

Моделирование - достижения и проблемы. Игра для взрослых «Полигон». Что дальше?
М.Д.Тихомиров, Д.Х.Сабиров, А.Р.Агроскин ЦНИИМ.

Кто из нас без греха, и хотя бы изредка, отложив свои серьезные и важные дела, не запускал на своем компьютере какую-нибудь крутую стратегию или неохватного размера симулятор? И в этом нет ничего удивительного, все мы в душе дети и любим играть. А играть, особенно играть на компьютере - это попадать в некие ситуации, в которые в обычной жизни попасть не удастся. По сути, играя, мы моделируем на экране монитора иную жизнь: от пилота сверхскоростного истребителя до властителя фантастического мира. Давайте теперь задумаемся, а чем является наблюдение на экране за остывающим слитком металла, нагретым до нескольких сотен градусов, внесение изменений в это процесс несколькими движениями мышки? Такое тоже никому не удавалось в реальной жизни. Так значит, это игра? В определенной мере игра. Только цель этой игры далеко не детская, это – игра для взрослых. Вот почему мы рискнули дать нашей взрослой статье такой заголовок. И одной из таких «игр для взрослых» является ныне широко известная среди литейщиков СНГ система компьютерного моделирования литейных процессов «Полигон».

Сейчас можно с улыбкой вспомнить те времена, когда многие начальники литейных производств называли моделирование «игрушками». А разработчики моделирующих систем с горячностью доказывали, что никакие это не игрушки, а очень полезный инструмент для технолога-литейщика... Теперь ситуация изменилась. Объявлять компьютерное моделирование бесполезным чудачеством сейчас немодно, количество удачных примеров использования моделирующих систем превзошло некоторый критический уровень и не замечать этого стало уже невозможно.

Более того, в отличие от многих других видов программ («софта», как говорят профессионалы), в России доминируют именно отечественные системы моделирования литейных процессов. И не только потому, что дешевле. Те заводы, которые могли сравнивать (а такие есть) иногда с искренним изумлением убеждались, что на порядок более дорогие импортные «тяжеловесы» хуже наших не только по алгоритмике, но и по интерфейсу. К слову сказать, на территории СНГ отечественный «Полигон» имеет больше продаж, чем все импортные литейные системы вместе взятые, включая ProCast, MagmaSoft и др. менее популярные. При этом на некоторых заводах «Полигону» случалось входить в прямую конкурентную борьбу с импортными системами. Самый «свежий» пример (весна 2000 г.) – поставка на крупнейший дизелестроительный завод «Звезда». Там в качестве базовой CAD-системы используется французский пакет EUCLID (Matra) и, соответственно, французские поставщики активно продвигали на заводе импортную систему моделирования литейных процессов. Однако, после опытной эксплуатации «Полигона», завод предпочел купить именно его. Поскольку заводские специалисты уже имели большой опыт работы с универсальными моделирующими системами типа ANSYS и NASTRAN, да и с «Полигоном» завод познакомился основательно, то считать выбор завода непродуманным или случайным нельзя. И этот пример далеко не единственный. Конечно, далеко не во всем мы лучшие, но относительно высокая цена импортных литейных систем парадоксальным образом сочетается с более низкой адекватностью моделей основных литейных задач (тепловая, усадочная) даже в наиболее сильных западных пакетах. То, что мы в моделировании не оказались на «задворках», нас, отечественных исследователей, очень и очень радует.

А если вспомнить, что в течении последних 4 лет обучение и поддержку того же ProCast на территории СНГ по поручению западных коллег обеспечивают именно разработчики «Полигона» (в общем, это признание отечественного уровня), то становится понятным, что сформированное в России уважение к моделированию литейных процессов российские разработчики вправе считать и своей заслугой тоже. В настоящее время аналогичная ситуация начинает складываться и с системой MagmaSoft – разработчики «Полигона» по договору с одним из Петербургских заводов осуществляют помощь в освоении и этой системы. Можно

задать вопрос, если отечественный «Полигон» дешевле и по меньшей мере не хуже западных систем, а почему тогда их вообще приобретают на отечественных предприятиях? Ответ прост. Чаще всего, в этом случае играют роль сугубо субъективные факторы не имеющие никакого отношения к действительным достоинствам и недостаткам систем. Это может быть и недостаток информации и то, что решение о покупке принимается не теми, кто разбирается в данной проблематике и целым рядом других субъективных факторов. Более того, по прошествии определенного времени, завод купивший импортную систему и получив опыт моделирования на ней, иногда начинает склоняться к мысли о приобретении «Полигона» если не для полной замены импортного пакета, то по крайней мере для увеличения эффективности и адекватности моделирования. В частности, одно из производств ВАЗа, купившее в свое время MagmaSoft, затем взяло на опытную эксплуатацию ProCast и одновременно провело договорные работы по моделированию с применением «Полигона». Это привело к тому, что в настоящее время этим производством рассматривается вопрос о приобретении «Полигона». Это тоже не единственный пример такого рода. Сейчас есть подобный пример даже на одном зарубежном производстве.

Так что же, отечественные и западные «игры для взрослых» и «Полигон» в том числе теперь победно шествуют по нашим заводам? Действительно, за те одиннадцать лет, которые существует «Полигон» многое изменилось. Изменился пакет (собственно он меняется каждый год), изменились компьютеры, изменилось отношение к моделированию. Но не все так хорошо, как хотелось бы. Проблемы, связанные с применением моделирования достаточно серьезны.

Не изменилось наше отечественное отставание по применению моделирования. Выше было сказано, что на рынке СНГ отечественных литейных систем куплено гораздо больше, чем импортных. Это так, отечественный рынок явно пока предпочел отечественные системы. Но посмотрим на количество отечественных заводов, вообще использующих моделирующие системы. Так вот, общее количество ВСЕХ купленных в СНГ литейных систем примерно на порядок меньше, чем общий тираж ЕДИНИЧНОГО западного пакета, такого как ProCast или MagmaSoft (разработчики объявляют цифры около 300-400 лицензий за 8-10 лет). Парадокс! У нас более дешевые системы (примерно на порядок), которые по крайней мере не хуже западных (во всяком случае по основным литейным моделям), литейных производств тоже немало (считается, что порядка 2000), а применяют моделирование меньше полпроцента заводов. Да что говорить о заводах – в наших ВУЗах и исследовательских институтах нормальные (читай коммерческие) моделирующие системы применяют очень мало. (Хотя есть и счастливые исключения.) Многие исследователи тщательно закрывают глаза на тот простой факт, что в современной литейной науке разработки в области теории литейных процессов это и есть разработки в области моделирования литейных процессов. Соответственно, если кто-то занимается литейными процессами без их моделирования – значит он занимается чем угодно (конструированием, металловедением, систематизацией и пр.), но не физикой литейных процессов. Кому-то такое заявление покажется излишне прямолинейным, но те, кто заинтересован в реальном развитии литейной науки безусловно согласятся с ним.

При таком положении дел трудно ожидать, что большая часть литейщиков **ДЕЙСТВИТЕЛЬНО** представляет себе что такое моделирование. Уважают – да, предполагают что это может быть полезным – да, но в чем заключается процесс моделирования, как применять моделирующую систему, по каким критериям ее выбирать – многие литейщики не знают.

В таких условиях легко тиражируются самые фантастические слухи. Например, что «моделирование может все». Или, что «моделирование не может ничего». Удивительно, но факт: даже те кто когда-то стоял у истоков моделирования литейных процессов, перестав активно моделировать иногда допускают поразительно непрофессиональные декларации по поводу моделирования. На одном из недавних литейных семинаров довелось выслушать сообщение о том, что по результатам тестирования двух десятков западных систем (западными же специалистами), некоторые дали отличие от реального времени затвердевания чуть ли не на порядок. Что должно было доказать «глубокий кризис» моделирующих систем, особенно коммерческих. Скандал! Оказывается, моделирующие системы (и в первую очередь коммерческие – т.е. прошедшие масштабное тестирование реальными производствами)

применять просто опасно!

Конечно, у тех кто реально моделирует такое сообщение ничего кроме улыбки вызвать не может. Ну не станет система моделирования считать сама по себе - моделирует человек. Неопытный человек на самой лучшей моделирующей системе может получить абсолютно ЛЮБОЙ результат. Грамотный же литейщик и на простой аналитической модели не допустит ошибки на порядок (во всяком случае в тепловой задаче). Ведь в том-то все и дело, что человек после минимального опыта ответственного моделирования НЕ МОЖЕТ с помощью расчетов (хоть на компьютере, хоть в столбик) ошибиться на порядок при оценке времени затвердевания. Ведь при моделировании человек должен каждый раз думать: адекватные результаты он получил при расчете или что-то не учел, не понял особенности модели или реального процесса, ошибся в исходных данных. И при этом он всегда ВИДИТ как и почему меняется процесс при изменении внешних условий. После этого при оценке времени затвердевания даже «на глаз» человек уже никогда не ошибется на порядок. В том-то все и дело, что моделирующая система – не более чем инструмент, но такой инструмент, который позволяет в относительно короткие сроки повысить квалификацию технолога и эффективность проектирования технологии. Если бы речь шла об усадочной задаче, или о гидродинамике – там действительно возможны качественные ошибки (мало четких критериев оценки адекватности моделей), а уж тепловую задачу все литейные системы (по крайней мере коммерческие) более-менее прилично научились решать, т.к. всегда можно проверить расчет (модель) термометрированием. (Другое дело, что не все системы выдаваемые за ЛИТЕЙНЫЕ ими являются.) Так что «воля ваша, что-то тут не сходится». Либо тестировали непрофессионалы (неадекватно задавали исходные данные и не учитывали особенности принятых моделей), либо системы были не литейные (не позволяли адекватно учесть специфику процесса), либо в вышеупомянутом сообщении неправильно интерпретированы условия и цели (а в конечном итоге и результаты) тестирования. Во всяком случае, подобные «жареные факты» об ошибках моделирующих систем никакой полезной информации о моделировании не несут. И тем не менее, они распространяются, и что обиднее всего – в профессиональной среде. Об этом не стоило бы и говорить, если бы подобные воззрения были бы исключением, беда в том, что они характерны. Дело не в том ругать или хвалить моделирование, дело в том, насколько это соответствует действительности. Точно также не нес бы никакой полезной информации факт о точном совпадении расчетного и экспериментального времени затвердевания. А иногда приходится слышать и такого рода «подтверждения» успехов моделирования. В экспериментах с промышленными сплавами и материалами этот параметр «гуляет» в пределах 5-10% даже в лабораторных условиях. (Даже на простых конфигурациях и при заливке из одного ковша!) Кто хоть раз сравнивал раковины в двух одинаковых отливках залитых одновременно, легко поймет, что говорить о ТОЧНОСТИ детерминированного моделирования просто бессмысленно. Можно говорить лишь об АДЕКВАТНОСТИ применяемых моделей и эффективности использования той или иной системы в тех или иных условиях.

Таким образом, безусловно проблемы в моделировании литейных процессов есть. Вообще говоря, с точки зрения любой науки, в том числе и литейной, проблемы – это хорошо, это стимул к совершенствованию, появлению новых моделей и теорий, стимул к прогрессу. Однако, к сожалению в данном случае основные проблемы моделирования литейных процессов лежат в основном не в научной плоскости и ничего хорошего отечественной литейной науке они не приносят. Причем, как это не обидно, эти проблемы лишь частично связаны с тяжелым финансовым положением литейной науки. То, что разные группы российских разработчиков моделирующих систем оказались разобщены, то что в тех ВУЗах, которые традиционно считались передовыми, ныне зачастую пропагандируются устаревшие взгляды на моделирование и не применяются современные системы моделирования – все это лишь частично обусловлено нехваткой финансирования. С горечью приходится констатировать, что во многом мы, разработчики и ученые, сами виноваты в таком положении. Кому-то не хватило широты кругозора, кого-то подвело самомнение, кто-то не смог адекватно оценить и использовать достижения коллег (в т.ч. и западных), кто-то не выдержал проверки коммерциализацией. Ну и конечно, во многом современные субъективные проблемы отечественного моделирования – следствие предыдущего периода. Следствие тех успехов (без

всяких кавычек) и провалов, которые были обусловлены всей системой подготовки, воспитания и роста литейщиков-технологов и литейщиков-ученых. В связи с этим, впору выдвинуть перефраз всем известного лозунга: «Моделирующие литейщики всех направлений – объединяйтесь!» Прошли те времена, когда разные школы литейщиков могли позволить себе жесткую конкуренцию – нет уже такого количества представителей этих школ, которое бы обеспечивало отбор лучших идей и достижений внутри каждой группы. Сейчас надо выбирать лучшее из того что есть во всех группах и школах. Это трудно – каждому в чем-то придется потесниться. Но это, вероятно, самый перспективный путь.

Как было сказано выше, авторам представляется, что основные проблемы современного отечественного моделирования лежат скорее в организационной, чем в научной плоскости. Однако, тем не менее, оценивая перспективы моделирования, вероятно стоит затронуть вопрос о возможных направлениях развития моделирующих систем именно в научно-техническом плане. Какого рода модели и задачи могут появиться в ближайшем будущем? Представляется несомненным, что будет происходить дальнейшее усложнение применяемых физических моделей и расчетных алгоритмов с целью увеличения адекватности решений. Во-первых даже наиболее «продвинутые» современные модели все-таки содержат еще много упрощений, а во-вторых далеко не все современные моделирующие системы используют наилучшие из уже существующих моделей и алгоритмов. Вероятно, модели будут улучшаться у всех существующих систем и тут еще много работы. Судя по процессам происходящим с моделирующими системами в сопредельных с литьем областях, а также по очевидным для специалистов теоретическим соображениям, в будущем большинство систем для моделирования литейных процессов будут использовать метод конечных элементов (МКЭ) как наиболее адекватный. (Сейчас МКЭ используют ProCast, «Полигон» и др.) Устаревший ныне метод конечных разностей (МКР) вероятно будет применяться только для решения гидродинамических задач. (Сейчас МКР используют MagmaSoft, LVMFlow и др.) Почти все современные моделирующие системы физических процессов, кроме гидродинамических, давно отказались от МКР. В этом смысле литейные системы несколько отстали от общих тенденций, т.к. среди них и сегодня часто можно встретить разностные. Даже для гидродинамики в настоящее время более перспективным чем МКР, видимо является метод конечных объемов (МКО), являющийся в определенном смысле промежуточным между МКР и МКЭ. (В настоящее время МКО применяется в FlowVision и др.)

Также вполне вероятно появление вероятностных моделей которые, в отличие от существующих детерминированных моделей, смогут учитывать вероятностный характер протекающих процессов. В этой области можно ожидать определенного прорыва и существенного увеличения адекватности решений. Вряд ли при этом будут использованы «лобовые» варианты перебора всех вероятностно-возможных решений. Определенные наработки, сделанные в рамках проекта «Полигон» позволяют выдвинуть для этого следующий предположительный алгоритм учета вероятностного характера процессов. Вероятностный алгоритм в качестве базового варианта будет использовать традиционный детерминированный расчет, на основе которого будет проводится поиск некоторого множества возможных вариантов решения. Графически это можно условно представить в виде линии – детерминированный расчет, сделанный численным методом, вокруг которой располагается семейство других линий – вероятностные отклонения, которые находятся уже не длительным численным расчетом, а упрощенными методами, с учетом того, что основное решение уже известно. На практике такое решение может выглядеть, например для прогноза усадочных дефектов, как набор возможных распределений полей пористости, получаемый «за один просчет». В принципе, нечто подобное делает и сегодня опытный пользователь моделирующей системы. Ответственное технологическое решение такой пользователь принимает после серии однотипных расчетов в которых меняет в определенных пределах наименее устойчивые свойства (чаще всего сплава) и технологические параметры. В результате он получает набор вероятных распределений дефекта для исследуемой технологии с учетом вероятностных колебаний, которые всегда присутствуют в реальном процессе.

Однако, все вышеперечисленные тенденции лежат на поверхности и по сути являются лишь количественным улучшением имеющихся алгоритмов. Возможно и кардинальное

изменение самих принципов моделирования. Для пояснения этой мысли рассмотрим чуть более подробно общий принцип численного моделирования, который можно иллюстрировать следующим примером. Имеется некоторое известное состояние отливки, например с точки зрения температурного распределения в так называемый нулевой момент времени. Это начальные условия. Пользуясь одним из численных методов находят следующее состояние отливки, т.е. температуры в каждой ее точке через некоторый небольшой промежуток времени. Затем принимая вновь найденные температуры за начальные условия находят следующее состояние и т.д. При этом последующее состояние однозначно определяется предыдущим. Однако, при смене знака некоторых параметров решаемого уравнения можно по последующему состоянию однозначно вычислить исходное распределение. Теперь представим себе, что нам известно то распределение, которое мы хотим получить. Предположим, что именно такое распределение обеспечивает отсутствие дефектов. Тогда мы легко можем найти такие начальные условия, которые обеспечат при охлаждении отсутствие дефектов в отливке. Это конечно очень условный пример, просто иллюстрирующий принцип работы таких моделирующих систем, которые могли бы обеспечить поиск исходных параметров для гарантии отсутствия дефектов в технологии. До сих пор моделирующие системы давали только ответ на вопрос будут ли дефекты при заданных в расчете технологических параметров. Этим системы анализа, т.е. системы моделирования принципиально отличались от так называемых систем синтеза технологии, например систем типового проектирования. Будучи гораздо более простыми и менее универсальными и надежными, тем не менее системы синтеза технологии позволяют рекомендовать некоторые технологические параметры без процедуры многочисленных «проигрываний» разнообразных технологических решений.

В пределе работа с моделирующими системами основанными на описанном выше принципе может выглядеть следующим образом. Технолог «рисует», например раковину, там где он ее хочет получить (естественно в прибыли), задает некоторые свойства сплава и материалов, а на выходе моделирующей программы получает такие начальные условия (технологические параметры), которые позволяют обеспечить именно такое расположение дефекта.