

ОПЫТ, ОПЫТЫ И ГРАФИКИ

*Руками никогда нигде не трогай ничего.
Не впутывайся ни во что и никуда не лезь.
В сторонку молча отойди, стань скромно в уголке
И тихо стой, не шевелясь, до старости своей.*
(Г. Остер, "Вредные советы")

Дмитрий Александрович Боев

*(В продолжение статей в журнале "Двигатель"
№ 6 2017 г. "О ФИЗИКАХ И МАТЕМАТИКАХ",
№ 3 2019 г. "ЗАЧЕМ НАМ ПОМНИТЬ ОШИБКИ" И
№ 6 2019 г. "УВИДЕТЬ И ПОНЯТЬ".*

В этом номере я позволил себе перепечатать с незначительными изменениями и дополнениями статью, большая часть которой уже была ранее опубликована в № 3 "Двигателя" 2007 года, посвящённом столетию выхода первого номера этого журнала. Просто, она очень последовательно ложится на три предыдущие публикации, указанные в заголовке. Думаю, это будет верным решением. Тем более, журналу уже 113 лет. Подрос.

С самого рождения мы постоянные участники великой и не всегда удачной для нас игры "Мы и мир". Хотим - не хотим, а приходится. И вот в ней-то главное - не результат (он-то как раз, увы, заранее известен), а сам процесс. Такая игра.

Именно в столкновении с реальностью происходило и происходит накопление человеком жизненного опыта. Все мы, живые существа, в течение жизни ставим в этой игре опыты над природой и собой - частью той же природы - с тем, чтобы попытаться понять, на какие воздействия и как реагирует окружающая среда. И что нам, соответственно, за это может быть. Недаром слово "опыт" в смысле "эксперимент" звучит так же, как и накопленный человеком результат осознания этих экспериментов. Неосознанный опыт, который в сознании в виде логично-объяснимых конструкций не отложился, обычно именуется "интуицией" и также, на самом деле, используется в качестве основы для жизненного поведения. Тем живое и выделяется из всей остальной (неживой) природы, что постоянно накапливает и приумножает эти "результаты столкновения с реальностью", в результате чего и возможны более-менее целенаправленные действия. Мы, как я уже раньше говорил, всегда живем в двух мирах - в одном, внешнем, действуем, а в другом, своём внутреннем (который построили сами же в собственной голове в результате этих "экспериментов"), планируем дальнейшие действия и оцениваем их результат. Считаем синяки и шишки. Несовпадение этих двух миров и есть та "вероятность", которую мы по недомыслию решили считать свойством окружающего мира. В отдельных случаях это непонимание можно считать в процентах. И чем меньше наш жизненный опыт, тем менее вероятен ожидаемый результат наших действий, то есть тем меньше величина его вероятности. Впрочем, об этом я уже тоже писал.

Все сказанное в виде частного случая включает и эксперимент научный, сознательно поставленный с познавательной целью. Ему присущи, следовательно, все плюсы и минусы нашего подхода к жизни и способа существования в ней. Любой эксперимент - решение какой-то заранее более или менее определенной задачи взаимодействия среды и какого-то выделенного из нее объекта в определенных условиях. Но надо всегда помнить, что поскольку мы сами тоже часть природы, то любой наш эксперимент включает и нас самих в качестве объектов. Иначе: эксперимент проводится также и над экспериментатором, более точно - над тем самым нашим пониманием мира, о котором говорилось выше. Дело в том, что даже если мы физически и не участвуем в эксперименте, то в любом случае, занимаемся осмыслением его хода и результатов. Потому, результат может настолько отличаться от ожидаемого, что формальный постановщик эксперимента - человек - не в состоянии будет объяснить, что же это такое вышло. Иногда, таким образом совершаются открытия, но чаще - просто возникают конфликты со снабженцами и непосредственным руководством по поводу списания потраченных неизвестно на что средств.

Ясно, что одной из основных задач любого эксперимента всегда была и остается проверка правильности теоретических

предположений, на основе которых этот эксперимент был осуществлен. Впрочем, в явном виде такая задача может и не стоять, но предположения типа "а что будет, если..." - тоже постановка задачи. А там уже - как повезет.

Принято различать прямую и обратную задачи при работе с экспериментальным материалом. Коротко можно сформулировать так: **Прямая задача:** определение параметров среды при известном воздействии на нее объекта эксперимента. **Обратная задача:** определение поведения объекта эксперимента по определенным параметрам среды, в которой он находился.

Надо сказать, что очень редко сам по себе эксперимент является самоцелью. Чаще всего его ставят все-таки для того, чтобы использовать результат для проверки чего-то либо продуманного, либо полученного ранее. Потому, очень и очень редко результирующие графики строят по исходным, полученным непосредственно в эксперименте параметрам. Это происходит по большей мере потому, что условия эксперимента все-таки модельные (то есть вообще-то близки к действительности, но не полностью ей соответствуют, на деле - в каждом опыте - свои). Для сравнения результатов экспериментов, полученных в разное время и в разных условиях над одними и теми же или однотипными объектами, следовательно, требуется приводить результат к каким-то общим условиям. Методов такого приведения человечество накопило множество. В газовой динамике, например, около десятка формул приведения: по скорости потока, по геометрии объектов, по плотности среды, по ее вязкости - да много еще по чему. За каждой из них - тысячи экспериментов и годы осмысления и теоретических разработок. И, замечу, масса всякого рода эмпирики и приводящих к реальности констант, которые как раз и есть следствие влияния разницы реального мира и нашего о нём представления.

Человечество накопило большой багаж методик постановки задач и организации эксперимента. Правда, как утверждают теоретики литературы, весь спектр беллетристического багажа человечества можно свести к семи основным сюжетам, а прочее - вариации на тему, так и здесь: общие принципы на самом деле тоже одинаковы - будь вы Павлов со своими собаками или Курчатова у реактора. Какая бы из двух основных задач ни решалась, главное - постараться заранее (априорно, то есть "до опыта") попытаться понять, что представляет собою объект, поведение скольких из его независимо изменяющихся параметров мы можем наблюдать и в связи с изменением чего именно они, собственно, меняются. И желательно, конечно, избавиться от всякого рода неучитываемых факторов, которые не относятся к тому, что мы, собственно пытаемся измерить. Это скромное, на первый взгляд, пожелание делает эксперимент все сложнее и дороже, особенно с увеличением его точности и информативности. Затраты на эксперимент при увеличении, скажем точности определения параметров, растут экспоненциально.

И не менее важно разобраться: каким образом изменение одних параметров влияет на другие. В общем случае это неоп-

ределимо ни до опыта, ни после. Традиционно из этого положения выходят, заставляя изменяться какой-то один из параметров и поддерживая в неизменности прочие. Таким образом и получаются привычные для нас характеристические кривые, в которых эффект изменения параметра связан с изменением определенной исходной величины. На самом деле, поставленная Вами задача имеет столько измерений, сколько было реально измеряемых при эксперименте параметров. Другое дело, что изменения многих отдельно замеряемых параметров коррелированы и взаимосвязаны, поскольку вызваны одними и теми же физическими процессами. Например, измерения температуры в нескольких точках по окружности на одном сечении трубопровода. Характеристики, построенные по ним, изменяются эквидистантно и ничегошеньки-то не прибавят к пониманию процесса. Поэтому, обычно, такие независимые измерения используют для взаимного контроля друг друга и определения случайных (или наведенных аппаратурно) выбросов, либо, учитывая возможный инструментальный разброс, каким-либо образом осредняют измеренную величину. Таким образом, вместо ряда идентичных величин получают одну общую. Это дает возможность честному экспериментатору приблизить описание процесса, построенного по результату эксперимента, к реально проходящим процессам, а не очень честному - выбросить все не попадающие под теоретические построения точки из рассмотрения и приблизить наблюдаемый результат к теоретическому описанию процесса. Такая практика сильно убыстряет получение экспериментальной части диссертационной работы и уменьшает количество ехидных вопросов оппонентов. Иногда эффект от этого может быть глобален. Таким образом, сравнительно небольшие "коррекции" данных позволили сформулировать долго владевшую умами теорию "озоновых дыр" и царствующую и до сих пор "теорию глобального потепления" и вину в ней человеческой цивилизации.



Рис. 1. Крутящий момент у дизеля с наддувом

нии перепуска воздуха (см. рис. 1). Но при других (столь же постоянных) величинах перепуска эта характеристика будет иметь уже иной вид, на третьих - третий и т.д. Так появляются графики с расслоением характеристик (см. рис. 2), также привычные нам. Но ведь на самом-то деле это расслоение - ни что иное, как срезы характеристических поверхностей плоскостями. В нашем случае, это - плоскости со значениями перепуска = const (см. рис. 3).

И так - с любимыми расслаивающимися характеристиками.

Это настолько привычно, что мы не задумываемся о том, что и такая характеристическая поверхность - просто трехмерный срез той самой многофакторной характеристики, которая суммарно и описывает поведение объекта исследования. При этом, количество действующих факторов и является размерностью характеристики. Достойно изобразить это (увы!) невозможно, но понять, а тем более оперировать в эпоху работы с многомерными массивами данных - вполне.

Так что, на самом деле, для настоящего специалиста главное, чтобы во время проведения работ не изменялись условия взаимодействия составляющих частей испытуемого объекта, или изменялись эк-

видистантно (или иначе - взаимозависимо). Остальное он сделает сам. Имея такую многомерную характеристику объекта построить в ней уже знакомые нам графики зависимости - с расслоением характеристик или без - дело техники. И, конечно, математики.

Потому, проводить исследования какого-то испытуемого объекта по изменению определенной величины, строго выдерживая неизменными остальные параметры, как принято сейчас, совершенно не обязательно, поскольку любая снятая нами экспериментальная точка (условно показанная на Рисунке 3 синими звёздочками), при сохранении указанных выше условий стационарности протекающих в них процессов, неизменно попадет на характеристическую поверхность измеряемого объекта (тонированную на том же рисунке). И дело только математической обработки результатов эксперимента, каким образом и какие характеристические кривые из "звёздного поля", определяющего эту поверхность, мы желаем в конце концов получить.

При этом, на самом деле, эта поверхность вовсе не должна быть трёхмерной, как на этом рисунке. Область существования объекта имеет право быть сколько угодно n-мерной. И дело только в уровне применяемого математического аппарата, каким образом это сделать. Да ещё и графическое представление более 3D на бумаге или плоском экране монитора выглядит переусложнённым. Что вовсе не мешает работать с многомерной поверхностью, выраженной математически.

Учитывая сказанное, можно полностью изменить методологию проведения эксперимента. Применяя достаточно сильный математический аппарат, нет необходимости в столь чётком выдерживании его параметров. Достаточно добиться стационарности протекающих процессов. Это может существенно упростить и ускорить (а, следовательно, удешевить) процесс проведения эксперимента. П

Рис. 2. Типичная суммарная характеристика крутящего момента у дизеля с наддувом. Цветом выделена кривая, аналогичная кривой на рис. 1

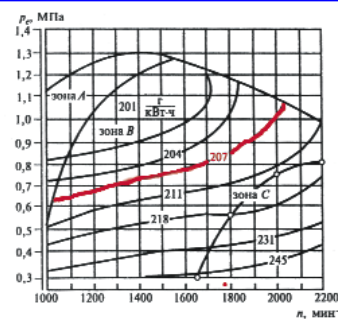


Рис. — Многопараметровая характеристика дизеля с управляемым комбинированным наддувом и перепуском газов, минуя турбину: зона А — прямой наддуватель воздуха; зона В — прямой наддуватель отключен; зона С — прямой наддуватель отключен, клапаны открыты

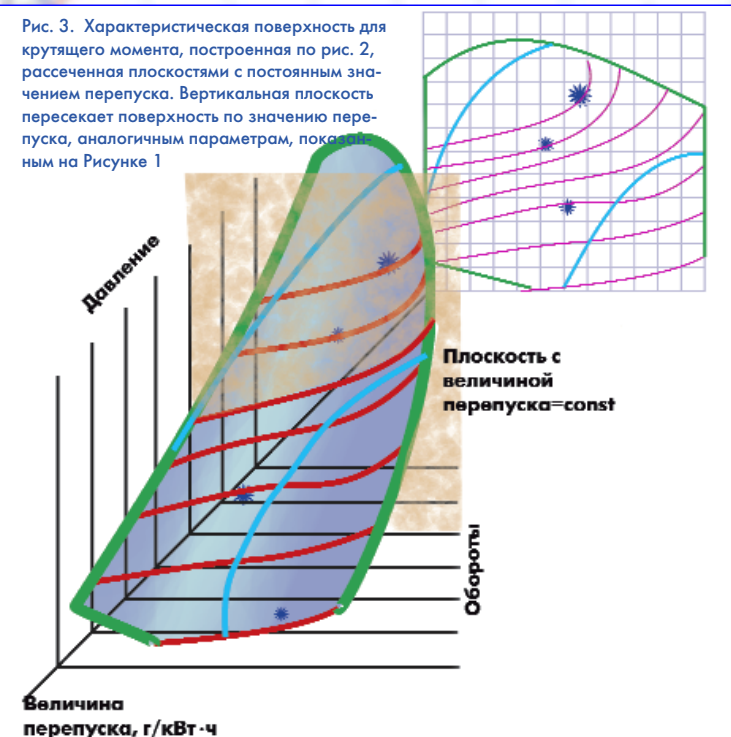


Рис. 3. Характеристическая поверхность для крутящего момента, построенная по рис. 2, рассеченная плоскостями с постоянным значением перепуска. Вертикальная плоскость пересекает поверхность по значению перепуска, аналогичным параметрам, показанным на Рисунке 1