

ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО РАСЧЁТА: ELCUT, ANSYS, COMSOL MULTIPHYSICS, SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Сидоревич М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В статье рассматриваются возможности и применение программных пакетов для теплового анализа: *ELCUT*, *ANSYS*, *COMSOL Multiphysics* и *SOLIDWORKS Flow Simulation*. Описываются их функции, преимущества и области применения в инженерном проектировании, и разработке продукции. Проводится сравнение по критериям точности, скорости, удобства и стоимости. Даются рекомендации по выбору программного обеспечения в зависимости от задач и уровня подготовки специалистов.

Ключевые слова: тепловой анализ, инженерное проектирование, моделирование тепловых процессов.

Введение. Тепловой анализ играет важную роль в инженерном проектировании и разработке продукции. Рассматриваются четыре программных пакета: *ELCUT*, *ANSYS*, *COMSOL Multiphysics* и *SOLIDWORKS Flow Simulation*. Оценка базируется на доступных исследованиях, технической документации и отзывах пользователей. Выбор правильного инструмента влияет на точность, эффективность и экономическую целесообразность проектирования [1–16].

Современные системы требуют всё более точных методов анализа тепловых процессов. Миниатюризация, повышение плотности мощности, требования к энергоэффективности – всё это делает тепловое моделирование неотъемлемой частью инженерных разработок. Программного обеспечения (ПО) для теплового анализа должно обеспечивать точное прогнозирование распределения температуры, скорости теплопередачи и взаимодействия физических процессов.

Основная часть. *ELCUT* – программа для моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач с удобным интерфейсом. Применяется в энергетике и строительной физике. Отличается способностью решать электротермические задачи, например, анализ нагрева проводов, распределение температур в многослойных конструкциях.

ANSYS – мощный инструмент для многофизического анализа. Поддерживает теплопроводность, конвекцию и излучение. Инструменты, такие как *Fluent* и *Icepak*, широко применяются в аэрокосмической и автомобильной промышленности, электронике и энергетике. Позволяет проводить комплексный анализ охлаждения электронных компонентов.

COMSOL Multiphysics – ориентирован на моделирование взаимосвязанных физических процессов. Модуль *Heat Transfer* позволяет анализировать теплопередачу, фазовые переходы и сопряжённый теплообмен. Поддерживает моделирование сложных термоэлектрических и биоотопительных систем.

SOLIDWORKS Flow Simulation – интегрированное в среду САПР решение для теплового анализа. Прост в освоении, поддерживает моделирование тепловых напряжений и охлаждения электроники. Отличается удобной интеграцией с процессом проектирования.

Возможности теплового анализа. *ELCUT* позволяет проводить как стационарный, так и нестационарный анализ, а также моделировать электротермические процессы. С помощью этой программы можно визуализировать температурные поля, что помогает лучше понять распределение тепла в исследуемой области.

ANSYS предоставляет возможность выполнять детализированные расчёты теплопередачи. Программа включает специализированные инструменты для анализа охлаждения электроники и поддерживает высокопроизводительные вычисления, что позволяет обрабатывать большие объёмы данных и получать точные результаты в короткие сроки.

COMSOL обладает мощными возможностями для мультифизического анализа. Программа позволяет моделировать фазовые переходы, тепловой контакт и сопряжённый теплообмен, что делает её полезной для решения сложных задач, требующих учёта взаимодействия различных физических процессов.

SOLIDWORKS подходит для анализа теплопроводности, конвекции и сопряжённого теплообмена. Программа легко интегрируется с *CAD*-системами, что упрощает процесс проектирования и анализа тепловых стрессов в конструкциях.

Применение в промышленности. *ELCUT* используется для анализа кабельных линий, оценки теплового состояния строительных конструкций и прогнозирования теплового режима электропроводки. Это позволяет инженерам выявлять потенциальные проблемы с перегревом и принимать меры по их устранению.

ANSYS находит применение в аэрокосмической и автомобильной промышленности, где требуется прогнозирование тепловых нагрузок и оптимизация систем охлаждения электроники. Программа помогает разрабатывать более эффективные и надёжные продукты, способные выдерживать экстремальные условия эксплуатации.

COMSOL используется в аддитивном производстве, биоотоплении, космических исследованиях и моделировании медицинских тепловых процессов. Это позволяет учёным и инженерам исследовать сложные явления и разрабатывать новые технологии на основе глубокого понимания тепловых процессов.

SOLIDWORKS применяется для проектирования продукции, анализа термостойкости материалов и теплового моделирования механизмов охлаждения. Программа помогает инженерам создавать продукты, которые не только соответствуют требованиям по прочности и долговечности, но и эффективно управляют тепловыми процессами [6].

Таблица 1 – Сравнение характеристик ПО

Критерий	<i>ELCUT</i>	<i>ANSYS</i>	<i>COMSOL</i>	<i>SOLIDWORKS</i>
Точность	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Скорость	Средняя	Высокая	Высокая	Средняя
Удобство	Высокое	Среднее	Высокое	Высокое
Стоимость	Низкая	Высокая	Средняя	Средняя

Таким образом для начинающих специалистов рекомендуется использовать программы *SOLIDWORKS* и *ELCUT*, поскольку они отличаются простотой освоения и хорошей интеграцией с системами проектирования.

Для выполнения сложных расчётов вычислительной гидродинамики (*CFD*) лучше всего подходят программы *ANSYS* и *COMSOL*, так как они обеспечивают высокую точность результатов и имеют специализированные модули для решения сложных задач.

COMSOL является оптимальным выбором для решения многофизических задач, поскольку позволяет проводить комплексное моделирование взаимосвязанных физических процессов.

ELCUT эффективно применяется для электротермического моделирования, особенно в задачах, связанных с электроэнергетикой, благодаря своим возможностям в моделировании электротермических процессов.

ANSYS считается промышленным стандартом и ведущим инструментом для сложных инженерных расчётов, что делает его незаменимым в различных отраслях промышленности.

Заключение. Обобщаются ключевые выводы отчета, выделяются сильные и слабые стороны каждого программного обеспечения для тепловых расчетов.

Приводится итоговое заявление об общей актуальности каждого программного обеспечения в текущем ландшафте теплового анализа. Выбор наиболее подходящего программного обеспечения в конечном итоге зависит от конкретных потребностей пользователя в тепловом анализе, включая сложность задач, которые необходимо решить, требуемый уровень точности, бюджет, а также существующую программную инфраструктуру и опыт.

Список литературы

1. Elcut - TAdviser. – Доступно по ссылке: <https://tadviser.com/index.php/Product:Elcut>.
2. Elcut Brand Thermal Cutoff Fuses - Thomasnet. – Доступно по ссылке: <https://cdn.thomasnet.com/ccp/30715609/188588.pdf>.
3. ELCUT U2 Series - Thermal Links. – Доступно по ссылке: <https://cci-tco.com/wp-content/uploads/2020/01/Elcut-U2-Series.pdf>.
4. Thermal Analysis and Simulation Software Ansys. – Доступно по ссылке: <https://www.ansys.com/applications/thermal-analysis-simulation-software>.
5. Which is better in simulating heat transfer, (Ansys or Comsol) software, and why? / ResearchGate. – Доступно по ссылке: https://www.researchgate.net/post/Which_is_better_in_simulating_heat_transfer_Ansys_or_Comsolsoftware_and_why.
6. Ansys vs Comsol: Choosing the Right Simulation Tool for Your Needs / Krushna Kolase. – Доступно по ссылке: <https://medium.com/@krushnakolase1184/ansys-vs-comsol-choosing-the-right-simulation-tool-for-your-needs-510525a9776b>.
7. Heat Transfer Modeling Software for Analyzing Thermal Effects - COMSOL. – Доступно по ссылке: <https://www.comsol.com/heat-transfer-module>.
8. COMSOL Multiphysics® Reviews 2025: Details, Pricing, & Features | G2. – Доступно по ссылке: <https://www.g2.com/products/comsol-multiphysics/reviews>.
9. COMSOL Multiphysics Expert Review, Pricing and Alternatives - 2025 - WorQuick. – Доступно по ссылке: <https://www.worquick.com/post/comsol-multiphysics-review>.
10. Modeling and Simulation in the Manufacturing Industry - COMSOL. – Доступно по ссылке: <https://www.comsol.com/industry/manufacturing>.
11. SolidWorks Simulation Thermal Analysis-Heat sink - YouTube. – Доступно по ссылке: <https://www.youtube.com/watch?v=9DDSjXkkMPs>.
12. What's New in SOLIDWORKS Flow Simulation 2023 - TPM. – Доступно по ссылке: <https://tpm.com/blog/whats-new-in-solidworks-flow-simulation-2023/>.
13. SOLIDWORKS Simulation Thermal Analysis: FEA vs CFD - Webinar - YouTube. – Доступно по ссылке: <https://www.youtube.com/watch?v=hqJQxc7WCM>.
14. SolidWorks Simulation Expert Review, Pricing and Alternatives - 2024 - WorQuick. – Доступно по ссылке: https://www.worquick.com/post/solidworks_simulation_review
15. Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.
16. Алексеев, В. Ф. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : пособие в 2 ч. Ч. 1: Моделирование физических процессов в радиоэлектронных средствах с помощью программных комплексов / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с.

UDC 004.942

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Sidarevich M.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The article examines the capabilities and applications of software packages for thermal analysis: ELCUT, ANSYS, COMSOL Multiphysics, and SOLIDWORKS Flow Simulation. Their functions, advantages, and areas of application in engineering design and product development are described. A comparison is made based on the criteria of accuracy, speed, convenience, and cost. Recommendations are given for choosing software depending on the tasks and level of training of specialists.

Keywords: thermal analysis, engineering design, thermal process modeling.