

# Стратегия решения задачи

## Лекция 4

## Стратегия решения задачи

Чтобы оценить точность полученного решения поставленной математической задачи, необходимо проведение нескольких расчетов на разных расчетных сетках, отличающихся размером и, соответственно, количеством ячеек.

Если обнаружено, что, начиная с некоторой частоты сетки, решение задачи перестает значимо зависеть от частоты сетки, т. е. выходит на "полку", то можно считать, что необходимая точность решения математической задачи достигнута, т. к. получена так называемая сеточная сходимость решения математической задачи.

## Стратегия решения задачи

Естественно, возникает вопрос об определении пороговой величины изменения решения задачи при заметном (в 1,5–2 раза) изменении размера ячеек сетки и, соответственно, их количества, меньше которой изменения решения можно считать незначимыми.

Очевидно, что определить этот порог безотносительно какого-либо физического параметра невозможно, поэтому естественной при решении этого вопроса является ориентация на те физические параметры, для определения значений которых и решается данная задача, тем более что обычно уже при постановке задачи известны допустимые погрешности определения этих значений

## Стратегия решения задачи

То есть, для определения сеточной сходимости решения задачи используются те же физические параметры, которые задаются в проекте в качестве целей и по поведению которых в процессе решения стационарной задачи идентифицируется установление решения задачи и, соответственно, принимается решение о завершении расчета.

Кроме того, наблюдение за поведением этих целей в процессе установления решения задачи позволяет оценить погрешность их определения в данном расчете. Эта погрешность уменьшается при осреднении цели по интервалу анализа (в COSMOSFloWorks это выполняется автоматически при анализе сходимости целей). Естественно, не имеет смысла требовать меньшей, чем эта, погрешности при анализе сеточной сходимости.

## Стратегия решения задачи

Таким образом, стратегия решения инженерной задачи с помощью COSMOSFloWorks заключается, прежде всего, в проведении при фиксированной базовой части проекта (т. е. при фиксированной модели, фиксированной расчетной области, фиксированных граничных и начальных условиях) не одного расчета, а нескольких с варьированием расчетной сетки. Поскольку процесс построения расчетной сетки в COSMOSFloWorks автоматизирован, варьирование расчетной сетки достигается варьированием параметров проекта, представляющих ее установки, т. е. управляющих ее построением до расчета и изменением во время расчета

## Стратегия решения задачи

Дополнительным пунктом стратегии решения инженерной задачи является варьирование вспомогательных элементов модели, добавленных к модели из-за их необходимости для решения задачи (например, входные и выходные трубки для внутренних задач с протоком для обеспечения отсутствия вихрей на входных и выходных отверстиях, которые существенно увеличивают погрешность решения), в достаточности и необходимости размеров которых можно сомневаться, а также тех физических параметров проекта, которые, по вашему мнению, могут повлиять на решение задачи, но величина которых вам точно не известна, так что они были заданы в проекте весьма приблизительно (например, турбулентность набегающего потока).

## Стратегия решения задачи

Эти расчеты рекомендуется проводить после выявления сеточной сходимости, так что при их проведении обычно нет необходимости по-новому исследовать сеточную сходимость, достаточно лишь проводить эти расчеты с теми настройками сетки, которые обеспечили удовлетворительную точность решения при исследовании сеточной сходимости. Это может также относиться и к параметрическим инженерным расчетам с изменением отдельных деталей модели и/или параметров течения, но при этом не следует забывать о потенциальной необходимости проверки сеточной сходимости, которую рекомендуется выполнять во всех сомнительных случаях.

## Стратегия решения задачи

Несмотря на кажущуюся простоту предлагаемой стратегии, ее полная реализация обычно сопряжена с существенными трудностями, заключающимися, прежде всего, в возрастании запрашиваемой оперативной памяти и времени расчета при увеличении числа ячеек расчетной сетки. При ограниченных ресурсах компьютера и ограниченном времени, за которое задача должна быть решена, выбор реализации стратегии для решения конкретной задачи, в конечном счете, определяет, будет ли задача решена с удовлетворяющей вас точностью. Не исключено, что для решения задачи понадобится дальнейшее упрощение модели и/или уменьшение расчетной области.



Стратегия решения задачи

## **Рекомендации по просмотру результатов**

После того как задача запущена на счет, целесообразно, если у вас, конечно, есть на это время, периодически наблюдать за идущим расчетом, по крайней мере, за изменением физических параметров, определенных вами в качестве целей перед началом расчета по следующим причинам:

## Стратегия решения задачи

- можно вмешаться в процесс принятия решения до завершения расчета, прервав расчет до его автоматического завершения, если он вас почему-либо не устраивает, например, COSMOSFloWorks выдал предупреждения, из которых видно, что продолжение расчета бессмысленно, или, наоборот, если решается стационарная задача (это относится и к некоторым нестационарным задачам), и вы считаете, что решение задачи уже получено;

## Стратегия решения задачи

- если решается стационарная задача, то наблюдение в процессе установления решения за поведением физических параметров, определенных вами в COSMOSFloWorks в качестве целей, позволяет, в случае их осцилляции в процессе решения задачи, уже в ходе расчета определить погрешность их установления по их максимальным, минимальным и средним значениям на интервале анализа или любом другом выбранном интервале по числу итераций;

## Стратегия решения задачи

- если интересующие вас физические параметры не очень сильно изменяются, то можно уже в ходе расчета оценить значения, которые будут получены по его завершении.

## Стратегия решения задачи

Особенно важна первая из этих причин, т. к. в ряде случаев это позволяет существенно сократить время расчета. Например, COSMOSFloWorks выдал предупреждение, что на выходном отверстии модели находится вихрь, что существенно снижает корректность расчета, поэтому необходимо удлинить выходную трубку модели. Или, например, если при решении стационарной задачи на уровне 7 или 8 видно, что выполняющиеся в процессе расчета уточнения расчетной сетки не приводят к увеличению числа ячеек сетки и заметному изменению результатов (например, целей), то расчет можно **ОСТАНОВИТЬ**.

## Стратегия решения задачи

При просмотре и анализе результатов решения задачи после завершения расчета в первую очередь рекомендуется посмотреть изменения заданных целей в процессе расчета, если вы их не смотрели перед завершением расчета. Если решается стационарная задача, и интересующие вас параметры заданы в качестве целей задачи, то, в случае осцилляции этих параметров в процессе расчета, их более точные расчетные значения целесообразно определять осреднением по интервалу анализа или выбранному вами иному интервалу, примыкающему к последней выполненной итерации. При этом можно определить также отклонения значений данной цели относительно ее среднего значения на данном интервале, характеризующие погрешность

## Стратегия решения задачи

Полезно проверить отсутствие вихря в выходном сечении модели, а также посмотреть общую картину течения, и если рассчитывалась теплопередача в твердых телах, то распределение температуры по модели.

Естественно, в первую очередь целесообразно посмотреть поле интересующего вас физического параметра, причем в области, охватывающей интересующую вас область, – с целью проверить отсутствие результатов, противоречащих физике.

Стратегия решения задачи

Целесообразно посмотреть также поля физических параметров, связанных с интересующим вас физическим параметром.

Например, если вас интересуют потери полного давления, то целесообразно посмотреть не только поле полного давления, но и поле скорости потока; а если вас интересует температура твердого тела, то – поле теплового потока между текучей средой и твердым телом.



## Стратегия решения задачи

В соответствии с общим подходом к оценке надежности и точности решения инженерной задачи, полученного с помощью любой расчетной методики, эта оценка складывается из двух оценок: оценки точности решения математической задачи, соответствующей используемой математической модели физического явления, и оценки точности моделирования физического процесса с помощью используемой в расчетной методике математической модели.

## Стратегия решения задачи

Точность решения математической задачи определяется математическими методами вне зависимости от адекватности математической модели рассчитываемому физическому явлению. В нашем случае оценка этой точности базируется в основном на анализе сеточной сходимости решения задачи по решениям, полученным на разных расчетных сетках. Кроме того, поскольку стационарные задачи решаются в COSMOSFloWorks с помощью метода установления с применением локального шага по времени, в некоторых случаях, особенно при сомнениях, относительно стационарности задачи, небесполезной является дополнительная проверка точности полученного решения путем решения задачи как нестационарной, т. е. без использования локального шага по времени.

## Стратегия решения задачи

После того как получено удовлетворительное по точности решение математической задачи, следующим этапом является оценка точности моделирования физического процесса с помощью используемой в расчетной методике математической модели.

Для этого проводится сравнение полученного решения с имеющимися экспериментальными данными (с учетом их погрешности, складывающейся из погрешности измерений и погрешности постановки эксперимента, т.е. наличия паразитных влияний). Естественно, ввиду ограниченности экспериментальных данных, для такой проверки желательно подобрать их максимально близкими к решаемой инженерной задаче.

## Стратегия решения задачи

Соответственно, помимо стоящей перед вами инженерной задачи, придется дополнительно (желательно до решения этой инженерной задачи) решать (с применением вышеописанной стратегии) некоторую тестовую задачу, для которой имеются экспериментальные данные, с которыми можно провести сравнение получаемых расчетных данных. Это существенно повышает надежность оценки точности получаемого численного решения стоящей перед вами инженерной задачи, так что дополнительные затраты ресурсов и времени вполне окупятся в дальнейшем, в том числе при решении близких инженерных задач.

# Стратегия решения задачи