

УДК 621.311

**Подгурская Ирина Геннадьевна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

*E-mail:* podgurskayairina@rambler.ru**Павленко Екатерина Михайловна**

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

*E-mail:* katena.pavlenko.1803@gmail.com**Podgurskaya Irina Gennadievna**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

*E-mail:* podgurskayairina@rambler.ru**Pavlenko Ekaterina Mikhailovna**

Amur State University

Blagoveshchensk, Russia

*E-mail:* katena.pavlenko.1803@gmail.com**РАЗРАБОТКА САПР ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ****CAD DEVELOPMENT FOR ENERGY SYSTEMS**

*Аннотация.* В данной статье рассматривается разработка системы автоматизированного проектирования для создания проектов энергетических систем. Статья описывает ключевые этапы и задачи, связанные с разработкой такой системы, также обсуждается применение современных методов и технологий проектирования с помощью САПР.

*Abstract.* This article discusses the development of a computer-aided design system for creating energy system projects. The article describes the key stages and tasks associated with the development of such a system, and discusses the application of modern CAD design methods and technologies.

*Ключевые слова:* система автоматизированного проектирования (САПР), теплоэлектростанция (ТЭС), проектирование, энергетические объекты, моделирование.

*Key words:* computer-aided design system (CAD), thermal power plant (TPP), design, energy facilities, modeling.

**Введение**

Система автоматизированного проектирования (САПР) является неотъемлемой частью процесса разработки и внедрения новых технологий в различных отраслях промышленности. В энергетике САПР играет ключевую роль в проектировании и моделировании сложных инженерных систем – таких как электростанции, гидроэлектростанции, солнечные фермы, тепловые электростанции и другие объекты инфраструктуры.

Основная цель разработки САПР в энергетике – повышение эффективности и точности проектирования объектов энергетического комплекса. Это достигается путем использо-

вания современных методов и инструментов для анализа, моделирования и оптимизации процессов. Перспективная задача компьютеризации проектирования объектов электроэнергетики – трехмерное моделирование, которое в настоящее время реализовано в США, Великобритании, Германии, Сингапуре, Финляндии и России.

Исследования в области автоматизированного проектирования электрических сетей показали, что непосредственное плодотворное время участия проектировщика в проекте составляет лишь 15% от общего времени проектирования. Наибольшую долю времени занимают операции по подготовке чертежей и проектной документации. Подобного рода операции можно значительно сократить посредством компьютерных программ для автоматизации процесса проектирования.

Трехмерное моделирование проектируемого объекта, совместимость и взаимодействие всех подсистем проектирования через единую пространственную модель обеспечивают контроль за ходом проектирования, предупреждают появление коллизий пространственного пересечения коммуникаций – трубопроводов, воздухопроводов, кабельных каналов и т.д., создают возможность визуализации и компьютерного макетирования. Для примера можно рассмотреть 3D-модель Нижне-Бурейской ГЭС (рис. 1.).



Рис. 1. 3D-модель Нижне-Бурейской ГЭС.

### Описание технологии проектирования. Современные концепции САПР

Достаточно важным является вопрос оценки эффективности применяемых программно-технических комплексов либо той или иной технологии проектирования объектов электроэнергетики, – например, традиционная технология проектирования и технология на основе комплекса подсистем САПР и т.д. Для решения этого вопроса необходимо на основе формального описания технологии проектирования получить критерии ее оценки.

В основе компьютеризации технологии проектирования тепловой электростанции

(ТЭС) лежит принцип последовательной автоматизации всех видов инженерной деятельности на базе прикладных программных пакетов (САПР):

выбор проекта-аналога как начального приближения для дальнейшей разработки и оптимизации;

инженерные расчеты, связанные с выбором вспомогательного оборудования, его компоновкой и разработкой технологических схем;

разработка графической части проектной документации – технологических и изометрических схем, установочных и монтажно-сборочных чертежей, чертежей компоновок;

формирование текстовой и технической документации – спецификаций, ведомостей, описей и т.д.).

С помощью САПР могут решаться как поверочные задачи и задачи расчета характеристик (анализ), так и задачи формирования наилучших технических решений (синтез).

Современные концепции САПР предусматривают автоматизацию не только проектирования, но и процесса создания самой системы проектирования. В состав действующих в отделах САПР (рис. 2.) входят объектные подсистемы, подсистема «Документирование», а также стандартные виды обеспечения согласно ГОСТ Р 53308-2009.

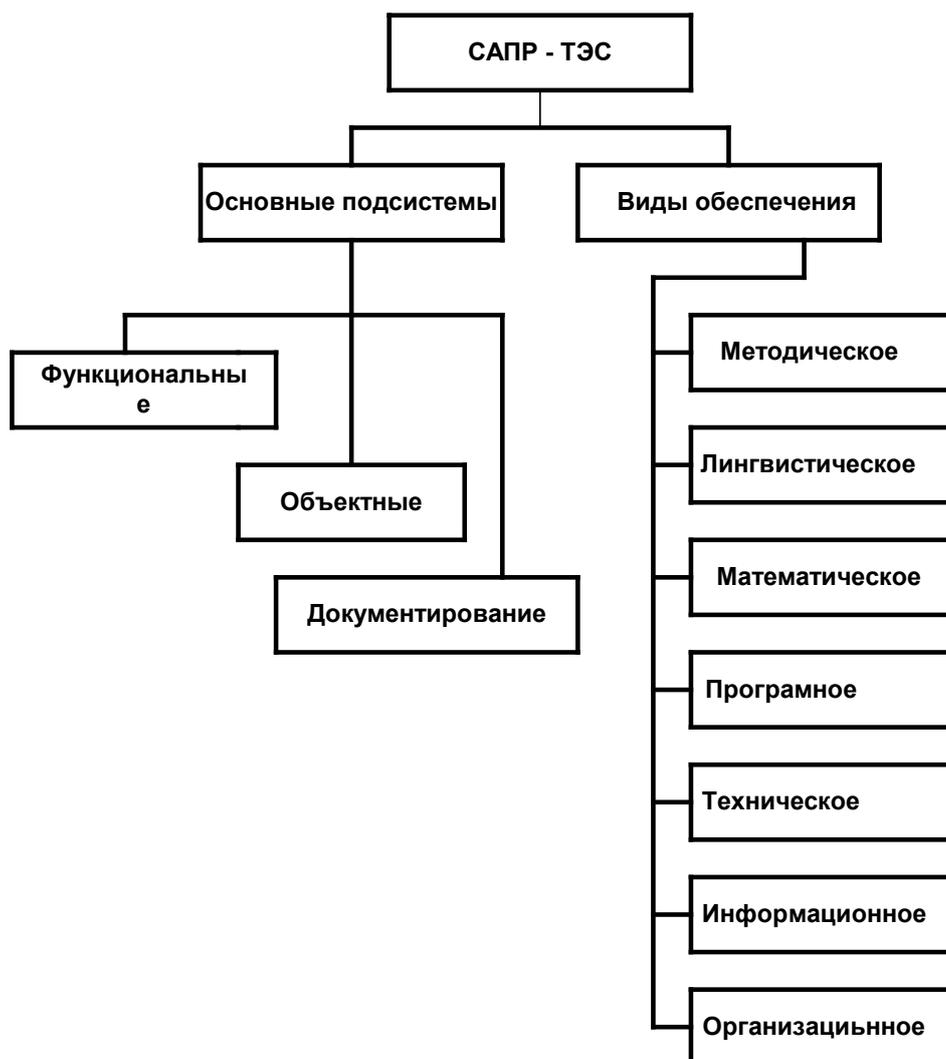


Рис. 2. Состав стандартных видов обеспечения и подсистем САПР.

Появление пакетов 3DStudio создало предпосылки для решения задач трехмерного моделирования каркасных моделей объектов электроэнергетики любой степени сложности, их преобразования в реалистическое изображение с анимацией на имеющейся в проектных организациях технике. Для решения задач трехмерного моделирования в настоящее время используются различные программные продукты. Среди них можно выделить такие пакеты как Pixologic Zbrush, Autodesk Mudbox, Autodesk 3Ds Max, Robert McNeel & Assoc. Rhinoceros 3D, Trimble SketchUp, Blender, Компас (САПР), Cinema4D и др. Эти программы позволяют создавать трехмерные модели объектов и использовать различные инструменты для текстурирования, освещения и других аспектов моделирования. Некоторые из них – такие как Компас (САПР) и NanoCAD – предлагают возможности для автоматизации проектирования и создания геометрически точных разрезов и сечений.

### **Визуализация, компьютерное макетирование и анимационное представление объектов проектирования**

Анимационное представление макета будущей ТЭС (рис. 3.) на тендерных торгах во многом способствует заключению контрактов на выполнение рабочего проектирования зарубежных объектов.

Наибольший интерес при проектировании представляет возможность аккумулировать предварительные наработки чертежей в NanoCAD или в AutoCAD Plant 3D для создания реалистического изображения объекта.

Разработка геометрической модели в САПР обычно включает создание каркасных объектов, состоящих из точек, линий и поверхностей. Существует два основных способа создания каркасной модели.

Конструирование вручную. Этот метод предполагает использование инструментов рисования и построения геометрии (линии, дуги, кривые и сплайны). Пользователь последовательно создает элементы модели, прибегая к различным командам в интерфейсе программы. Например, в AutoCAD можно использовать команду "line" для создания прямых линий, "arc" – для дуг и "spline" – для кривых.

Импорт данных. В таком случае геометрия создается с помощью внешних источников данных. Это может быть импорт чертежей из других программ (например, PDF- или DWG-файлы), сканирование реальных объектов с помощью 3D-сканеров или создание моделей в других САПР-программах и их последующее экспортирование.

Оба метода имеют свои преимущества и недостатки. Конструирование вручную дает полный контроль над процессом создания модели, но требует больше времени и усилий. Импорт данных ускоряет процесс, однако может потребовать дополнительной обработки для достижения нужной точности и соответствия требованиям проекта.

Выбор способа построения определяется наличием исходного материала (количество чертежей планов на различных отметках и количество чертежей разрезов) и сложностью геометрической модели. Выбор системы САПР для создания сложных поверхностей зависит от множества факторов – задач проектирования, уровня сложности моделей, необходимых инструментов и совместимости с другими системами. Однако есть несколько САПР, которые

особенно хорошо подходят для работы со сложными поверхностями, – например, Rhinoceros 3D (Rhino), эта программа известна своей гибкостью и мощностью при работе с кривыми и поверхностями любой сложности. Rhino использует собственный формат файла .3dm, который обеспечивает высокое качество представления данных. Программа поддерживает большое количество сторонних плагинов, расширяющих ее функциональность. SolidWorks – САПР, обладающий продвинутыми инструментами для создания поверхностей, включая методы сплайнового моделирования. SolidWorks позволяет легко осуществлять переходы между различными режимами моделирования (твердотельное, поверхностное, каркасное) и имеет множество встроенных инструментов для анализа и оптимизации поверхностей. Autodesk Fusion 360 – это облачное решение от Autodesk, сочетающее мощь твердотельного моделирования с гибкостью работы с поверхностями. Инструменты Fusion 360 позволяют создавать сложные формы и поверхности, а также легко взаимодействовать с другими компонентами модели. CATIA – система от Dassault Systèmes – отличается своим набором инструментов для создания и редактирования сложных поверхностей. CATIA благодаря своим возможностям моделирования поверхностей высокого качества широко используется в аэрокосмической промышленности и автомобилестроении.

Каждый из этих САПР имеет свои уникальные характеристики и преимущества, выбор зависит от конкретных потребностей проекта и предпочтений пользователя.

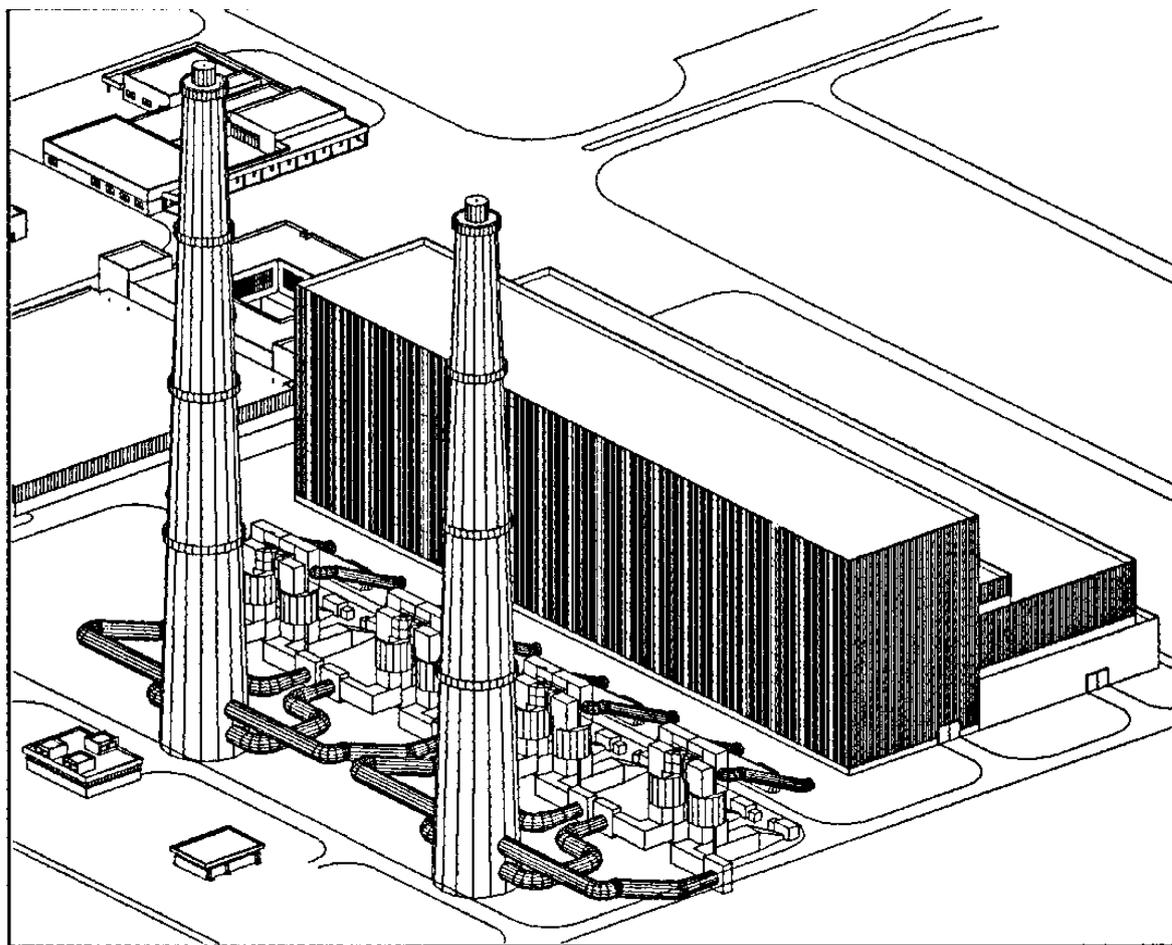


Рис. 3. Каркасная модель ТЭС.

### Заключение

Итак, применение САПР в проектировании энергетических объектов позволяет повысить точность расчетов, оптимизировать процессы и сократить сроки реализации проектов, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности и надежности энергетических систем. Развитие САПР в энергетике продолжается быстрыми темпами благодаря новым технологиям и методам обработки данных, что открывает новые горизонты для улучшения эффективности и надежности энергетических систем, способствует внедрению инновационных решений в этой важной отрасли.

- 
1. Сенько, В.В. Системы автоматизированного проектирования СЭС. – М., 2011. – Изд. 2-е – С. 3-8.
  2. Использование электротехнических САПР при конструировании энергетических и электротехнических установок – [электронный ресурс]: URL: <https://sapr.ru/article/22140> (дата обращения 10.09.2024).
  3. Ерошенко, С.А., Егоров, А.О., Хальясмаа, А.И., Дмитриев, С.А., Кузин, П.А. Проектирование оборудования и объектов электроэнергетических систем в САД-средах: учеб. пособие в 2-х частях. – Часть 1 – М., 2015.
  4. LIVEJOURNAL – [электронный ресурс]: URL: <https://tyabchuk.livejournal.com/7593.html> (дата обращения 14.09.2024).
  5. Козлов, А.Н. Автоматика управления режимами электроэнергетических систем. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – С.19-26.
  6. Edison – [электронный ресурс]: URL: <https://www.edsd.ru/sapr-ehlektroehnergeticheskikh-sistem> (дата обращения 10.09.2024).