

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ С ЯЧЕЙСТАМИ СТРУКТУРАМИ С ВЫПОЛНЕНИЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА В СРЕДЕ ANSYS

Маканов Д.В., Полозков А.Ю., Полозков Ю.В., Напрасников В.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Решение задачи по автоматизации многократного перепроектирования исходной геометрической модели детали для интеграции ячеистых структур с учетом инженерного анализа в среде ANSYS предлагается выполнить с помощью библиотеки PyANSYS, которая с использованием языка программирования Python позволяет интерактивно управлять экземпляром ANSYS и считывать данные из двоичных файлов результатов (.rst), двоичных данных массы и жёсткости (.full) и блочного архива ASCII (.cdb) [1]. В качестве исходных данных рассматривается геометрическая модель монолитной детали, для которой в среде ANSYS в интерактивном режиме должна быть сформирована и записана в соответствующий текстовый файл схема нагружения с указанием необходимых ограничений, действующих сил и прочих показателей, определяющих напряженно-деформированное состояние детали.

Общий алгоритм автоматизации включает три основных шага. На шаге 1 осуществляется получение исходных данных в виде файлов модели и схемы нагружения для данной модели. В процессе проведения инженерного анализа модель представляется в виде сетки конечных элементов, в узлах которой определяются значения нагрузок, деформации или напряжения. При этом идентификаторы элементов могут варьироваться от эксперимента к эксперименту. Поэтому в скрипте используются динамические переменные. Программная реализация данного шага заключается в создании объекта Mechanical APDL из библиотеки PyANSYS при помощи метода `launch_mapdl()` из пакета `ansys.mapdl.core` и вызова специальных методов:

```
ansys = launch_mapdl()
ansys.run("IGESIN, '%s', 'IGS', '%s' ! import" %
          (str(pathlib.Path(self.detail_fn).stem),
           str(pathlib.Path(self.detail_fn).parent.absolute()))).
```

Команда `run()` объекта ANSYS даёт возможность передать команды, понятные Mechanical APDL. Во второй команде реализуется чтение 3D-модели в виде IGS-файла, а встроенная библиотека Python `pathlib` дает возможность корректного указания пути к модели `self.detail_fn`. Поскольку схема нагружения представляется в виде скрипта с командами для Mechanical APDL, то программа читает данный файл построчно и каждую команду выполняет в методе `run()`:

```

def run_load_schema(self, ansys):
    with open(file=self.load_schema_fn, mode="r", encoding="utf-8") as
load_schema_commands:
    for command in load_schema_commands:
        if not command.isspace() and command[0] != '!':
            ansys.run(command).

```

На шаге 2 на основе полученных данных происходит расчет возможных комбинаций ячеистых структур и их параметров. Программная реализация данного шага заключается в создании специальных типов данных для хранения объектов с параметрами, используемыми на третьем шаге.

На шаге 3 происходит добавление ячеек в модель с помощью библиотеки PyANSYS, повторное применение схемы нагружения и запуск инженерного анализа:

```

drawer = self.create_drawer(ansys, cells, body_params, calc_param)
res = ansys.run("*GET, KMax, VOLU,, NUM, MAX")
start = res.index("VALUE= ") + 7
volume_id = res[start:]
drawer.set_cells(cells)
cells_coordinates = drawer.draw_cells_volumes()
ansys.run("VSBV,%s,ALL,,," % (volume_id))
self.run_load_schema(ansys).

```

На этом шаге при помощи команды VSBV объем ячеистых структур, вычисленный на шаге 2, удаляется из исходной модели детали. В конце вызывается метод `self.run_load_schema(ansys)`, который повторно применяет схему заданную нагружения. При существовании необходимости дальнейшей модификации модели шаг 3 запускает повторный анализ напряженно-деформированного состояния детали, после чего выполняется переход на шаг 1.

Рассмотренные шаги алгоритма позволяют с использованием системы ANSYS реализовать автоматический режим многократного перепроектирования геометрии исходной модели монолитной детали путем интеграции ячеистых структур с учетом обработки данных инженерного анализа. Различные варианты алгоритмов расчета ячеистых структур и определения мест их интеграции, реализуемые на шаге 2, будут определять окончательный результат такого перепроектирования. Поэтому с разработкой данных алгоритмов связываются перспективные исследования.

1. Полозков, Ю.В. Реализация алгоритма для автоматизации многовариантного инженерного анализа деталей с ячеистыми структурами с помощью PYANSYS / Ю.В. Полозков, В.В. Напрасников, И.В. Павловский, Е.А. Яковец // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. междунар. науч. конф., Минск, 26 - 30 октября 2020 г. / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та ; под общ. ред. А. А. Большакова. – Минск, 2020. – Т. 12, Ч. 3. – С. 37 – 43.