

Памяти А. П. Тишина — ученого, инженера, учителя и друга

1993 год, как и все 90-е, для нас, сотрудников уже не советской, но Российской академии наук, был сложный. Цены в магазинах были в у.е. (условные единицы — доллары), а зарплата в этих у.е. была в академии около 30. И мы мечтали получить 60, потому что тогда можно было жить! Команда четырех ученых в Институте автоматизации проектирования РАН уже третий год писала параллельный код FlowVision. FlowVision той далекой версии 1.0 был написан на фор-тране, но уже работал на параллельных машинах — то были транспьютерные платы на четыре и более процессоров, вставлявшиеся в 386-е и 486-е персоналки. Также в распоряжении команды был суперкомпьютер PARAM индийского производства, основанный на этих же транспьютерах. Команда искала заказчиков для проведения расчетов с помощью FlowVision, чтобы поддержать свое существование и существование своих семей, не уезжать за границу и не уходить из науки. Работали по 7 дней в неделю, по 12 и больше часов. Заказчиков было мало, все они были «штучные», и средств катастрофически не хватало.

В один из дней в ИАП РАН зашел Анатолий Петрович Тишин и предложил сотрудничество. Оказалось, нас он нашел по нашим опубликованным работам. Анатолий Петрович и еще несколько подобных заказчиков стали спасителями команды, которая, выполняя проекты, не разбежалась и продолжала заниматься любимым делом — программировать FlowVision.



Рис. 1. Анатолий Петрович Тишин, 23 августа 1935 года – 31 января 2023 года, заслуженный деятель наук РФ, лауреат Государственных премий СССР (1979 и 1991 гг.), доктор технических наук (1970 г.), профессор кафедры ракетных двигателей МАИ (1984 г.)

Анатолий Петрович Тишин родился 23 августа 1935 года в г. Благовещенске. Он окончил Казанский авиационный институт, работал с член-корреспондентом АН СССР В. Е. Алемасовым, академиком В. П. Глушко. В соавторстве с ними имеет большой труд — шеститомный

справочник «Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания». Анатолий Петрович был автором и других научных работ, но на нас большое впечатление произвела его работа о возникновении озоновой дыры. В то время считалось, что она возникала из-за фреонов, которые использовались в холодильных установках. Была уничтожена целая промышленность по выпуску фреонов. Анатолий Петрович показал, что фреоны не причастны к возникновению озоновой дыры. Конечно, когда политики говорят, что $2 \times 2 = 5$, ученых никто слушать не будет.

Одна из первых задач, которые принес Анатолий Петрович нам, — о снижении эмиссии NOx на ТЭЦ, работающих на природном газе. Популярным способом снижения выбросов была подача дымовых газов на вход горелок котлов. Для этого газ перемешивался с воздухом. Расчеты, проведенные с помощью программ, разработанных в лаборатории ЦНИИМаш, возглавляемой А. П. Тишиным, показали, что подача газов рециркуляции должна была снизить выбросы до 60–80 ppm, а на самом деле московские ТЭЦ показывали 120 ppm и выше. В чем дело?

Анатолий Петрович исходил из того, что проблема лежит именно в смешении воздуха и газов рециркуляции. Если смешать их до молекулярного уровня, то получим теоретическую цифру выбросов. Поэтому одни из первых задач, которые решались на FlowVision, были модели всевозможных смесителей. Тогда мы уже поняли, как жизнь отличается от теории. Оказалось, что техническая документация ТЭЦ зачастую не соответствует действительности, потому как при наладке или модификациях ТЭЦ что-то меняли, переваривали, но изменения не вносились. Вот зачем нужны PLM-системы!

Анатолий Петрович генерировал конструкции смесителей, мы моделировали, а он проверял расчеты «на пальцах». Вот этот подход — верить сперва своим пальцам, а потом численному моделированию — мы исповедуем до сих пор. Перед тем как считать, оцени результат!



Рис. 2. А. А. Аксёнов, В. И. Похилко, А. П. Тишин, А. В. Гудзовский. ИАП РАН (1993 г.)

Потом Анатолий Петрович решил создать низкоэмиссионную горелку. Для этого надо было разработать во FlowVision модель горения топлива (брутто-реакции) и модель выбросов NOx. Это было сделано в кратчайшие сроки (до сих пор часть тех моделей присутствует во FlowVision — модели Зельдовича, Магнуссена, Аррениуса – Магнуссена).

Идея горелки была следующая: сначала сжигать богатую смесь, потом подмешивать к ней воздух и дожигать газ. Ключевая проблема горелки — как стабилизировать пламя. Для этого у транснациональной компании АВВ мы подсмотрели красивое решение — закрутку потока путем распиленных конусов. Модифицировав идею АВВ для центральной части горелки, где идет

богатый газ, мы использовали 4 лопасти в виде конусов. Во второй канал, который представлял собой кольцевой канал, окружающий центральный канал с конусами, добавили также закрутку потока. И подмешивали туда добавочного газа, чтобы смесь была бедной. Закрутка потока обеспечивала создание на оси горелки вихря, который и стабилизировал пламя. Поскольку теплоэнергетика — это не ракеты и, как говорил Анатолий Петрович, все решения там должны быть сделаны с помощью кувалды и сварочного аппарата, горелка получилась относительно простой. Ее быстро изготовили и поставили на водогрейной котел, который был остановлен (лето) для экспериментов. Это был первый и последний эксперимент! Дальнейшие технические решения Анатолия Петровича уже принимались без экспериментального подтверждения.

Эксперимент показал, что горелка зажигается и стабильно работает в широком диапазоне давлений газа и воздуха. Штатная горелка горела гораздо хуже и в более узком диапазоне давлений. Но! Она ревела. Как ракета на взлете. Вокруг тряслась земля. Удрученный Анатолий Петрович пришел к нам в институт. Рассказал. Решили подумать. Идея: скорее всего, шум возникает из-за слишком большой закрутки топлива, когда центральная часть потока слабо перемешивается с периферией. Чтобы улучшить смешение, сделаем меньше закрутку вторичного потока. После его ухода мы решили подрезать лопасти горелки. Виртуально, конечно. На следующий день показали Анатолию Петровичу, что горелка виртуально стабильно работает, центральный вихрь не исчез. Все горит, NOx такие, как и задумывали. Отрезать лопасти у реальной горелки — пара пустяков. Включили горелку с обрезанными лопатками — о чудо, горелка заработала тихо. Тут мы получили урок: можно отвечать только за те физические процессы, которые ты моделируешь. И всегда есть риск получить нежелательные вторичные явления, если не знаешь объект моделирования досконально. С высоты FlowVision третьего поколения, суперкомпьютеров и вихреразрешающих методик, сжимаемых течений и моделирования акустики, конечно, мы бы получили нежелательные акустические колебания. Но только с одним условием: это явление мы должны были заложить как одну из целей моделирования.

В одном из интервью, данном какой-то газете, А. П. Тишин сказал про нас так: «Для меня главное преимущество работы с FlowVision — непосредственный контакт с разработчиками, которые могут быстро и качественно доработать программу под мои задачи. Использование FlowVision позволило свести к минимуму натурные эксперименты, особенно при проектировании нового поколения газовых горелок и котлов ТЭЦ. Это был настоящий прорыв в наших разработках, когда мы убедились, что результаты FlowVision не уступают по точности натурному эксперименту».

Стоит вспомнить почти анекдотический случай проектирования и изготовления горелки для мусоросжигательного завода в Финляндии. Низкоэмиссионная горелка, предназначенная для сжигания низкокалорийного газа (процесс разложения мусора при высокой температуре), проектировалась на основе идей горелок ГПС, упомянутых выше. Два канала, в центральный канал подавался подсвечивающий газ (обычный природный газ), а в периферийный — мусорный газ. Как всегда, горелка была спроектирована с использованием FlowVision, на заводе ее сделали, упаковали и отправили в холодную Финляндию. Следом за ней поехал и Анатолий Петрович. Он был так уверен в нашем подходе создания горелок, что эта горелка, как и все предыдущие, не проходила экспериментальной отработки. В Финляндии горелку поставили, включили, а она не работает! Это был удар, можно сказать, межгосударственный скандал. Анатолий Петрович стал разбираться, в чем дело. Оказалось, что на заводе горелку неправильно собрали: крутка топлива в периферийном канале должна быть в ту же сторону, что и в центральном канале, а на заводе сделали все с точностью до наоборот. Но, поскольку основные инструменты энергетика, как мы уже говорили, — кувалда и сварочный аппарат, финский дядя Вася быстро перевернул лопасти в обратную сторону, горелку поставили на штатное место, включили, и мусор общества потребления горит в ней до сих пор.

Другой случай произошел на одной из ТЭЦ «Мосэнерго». В 2007 году «Мосэнерго» было куплено «Газпромом». Приход «Газпрома» в «Мосэнерго» имел свои негативные стороны для работы Анатолия Петровича: во-первых, новый собственник убрал возможность заключать договоры на научно-исследовательские работы, по которым работал А. П., а во-вторых, восторжествовал принцип, хорошо сформулированный царским воеводой в легендарном мультфильме «Летучий корабль»: делать не буду, куплю. Поэтому один из котлов решили переоборудовать для уменьшения вредных выбросов. Купили новые горелки, затратили 2 млн долларов и получили выход из строя котла в разгар отопительного сезона из-за прогара стенки, на которую «дуют» новые чудесные низкоэмиссионные горелки. Поскольку остановка котла с его капитальным ремонтом — это еще большие деньги, чем штрафы за выбросы, то у «Мосэнерго» была альтернатива: либо затратить 2 млн долларов на то, чтобы установить старые горелки, либо позвать А. П. Тишина, который «что-нибудь придумает». Анатолий Петрович выслушал задачу и сказал, что мы сделаем эту работу в 30 раз дешевле. Поставили моделирование котла с злосчастными горелками на FlowVision, чтобы понять, почему происходит прогар задней стенки. Оказалось, что горелки образуют течение горячего газа в котле, который прямым ходом идет на противоположную сторону котла. Если есть диагноз, то будет и лечение. А. П. предложил простое решение: давайте придумаем к этим горелкам направляющие шторки, чтобы отклонить их потоки в разные стороны и организовать более эффективное перемешивание струй от горелок. Дальше все было ясно. Подбор углов установки шторок, их ширины затратил некоторое количество численных экспериментов на FlowVision, и конструкторское предложение было готово. После этого, с использованием кувалды и сварочного аппарата, шторки были установлены на котел. Он заработал так, что стал укладываться в регламентные сроки ремонта. Причем, поскольку была возможность считать обтекание шторок с работающими горелками, шторки были поставлены так, чтобы их нагрев был минимален. После остановки котла со шторками было установлено, что они действительно не подвергаются высокой температуре и не выгорают. Народные деньги были спасены.

Говорят, что человека видно по деяниям его. Для нас в нашей памяти Анатолий Петрович Тишин будет жить как ученый, инженер и просто добрый и хороший человек. Для него работа всегда была не необходимостью зарабатывать деньги, а внутренней потребностью творить, заниматься интересным делом, приносящим людям пользу. Он до конца оставался творцом, и творить для него было и главной заботой, и главным увлечением. Спасибо судьбе, что жизнь нас свела вместе работать, обсуждать и творить с таким замечательным человеком, как А. П. Тишин, и жаль, что мы не можем с ним обсудить новую задачу или полученный результат.

А. А. Аксёнов, Т. В. Маркова