкими, определены на ограниченных областях, а их аргументы есть результат вычисления других функций. В этих условиях можно говорить только о поиске локального оптимума, для решения должны использоваться устойчивые методы негладкой оптимизации. Необходимо разрабатывать специальное программное обеспечение, позволяющее гибко использовать особенности решаемых задач.

Типичные задачи оптимизации:

Оптимальное распределение тепловосприятий между элементами конструкции; определение оптимальных характеристик элементов конструкции (линейные размеры, диаметры, толщины стенок труб; оптимизация габаритных характеристик, скоростей теплоносителей; минимизация приведенных затрат, стоимости, материалоемкости.

- Графический редактор

Пользователь формирует тепловую схему проектируемого объекта, например котельной, используя графические символы стандартных элементов. При этом автоматически заполняются соответствующие таблицы базы данных.

Как правило, предусматривается несколько форм отображения и редактирования данных, различные функции, повышающие производительность пользователя, средства автоматической трассировки схем для их представления в различном формате. Имеется возможность отображать в тепловых схемах различную информацию из базы данных (как исходную, так и результаты расчетов), а так же делать фиксированные надписи.

При построении тепловых схем используются специально сформированные панели инструментов, содержащие параметризованные элементы схем - типовые элементы проектирования. Так, при проектировании тепломеханической части котельной используется панель «Вспомогательное оборудование», содержащая элементы: «котел», «горелка», «теплообменник», «насос», «гребенка» и «вентиляционная решетка».

Графические редакторы позволяют формировать эскизы. Эскизы проектируемой конструкции формируются автоматически на основании информации, содержащейся в базе данных, которая использовалась для проведения инженерных расчетов. Эскизы предназначены в первую очередь для визуализации проектных решений, принятых на этапе выработки технических предложений. Эскизы представляются в упрощенном виде и соответствуют упрощениям, принятым в оптимизационной подсистеме:

- Базы данных

Функционирование САПР основывается на использовании комплексной базы данных состоящей из двух частей:

Графической БД. В состав графической БД входит набор файлов хранящих базовую и создаваемую конструкторскую документацию объектов (рабочие чертежи деталей, сборочные чертежи и файлы спецификаций); реляционной базы данных расчетных входных и выходных параметров алгоритмов расчета и анализа системы.

Наличие базы данных обеспечивает высокую гибкость при добавлении новых типов элементов, изменении состава характеристик и надежное архивирование всей проектно-расчетной документации.

Системы САПР должны поддерживать, осуществлять одновременную работу многих пользователей и разделение доступа к данным. Эти функции обеспечиваются соответствующими модулями поддержки баз данных систем проектирования.

- Среды разработки и функционирования САПР

Современные графические инструментальные средства проектирования (SolidWorks AutoCad, Inventor и др.) позволяют реализовать проектирование теплотехнических систем «вручную» используя их графические средства, но они предоставляют дополнительные возможности расширения и построения на их основе пользовательских дополнительных полнофункциональных модулей, решающих различные задачи проектирования. Таким образом, формируется специализированный программный продукт, встроенный в среду проектирования ориентированный на инженера-проектировщика конкретной системы, в котором объединены мощные средства «родительской среды» и специализированные средства, отражающие специфику проектируемого объекта.

В современной теплотехнике все большее значение приобретают системы, позволяющие автоматизировать процессы расчета и проектирования теплоэнергетических объектов. Это вполне закономерно, так как внедрение подобных программных продуктов позволяет повысить уровень производительности и качество труда инженера-системотехника, занимающегося проектированием теплотехнического оборудования.

In modern heat engineering of the great significance are the systems, which allow automation the process of calculation and design on heat-power objects. It's rather reasonable that introduction of such software allows to increase the efficiency level and labour quality of system engineer, which design the heating equipment.