

## 2.19. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19. МОДЕЛЬ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

**Цель работы:** научиться моделировать тепловые режимы электронной аппаратуры при естественной конвекции.

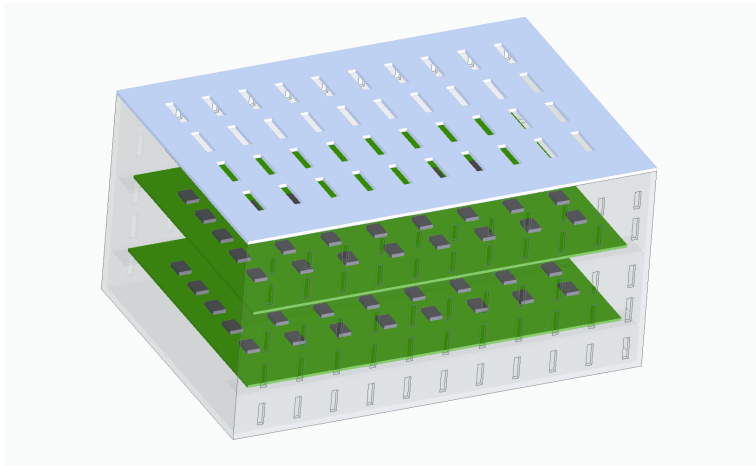
### Задание по практической работе

**Задача:** создать идеализированную модель конвективного теплообмена.

### Порядок выполнения практической работы

Конвективный теплообмен играет большую роль при проектировании устройств, особенно, если это блок, содержащий больше одной ячейки. Важно правильно расположить платы внутри корпуса, чтобы избежать перегрева одной ячейки из-за воздействия другой, или если одна ячейка препятствует качественному охлаждению другой. Для устройств с пассивным охлаждением, где отвод тепла через охлаждающую среду осуществляется исключительно конвективными потоками, изменение ориентации плат в пространстве может иметь большое значение.

Рассмотрим пример расчета теплового режима блока с двумя ячейками при разных положениях блока в пространстве (рис. 2.123).



**Рис. 2.123.** Модель блока с двумя ячейками

С помощью мастера проекта создадим новый проект анализа с моделями теплопроводности и гравитации. Важно отметить, что в параметрах модели гравитации можно задать ускорение свободного падения для каждой оси ко-

ординат. Изменение этих параметров равноценно повороту всей модели относительно поверхности Земли. Тип задачи сделаем внутренним (рис. 2.124).

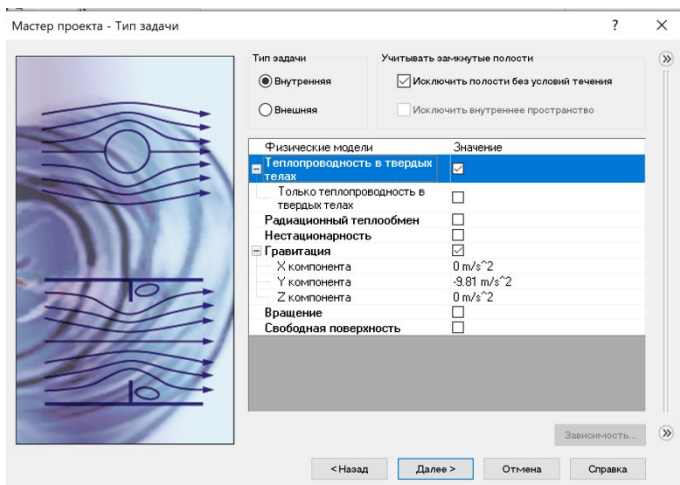


Рис. 2.124. Выбор типа задачи и физических моделей

Зададим в качестве материала по умолчанию «Алюминий 6061» (рис. 2.125).

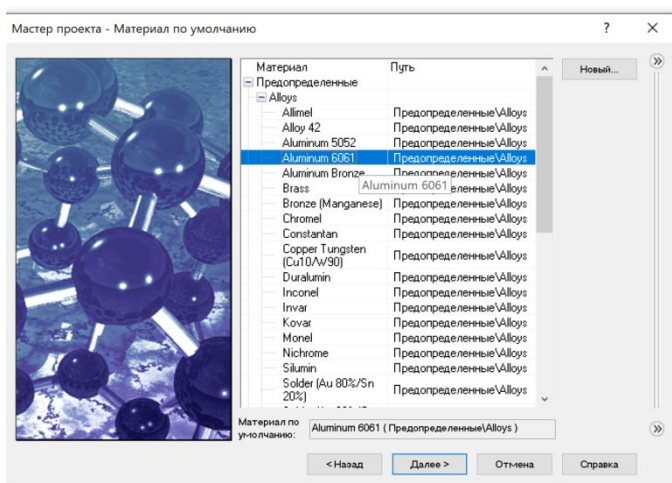
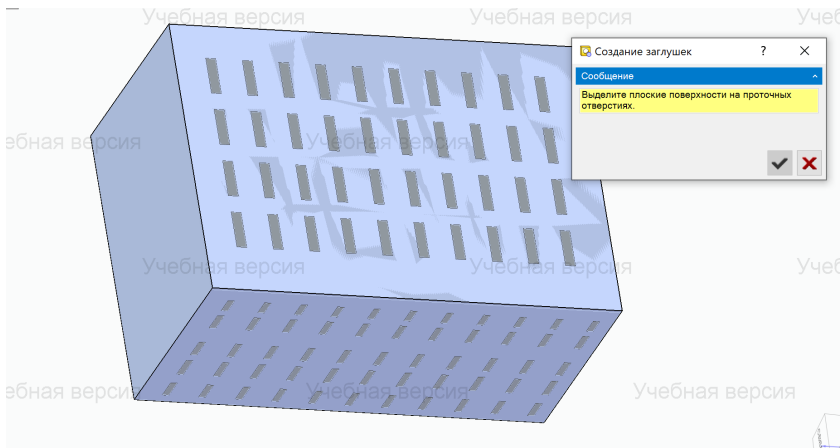


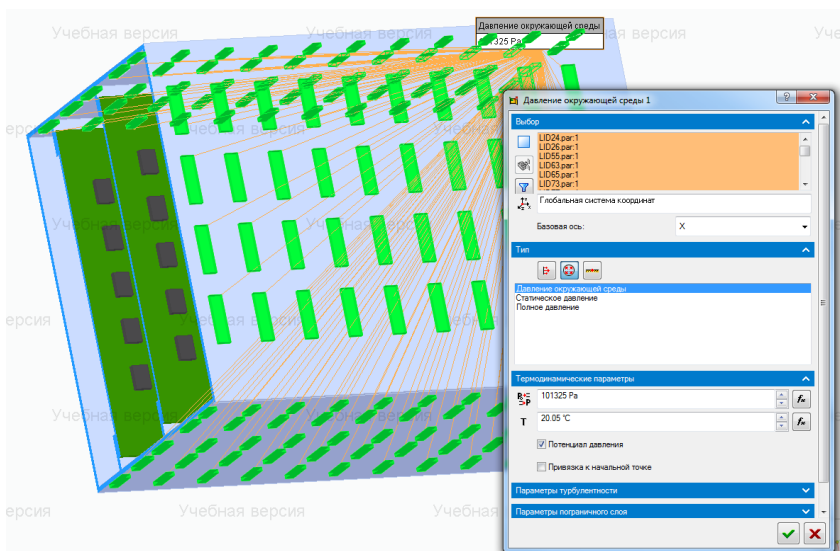
Рис. 2.125. Выбор материала твердого тела по умолчанию

Далее, поскольку был указан «внутренний» тип задачи, нужно создать зажатое пространство внутри корпуса. Для этого с помощью инструмента «Создание заглушек» создадим заглушки для вентиляционных отверстий в корпусе (рис. 2.126).



**Рис. 2.126.** Создание заглушек с помощью инструмента «Создание заглушек»

Затем для всех созданных заглушек назначим граничный элемент «Давление окружающей среды» (рис. 2.127). Таким образом, мы указываем решателю, что данные отверстия являются внешними и связаны с окружающей средой. При этом, пространство внутри корпуса по-прежнему остается замкнутым.



**Рис. 2.127.** Назначение граничного условия «Давление окружающей среды»

Далее, к печатным платам применяется граничное условие «Печатная плата» (рис. 2.128), а к микросхемам – условие «2R-модель» (рис. 2.129).

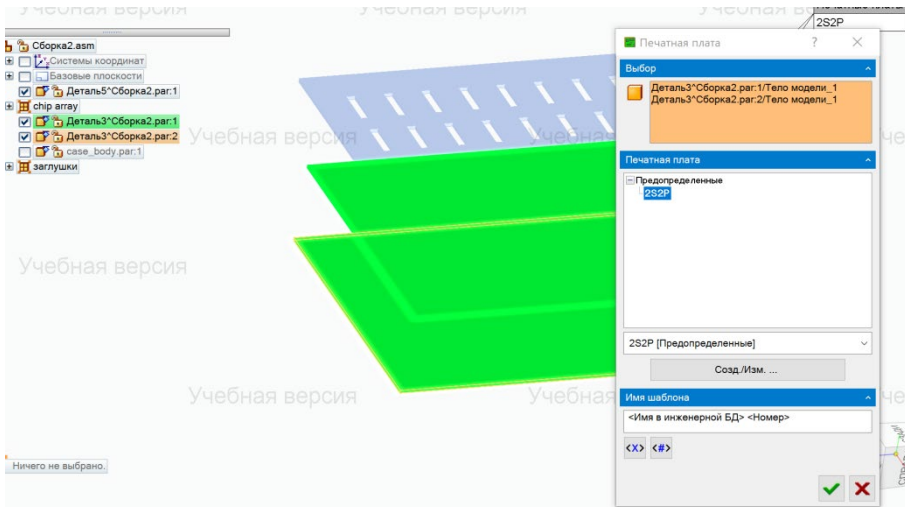


Рис. 2.128. Назначение условия «Печатная плата»

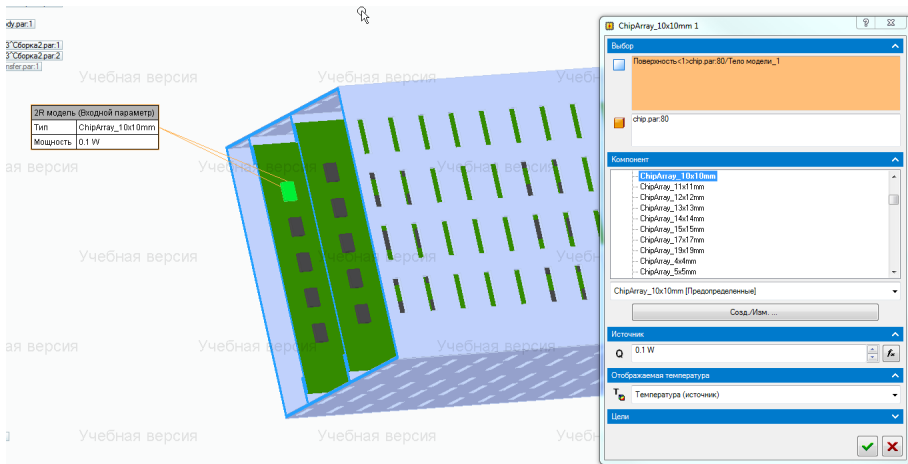


Рис. 2.129. Назначение условия «2R-модель»

После этого запускается расчет и выводятся результаты (рис. 2.130).

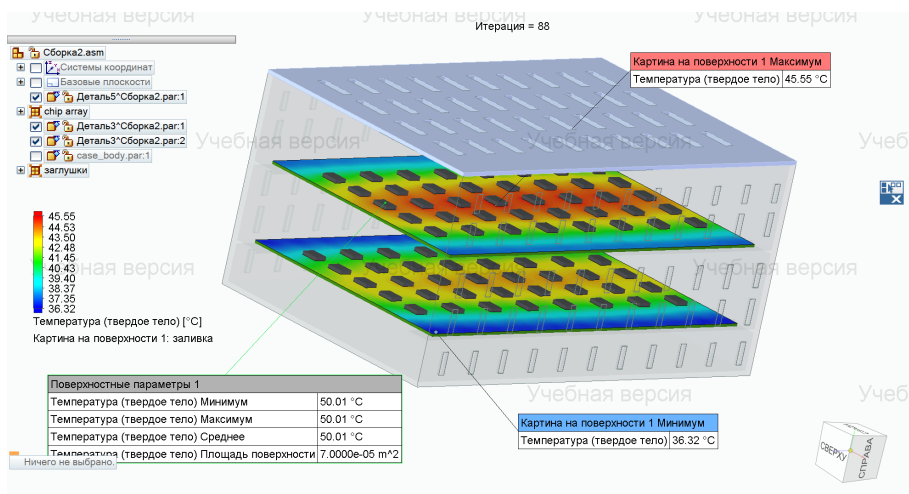


Рис. 2.130. Результаты расчета исходного блока

Как следует из результатов, максимальная температура платы составила  $45,5^{\circ}\text{C}$ , причем верхняя плата нагрелась сильнее, поскольку из-за горизонтального положения плат и конвекции нижняя плата дополнительно нагревает верхнюю. Контрольная микросхема нагрелась до  $50^{\circ}\text{C}$ .

Попробуем улучшить охлаждение блока, повернув его на бок.

Для этого в условиях расчета изменим ось координат, к которой применяется условие ускорения свободного падения (рис. 2.131).

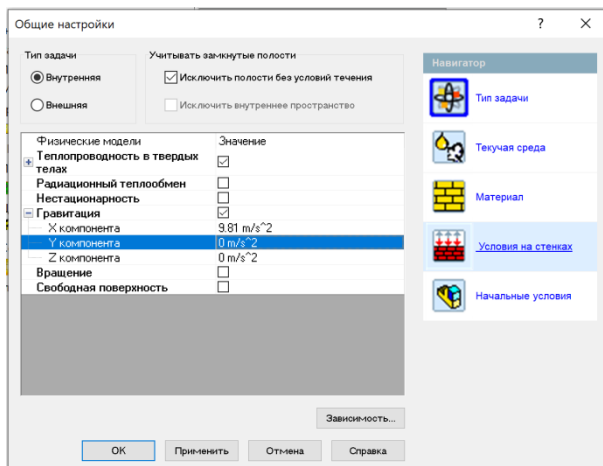


Рис. 2.131. Изменение направления ускорения свободного падения в параметрах физической модели гравитации

Сделав только это изменение в проекте, запустим новый расчет и выведем результаты (рис. 2.132).

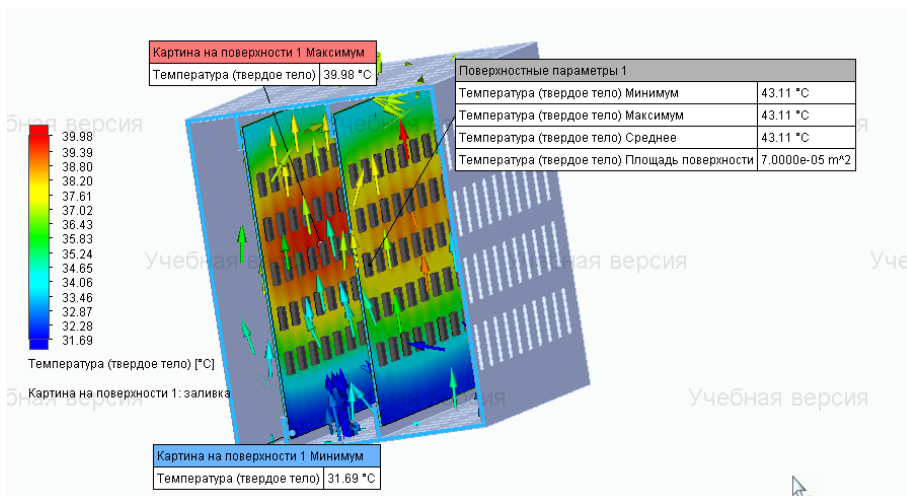


Рис. 2.132. Результаты расчета перевернутого блока

Как видно, максимальная температура платы снизилась до 40°C за счет снижения влияния нижней платы на верхнюю. Более того, верхняя плата стала нагреваться даже меньше нижней, поскольку вокруг нее больше свободного пространства и вентиляционных отверстий. Контрольная микросхема также стала нагреваться меньше на 7°C.

### Содержание отчета

1. Краткий конспект теоретической части.
2. Скриншоты финальных моделей и результирующие файлы моделей в электронном виде.
3. Исходные данные и результаты анализов в печатном и электронном виде.
4. Выводы по работе.
5. Ответы на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. По какой причине и каким образом необходимо закрывать входные / выходные отверстия в корпусе блока?
2. Какие условия должны быть выполнены для автоматического формирования заглушек?
3. Какие граничные условия необходимо применить на входах и выходах модели?
4. Влияет ли ориентация плат в блоке на эффективность естественной конвекции?