УДК 621.396.6:536.24

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАГНЕТАТЕЛЕЙ ВОЗДУХА В SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Яромченко А.Г., Пискун Г.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь, jaromchenkoandrei@gmail.com

Аннотация: в статье рассматривается методология моделирования тепловых режимов радиоэлектронных средств (РЭС) в среде SolidWorks Flow Simulation на примере упрощенной модели блока питания. Описан порядок настройки граничных условий, физических свойств материалов, источников тепловыделения и параметров осевого вентилятора через его зависимость разности давлений от потока воздуха вентилятора. Проведен сравнительный анализ эффективности охлаждения при естественной конвекции, а также при вертикальной и горизонтальной ориентации вентилятора. Установлено, что горизонтальное расположение нагнетателя обеспечивает наиболее эффективный отвод тепла.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, моделирование, вентилятор, SolidWorks Flow Simulation.

I. ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие радиоэлектронной аппаратуры ведёт к постоянному повышению производительности вместе с уменьшением ее габаритов приводит к существенному возрастанию тепловой нагрузки на внутренние компоненты. Обеспечение оптимального теплового режима становится одной из наиболее важных задач на этапе конструирования, поскольку перегрев электронных компонентов снижает их надежность, отказоустойчивость и срок службы.

Применение принудительного воздушного охлаждения – наиболее распространенный способ решения проблемы перегрева. При этом итоговая эффективность терморегулирования определяется не только паспортными характеристиками кулера, но и геометрией его установки, аэродинамическим сопротивлением каналов и особенностями циркуляции воздушных масс внутри корпуса [1-4].

Основная цель работы – проведение численного эксперимента в среде SolidWorks Flow Simulation для оценки влияния наличия вентилятора и его пространственной ориентации (вертикальной или горизонтальной) на тепловое состояние критически важных элементов РЭС.

II. МЕТОДОЛОГИЯ И ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

В качестве примера устройства, в котором будут использоваться вентиляторы, будет упрощенная модель источник питания с размера корпуса 121×78×39 мм (рисунок 1).

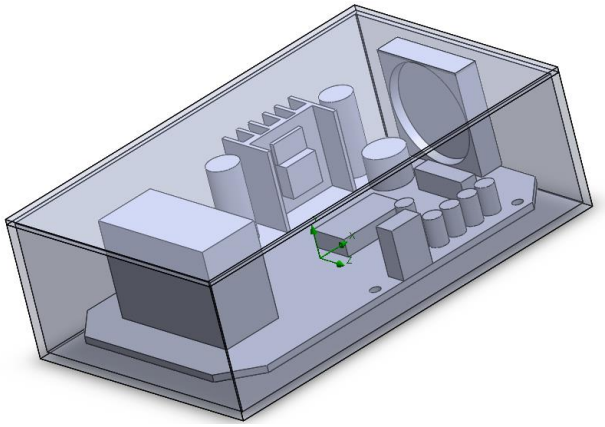


Рисунок 1. Модель источника питания

Моделирование будет проводиться в дополнении *SolidWorks Flow Simulation*. Первоочередно необходимо задать основные настройки проекта: тип задачи, текучая среда, материал по умолчанию, условия на снеках и начальные условия в разделе «Общие настройки» на рабочей панели. Начальные условия соответствуют климатическому исполнению УХЛ 4.2. На рисунке 2 приведены начальные условия и тип задачи.

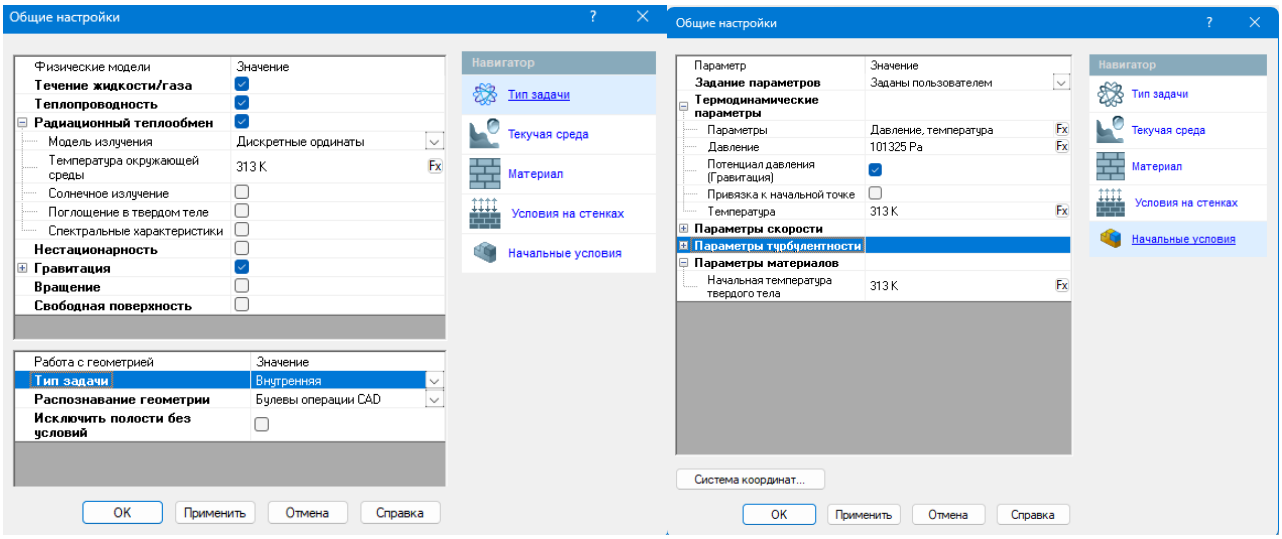


Рисунок 2. Тип задачи и начальные условия

С помощью инструмента «Материалы» в дереве исследования необходимо задать материал на все элементы, например: *Aluminum 6061* для радиаторов охлаждения силовых элементов и для корпуса, *Alumina Typical* в качестве приближения для полупроводниковых структур, металлических соединений, изоляционных материалов и пассивных компонентов, *Polybutylene Terephthalate (PBT)* для вентилятора, для печатной платы *FR4*. На рабочей панели выберем «Источники». В появившемся контекстном меню выберем «Объемный тепловой источник» и зададим источники тепла. В представленной модели наибольшее количество тепла рассеивают 7 элементов (суммарно 4,25 Вт): транзистор (1,25 Вт), трансформатор (2,5 Вт), микросхема (0,1 Вт), дисплей (0.1 Вт), светодиод красный (0,2 Вт), светодиод зеленый (моргающий, 0,1 Вт), подстроечный резистор (0,1 Вт). Создадим поверхности теплообмена посредством излучения, с помощью инструмента «Поверхности радиационного теплообмена» в дереве исследований. Для элементов нагретой зоны создаем материал с степенью черноты 0,8 и таким же коэффициентом поглощения солнечного излучения. Для корпуса это значение будет равно 0,92. Для обеспечения газообмена расчетной области необходимо задать подобласть течения. Для создания вентилятора необходимо переходим в *CommandManager* по пути «Условия – Вентилятор». В открывшемся окне «*Property manager*» в поле «Тип» необходимо выбрать тип вентилятора «Внутренний вентилятор», также необходимо задать выходную и входную поверхность вентилятора, из этих поверхности в дальнейшем будет выходить и входить воздух соответственно. Для создания пользовательского вентилятора выберем «Созд./Изм…». В открывшемся окне «Инженерная база данных» нажмём «Новый элемент» и зададим свойства вентилятора.При задании свойств вентилятора указываются такие параметры, как режим работы (внешний на вдув или выдув, внутренний), температура подаваемого воздуха, тип вентилятора (осевой/радиальный) и многое другое. Основные задаваемые параметры приведены на рисунке 3.

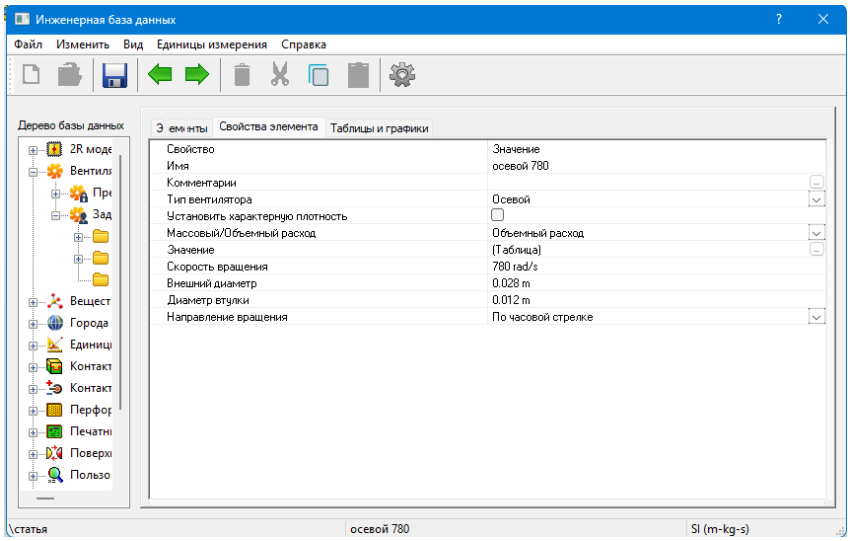


Рисунок 3. Параметры вентилятора

Одной из важнейших характеристик является зависимость разности давлений от потока воздуха вентилятора, обычно задаваемая графиком [5, 6]. На рисунке 4 показан график такой зависимости, заданный в модели.

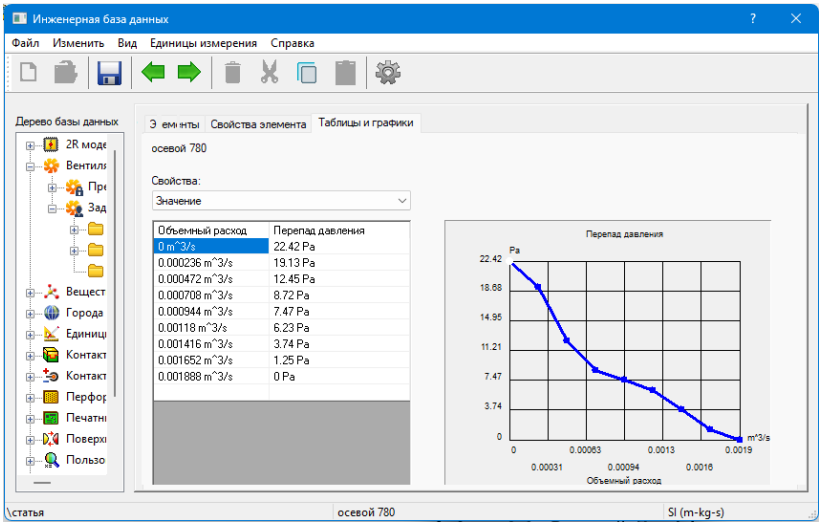


Рисунок 4. График зависимости

Перед началом расчета создадим необходимы цели, для отслеживания результатов. В данном случаи целями будут средние значения: температура воздуха в блоке, скорость воздуха в блоке, максимальная температура элемента, температура корпуса, температура нагретой зоны.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В ходе моделирования выполнен расчет трех конфигураций системы охлаждения источника питания. В таблицу 1 приведены результаты решения 3 конфигураций: без использования принудительного охлаждения, с использование вертикально ориентированного вентилятора, с использование горизонтально ориентированного вентилятора.

Таблица 1. Результаты моделирования тепловых режимов блока питания

Параметры	Без вентилятора	Вертикальная ориентация	Горизонтальная ориентация
Температура воздуха в блоке, К	330,898	329,144	328,557
Температура корпуса, К	323,417	323,313	323,557
Температура нагретой зоны, К	341,422	338,384	336,963
Температура элемента, К	345,852	340,548	338,562
Скорость воздуха в блоке, м/с	–	0,435	0,329

Анализ результатов показывает, что отсутствие принудительного обдува приводит к максимальному перегреву активных элементов до 345,852 К. Установка вертикального вентилятора обеспечивает продольный продув корпуса со средней скоростью потока 0,435 м/с, что снижает температуру критического элемента до 340,548 К (на 5,3 К). Наиболее эффективной оказалась горизонтальная ориентация нагнетателя: несмотря на меньшую среднюю скорость воздуха в объеме корпуса, достигается минимальная температура воздуха 328,557 К и критических компонентов 338,562 К, (снижение на 7,3 К по сравнению с естественной конвекцией). Это объясняется созданием локального струйного воздействия непосредственно на радиаторы силового транзистора и трансформатора, находящихся под вентилятором. На рисунке 5 приведено два результата моделирования температурных полей элементов и траекторий движения воздушного потока при вертикальной и горизонтальной ориентации вентилятора.

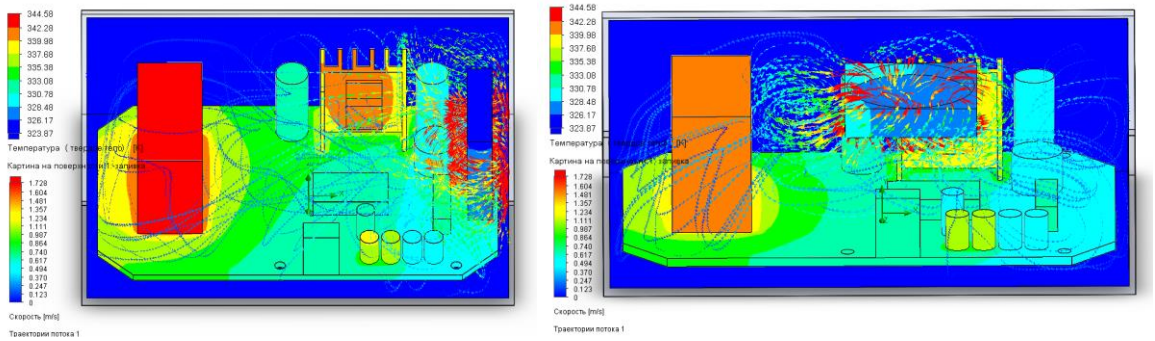


Рисунок 5. Распределение температурных полей элементов и траекторий движения воздушного потока при вертикальной и горизонтальной ориентации вентилятора

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного моделирования в среде SolidWorks Flow Simulation подтверждена определяющая роль правильного задания зависимость разности давлений от потока воздуха вентилятора характеристик и пространственной ориентации вентилятора. Для исследуемого блока питания горизонтальное расположение нагнетателя обеспечивает наилучший теплоотвод от наиболее нагруженных компонентов, снижая температуру тепловыделяющих элементов на 1,98 К по сравнению с вертикальным монтажом и на 7,29 К по сравнению с естественным охлаждением.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Пискун, Г. А. Моделирование отведения тепловой энергии от процессоров при помощи кулеров воздушного охлаждения / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. Н. Беликов, Д. Г. Рыбаков // Доклады БГУИР. — 2023. — Т. 21, № 4. — С. 54–62

[2] Пискун Г. А. Оптимизация теплового режима приемо-передающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation/. Пискун Г. А, Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А — 2019. — Vol. 1, № 35. — С. 47–60.

[3] Алямовский, А. А. SolidWorks/Flow Simulation. Инженерный анализ гидрогазодинамических процессов / А. А. Алямовский. — М. : ДМК Пресс, 2014. — 256 с.

[4] Пискун, Г. А. Влияние ориентации каналов в кулерах воздушного охлаждения на эффективность отведения тепла от процессоров / Г. А. Пискун, В. Ф. Алексеев, А. Н. Беликов, Д. Г. Рыбаков // Доклады БГУИР. — 2023. — Т. 21, № 5. — С. 33–41.

[5] Моделирование тепловых режимов работы аппаратуры силовой электроники в среде SolidWorks Flow Simulation // Силовая электроника [Электронный ресурс]. — URL: https://power-e.ru/sapr/modelirovanie-teplovyh-rezhimov-raboty-apparatury-silovoj-elektroniki-v-srede-solidworks-flow-simulation/ (дата обращения: 14.07.2026).

[6] Thermal Analysis with SOLIDWORKS Flow Simulation // Engineers Rule [Electronic resource]. — URL: https://www.engineersrule.com/thermal-analysis-with-solidworks-flow-simulation/ (mode of access: 14.07.2026).

PARAMETERIZATION AND MODELING OF AIR BLOWER CHARACTERISTICS IN SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

A.G. Yaromchenko, G.A. Piskun

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus,
jaromchenkoandrei@gmail.com

Abstract: this article examines the methodology for modeling the thermal conditions of electronic equipment (EE) in SolidWorks Flow Simulation using a simplified power supply model as an example. The procedure for setting up boundary conditions, physical properties of materials, heat sources, and axial fan parameters using its aerodynamic P-Q characteristic is described. A comparative analysis of cooling efficiency is conducted for natural convection, as well as for vertical and horizontal fan orientations. It is established that a horizontal fan orientation provides the most efficient heat dissipation.

Keywords: electronic equipment, modeling, fan, SolidWorks Flow Simulation.