

УДК 004.021

**ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СЕТОК СМЕШАННОГО ТИПА И ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
КОНФОРМНОГО ПЕРЕХОДА МЕЖДУ СТРУКТУРИРОВАННЫМИ И  
НЕСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ОБЛАСТЯМИ В ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ  
CVDSim3D**

**Пинчук М.А. (ИТМО)**

**Научный руководитель – Трифанов А.И.**

**(ИТМО)**

**Введение.** Современные программные продукты вычислительной инженерного моделирования используют расчетные сетки как основу численного решения задач. В зависимости от геометрии области и требований к точности применяются структурированные (регулярные) и неструктурированные (нерегулярные) сетки [1]. Структурированные сетки являются стандартом инженерной практики, поскольку обеспечивают высокую вычислительную эффективность, высокую ортогональность элементов и упрощенную топологию. Однако их применение ограничено сложностью геометрии. В таких областях используются неструктурированные сетки. В CVDSim3D, неструктурированные сетки строятся по принципу диаграммы Вороного [2]. Задача стыковки структурированных и неструктурированных сеток является нетривиальной и решается по-разному в различных программных продуктах. Некачественная реализация перехода приводит к ухудшению качества ячеек: высокой скошенности, плохой ортогональности, невыпуклости ячеек и росту aspect ratio, что зачастую негативно влияет на устойчивость и точность расчётов. Целью работы является разработка и реализация алгоритмов построения объемных и плоских структурированных сеток, а также обеспечение корректного конформного перехода между структурированными и неструктурированными областями в программном продукте CVDSim3D.

**Основная часть.** В рамках работы будет реализована поддержка построения структурированных расчетных сеток в блоках стандартных топологий, включающих в двумерном случае четырехугольные области, круги и кольца, а в трехмерном — шестигранные блоки, цилиндры, трубы и тороидальные области. Логические стороны блоков будут задаваться набором геометрических примитивов (в 2D — линиями, в 3D — поверхностями). Координаты узлов будут вычисляться методом трансфинитной интерполяции на основе одномерных и двумерных разбиений сторон, а формируемая структура данных будет содержать полную топологическую связность элементов получившейся расчетной сетки. Таким образом будет реализована возможность строить структурированную (регулярную) сетку в блоках с “простой” геометрией.

Наиболее сложной частью работы будет разработка алгоритма стыковки структурированных блоков с неструктурированной сеткой Вороного, реализуемого в концепции первичного построения структурированных областей с последующей генерацией неструктурированных от них. Алгоритм включает обработку входной геометрической топологии с модификацией разбиений STL-ребер путем добавления узлов структурированной сетки, замену граничных STL-поверхностей на структурированные грани с дополнительной триангуляцией для обеспечения планарности и обновления информации о связности элементов, а также модификацию алгоритма построения неструктурированной сетки, включающую параллельный алгоритм распределения граничных треугольников по ячейкам. В таком алгоритме для каждой ячейки выполняется поиск пересекающих её граничных треугольников, обработка соответствующих ребер и вершин и корректное перераспределение элементов между соседними ячейками; для этого потребуются специализированные структуры данных, а также понадобится рассмотреть все возможные случаи пересечения. Для обеспечения максимальной конформности межблочного перехода координаты центров пристенных ячеек неструктурированной сетки задаются центрами структурированных граней, что обеспечивает согласованность интерфейса и высокое качество расчетной сетки.

**Выводы.** В работе предложена возможная реализация построения сеток смешанного типа в программном продукте CVDSim3D. Спроектированы алгоритмы генерации структурированных сеток и их стыковки с неструктурированной сеткой Вороного. Предложенный подход должен обеспечить высокий уровень конформности на межблочных переходах, что позволит использовать сетки смешанного типа в тяжелых расчетах, требующих высокой точности. Результаты работы могут быть использованы при дальнейшем развитии программного продукта, а также применены в работе множества клиентов.

**Список использованных источников:**

1. Sadrehighi, I., 2020. Mesh Generation in CFD. CFD Open Series, pp. 1–15 (sections on structured vs. unstructured meshes and mesh topology).
2. Garanzha, V.A., Kamenski, L. and Si, H. (eds.), 2019. Numerical Geometry, Grid Generation and Scientific Computing (NUMGRID / Voronoi 150). Springer, Lecture Notes in Computational Science and Engineering, pp. 1–20; section “Voronoi Meshing: Theory, Algorithms, and Applications”.