

# SPDM: От крайнего разочарования к демократизации симуляции?

Verdi Ogewell, главный редактор "PLM&ERP News", PLM- и ERP-редактор engineering.com



Сфера симуляции и инженерного анализа (*Simulation and Analysis, S&A*) не отличается простотой. Обычно этими задачами занимаются специалисты. И, поскольку решаются сложные с точки зрения теории проблемы, то и применяемое программное обеспечение соответствует этой сложности.

Тем не менее, сфера S&A стала ключевой при разработке изделий. Это порождает характерные вопросы. Как упростить использование инструментов S&A? Как вовлечь в нее более широкое сообщество проектировщиков изделий? И каким образом средства управления процессом и данными симуляции (*Simulation Process and Data Management, SPDM*) могут помочь демократизировать S&A?

Давайте рассмотрим симуляцию под углом SPDM. По оценкам аналитической компании *CIMdata*, то, как идет внедрение SPDM в общепринятый процесс разработки изделий, "крайне разочаровывает, с точки зрения влияния на бизнес".

По мнению аналитиков, во всём мире менее 5% специалистов по симуляции применяют в какой-то форме коммерческие средства SPDM для управления своими CAE-моделями и архивирования, а также для коллаборации с другими расчетчиками и специалистами прочих дисциплин, вовлеченными в проектирование изделий на предприятии. То есть, расширение использования инструментов и результатов симуляции может дать мощную поддержку для внесения важных усовершенствований в современные способы разработки изделий.

В основном, хотя и здесь встречаются исключения, для этой разновидности ПО не характерна простота в том, что касается использования, обмена результатами и, раз уж об этом зашла речь, даже понимания некоторыми членами команды разработчиков изделий. В то же самое время, возможности такого ПО и результаты его применения необходимы для понимания поведения конструкций в физическом мире и их валидации в аспекте функциональности, прочности, движения в потоке и т.д., а также соответствия требованиям регулятора. Это не значит, что такое ПО

не будет полезным для менее сложных и комплексных задач симуляции. Но в большинстве случаев дело застревает в узких местах процесса проектирования изделий, что ведет к увеличению сроков выхода на рынок и более долгому ожиданию роста доходов.

Могут ли CAE-инструменты и процессы стать более полезными не только для инженеров-аналитиков, но и для более широкого коллектива проектировщиков, учитывая возрастание важности связью в цепочке разработки?

## Шаблоны процессов – не ответ

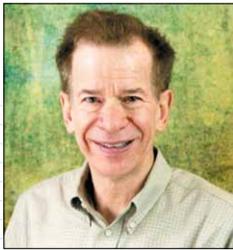
*Marc Halpern* – PLM-аналитик и вице-президент *Gartner Group* – обладает солидным опытом в сфере симуляции и анализа. Он был одним из первых сотрудников компании *ANSYS*, ведущего поставщика ПО в сфере CAE. По его мнению, существует, конечно же, более чем одно решение, способствующее демократизации в сфере симуляции, и интересный аспект, который иногда слышен в обсуждениях, касается SPDM.

"Но может ли SPDM действительно демократизировать CAE? И да, и нет", – считает г-н Halpern.

"Я всегда понимал SPDM как способ управления моделями и результатами. Одна CAD-модель может использоваться для создания множества разных моделей для выполнения многих разных симуляций. Хотя модели и данные симуляции хорошо управляются [с помощью ПО], само по себе это не означает, что CAE становится более демократичным занятием. Даже "шаблоны процессов" не могут решить



В обычных компаниях коммерческие SPDM-решения сегодня применяют менее 5% специалистов по инженерному анализу. Но простые в использовании приложения (apps), которые к тому же предлагают "встроенный" опыт, обещают расширить базу пользователей



*Marc Halpern, ныне PLM-аналитик и вице-президент исследовательской и консалтинговой Gartner Group, был одним из первых сотрудников компании ANSYS – ведущего разработчика CAE-систем*

базовую проблему”, – утверждает г-н Halpern, указывая на такие вещи, как общая уверенность в результатах. Соответствует ли используемая модель реальности настолько, чтобы результаты стали полезными? Еще один важный момент – интерпретация результатов, что тоже может быть проблемой.

С другой стороны, г-н Halpern отмечает, что имеются многообещающие примеры “встраивания” экспертных знаний и методов в решения SPDM, указывая на *SimApps* от *Comet* (принадлежит *Aras*). “Полагаю, именно это и отличает то, что продает *Aras*, от всего остального, что я обычно вижу в технологии SPDM”, – сказал он.

Несмотря на признание того, что концепция симуляции с хорошим функционалом SPDM имеет большой потенциал, ход внедрения SPDM-решений, согласно формулировке *CIMdata*, остается чрезвычайно разочаровывающим.

Результаты воздействия симуляции как ключевой технологии можно видеть в уменьшении использования физических прототипов. Инструменты симуляции и анализа позволяют заменить физический прототип его цифровой версией. Тестирование и валидацию изделий, существующих только виртуально, можно проводить еще до их реального изготовления. Мало того, огромное количество вариаций в эпоху “массовой индивидуализации” товаров может порождать семейства изделий или деталей – и всё это должно правильно работать.

Кроме того, при эксплуатации подключенного к интернету (*IoT*) изделия будут генерироваться данные об его использовании и фиксироваться информация о среде и условиях его работы.

## **ERP – это немедленная окупаемость, а SPDM – долгосрочная**

В результате действия современных тенденций и появления новых технологий, количество симуляций за последнее десятилетие радикально увеличилось – это отражает и рост инвестиций в инструменты симуляции и анализа. По данным компании *CIMdata*, это сделало симуляцию “звездой” PLM-отрасли – с ежегодными темпами роста порядка +10% в последние пять лет. Достигнутые средние цифры существенно превышают показатели роста инвестиций в другие направления PLM (*CAx*, *ALM*, *cPDM* и пр.) в этот же период. В 2017 году инвестиции в средства симуляции и сервисы составили 5.5 млрд. долларов, что дает 13% от общего объема PLM-инвестиций.

И как же повлиял столь благодатный климат на рост SPDM? Хотя, как заявляет *CIMdata*,

“за последние 10 лет интерес конечного пользователя к SPDM значительно вырос”, рост интереса не привел к росту внедрений. Компания *CIMdata* выражает “крайнее разочарование” медленным внедрением средств SPDM – по крайней мере, за пределами круга главных производителей в автомобилестроительной и авиакосмической отраслях.

Г-н Halpern этим не удивлен: “На то есть веские причины. В отличие от инвестирования в ERP, которое обеспечивает немедленный эффект в виде экономии затрат, что напрямую отражается на прибыли и цене акций, инвестиции в SPDM скорее обеспечивают положительный эффект в долговременной перспективе, который труднее заметить сразу. SPDM может сделать инженеров более продуктивными таким способом, который, с точки зрения управленцев, не дает столь же быстрых, немедленных преимуществ, как у ERP”.

Поскольку лишь очень немногие из высших руководителей компаний понимают тематику SPDM, они не могут реально поддержать внедрение. SPDM отличается от ПО для проектирования изделий, поддержки операций снабжения и производства, где проблемы вполне очевидны и могут вызвать задержки в поставке продукции, повлиять на итоги работы компании.

Топ-менеджеры знают, что конструкции и технологии важны, добавляет г-н Halpern, но “болевые точки”, относящиеся к процедуре инженерного анализа конструкций, часто остаются далеко за горизонтом их понимания.

“Таким образом, бóльшая часть поддержки попыткам внедрения SPDM идет от инженерных служб – в частности, от команд, занимающихся симуляцией. Мешает еще и сложность внедрения SPDM – не меньшая, если не бóльшая, чем в случае PDM. Всё это в сумме я и считаю причиной медленного роста внедрений SPDM”, – отмечает г-н Halpern. Ситуация опять не обнадеживает.

“С позиции влияния на бизнес, реальные темпы включения SPDM в основные виды деятельности по разработке изделий были чрезвычайно разочаровывающими... К сожалению, наиболее распространенной формой SPDM в сегодняшней практике всё еще остается хранение [данных] на персональном твердом диске инженера-расчетчика, либо, возможно, на диске, совместно используемом с другими членами этой организационной структуры. Порядок присвоения имен и номеров версий симуляционным моделям и [файлам] результатов в лучшем случае является непродуманным, а в худшем – противоречивым. Это делает задачи прослеживаемости и составления генеалогии моделей и результатов симуляции чрезвычайно сложными, если не невозможными, что может вести к недостатку уверенности в точности [используемых] результатов по сравнению с данными физического тестирования”, – пишет *CIMdata* в своём отчете “*Simulation & Analysis Market Analysis Report*”, изданном в 2018 году.

Тем не менее, имеются и некоторые положительные знаки, указывающие на возможность более широкого распространения SPDM.

“С позиции демократизации симуляции, реальная ценность *SPDM* в конечном счете заключается в наличии инструментов, позволяющих экспертам упаковывать знания и связывать с моделью конструкции таким способом, который делает возможным для многих проектировщиков, не обладающих знаниями в сфере современной симуляции, участвовать в процессе и даже самим запускать симуляцию”, – говорит г-н *Halpern*.

### Вместо месяцев – дни

Одна из компаний, получающая преимущества от использования *SPDM*-платформы, – *Boeing*. За счет связывания данных и процессов симуляции ей удается существенно ускорять некоторые процессы разработки.

Это хорошо сочетается с информацией о других случаях, когда процессы разработки были сокращены с месяцев до дней. В экстремальных случаях – когда в модель конструкции встроены корректные знания, интерпретация и результаты симуляции – процесс разработки может быть сокращен до часов.

Всё это доказывает, что в современной ситуации, когда применение инструментов симуляции постоянно растет, *SPDM*-решения могут стать ключом к успеху – при условии, что они используются не только в “нормальных” процессах проектирования, но и на более поздних этапах: в процессах изготовления изделия, а также и тогда, когда оно находится в эксплуатации.

Всё больше и больше *PLM*-поставщиков начинают думать о комплектации и разработке решений, которые сделают симуляцию более доступной для многих заинтересованных членов расширенных команд разработки изделий. Общеизвестно, что там существует разрыв, и потребность закрыть его сейчас растет. Базирующийся в Швеции поставщик ПО *COMSOL* (с приложением *Application Builder*) для многодисциплинарного анализа стал одним из первых, кто предложил решения для этого.

Сейчас над расширением относящейся к *SPDM* функциональности работают и такой гигант в сфере симуляции, как *ANSYS*, и *MSC*, и три крупнейшие *PLM*-компании (*Siemens PLM Software*, *Dassault*, *PTC*). “Реактивная” *PLM*-компания *Aras* заполнила щель между симуляцией и разработкой, когда приобрела *Comet Solutions* в конце сентября 2018 года.

“Много ещё чего будет получено, если удастся закрыть разрыв между симуляцией и основным процессом проектирования, дав инженерам-аналитикам возможность повторять и повторно использовать симуляции, подключив возможности анализа к конфигурированию изделий и

многодисциплинарному проектированию”, – считает *Marc Lind*, старший вице-президент *Aras* по вопросам стратегии.

### Роль *SPDM* в понимании процессов изготовления изделий

В отношении коммерческих *SPDM*-решений компания *CIMdata* указывает на проблему в следующем контексте: эти решения разрабатывались специально под задачи поддержки *3D*-моделирования и симуляции (например, анализ методом конечных элементов и вычислительная гидродинамика). А это означает, что зачастую они не очень эффективно поддерживают модели и информацию, созданные в системах моделирования *0D/1D*, что становится критично при внедрении подхода *MBSE* (*Model-Based Systems Engineering* – системное проектирование, основанное на модели).

Как бы то ни было, основные провайдеры ПО сейчас это уже понимают, и г-н *Halpern* ожидает увидеть существенный прогресс в этой области в ближайшие несколько лет. Однако низкие темпы внедрения *SPDM* – это далеко не вопрос одних лишь технологий. Значительную роль здесь играют люди, бизнес-процессы и бизнес-культура компании, а также то, как она управляется.

Рассмотрим влияние этих составляющих:

- Люди, возможно, бросают самый большой вызов эффективности *SPDM* в рамках расширенной команды разработчиков. Критическими аспектами здесь являются организация работ, образование, обучение, компетентность и методология.



В обычных компаниях коммерческие *SPDM*-решения сегодня применяют менее 5% специалистов по инженерному анализу. Но простые в использовании приложения (apps), которые к тому же предлагают “Вопросы внедрения *SPDM*-решений выходят далеко за пределы сугубо технической сферы. Значительную роль здесь играют люди, бизнес-процессы и бизнес-культура компании, а также то, как она управляется” опыт, обещают расширить базу пользователей

• Процессы, помимо прочего, должны охватывать такие области, как *PLM*-интеграция, лучшие практики *S&A*, навигация по моделям, синхронизация виртуального мира с физическим, а также валидация.

• На основе бизнес-культуры компании её управленцы должны сформулировать и реализовать видение, разработать стратегию и детальный план внедрения системы *SPDM*.

Тем не менее, поставщики ПО всё еще находятся на ранних стадиях разработки *SPDM*-решений – как по надежности, так и по простоте их использования.

Большинство отраслевых аналитиков согласно с тем, что экспоненциальный рост применения *CAE* и взрывообразный рост объема относящихся к симуляции данных, появляющихся в связи с углублением и расширением цифровизации, появлением новых технологий и революционных методов изготовления изделий, требуют более совершенных систем управления *S&A*.

**“Без хороших инструментов *SPDM* будут трудности с эффективным пониманием этой части процесса создания продукта”,** – говорит *Marc Halpern*.

Симуляция – обязательный элемент на всём протяжении процесса создания продукта. Рассмотрим, почему это так:

• усиливается тенденция на географическое распределение процессов разработки и производства изделий;

• реализация бизнес-преимуществ системного проектирования, основанного на модели (*MBSE*), приобретает всё большее значение по мере расширения использования системы систем;

• растёт применение цифровых двойников;

• во всём мире воплощаются в жизнь концепции *IoT*, *IIoT* и *Industry 4.0*;

• увеличивается число деталей и компонентов, изготавливаемых аддитивным способом (*3D*-печать), что требует новой методологии проектирования и нового понимания;

• аддитивные технологии (добавление материала) совмещаются с субтрактивными (удаление материала – то есть сфера *CAM* и станков с ЧПУ);

• ширится использование генеративного проектирования, когда программа сама предлагает оптимизированные варианты базовой модели.

**“*SPDM*-платформы будут иметь решающее значение для реализации истинного потенциала *PLM*, цифровых потоков и цифровых двойников, а также для коллаборации с такими корпоративными платформами как *ERP*, *MES* и *MRO*, что будет необходимо на следующем этапе для реализации концепции *Industry 4.0*”,** – говорит г-н *Halpern*.

*CIMdata* в своём отчете соглашается, что компаниям надо лучше управлять моделями и результатами

симуляции, а также связанной с этим конструкторской информацией, улучшать коллаборацию и повторное использование, глубже интегрировать процессы симуляции в *PLM*-среду. Это позволит поддерживать более широкий круг инженеров-разработчиков, технических и производственных менеджеров, а также других членов расширенной организации, включая цепочку поставщиков, которые могут получать преимущества от доступа к *CAE*-информации и принимать более обоснованные решения.

**“Здесь еще есть и применимые к *SPDM* элементы управления данными, которые я рассматривал в своём исследовании цифровых двойников. Я вижу тесную связь концепций цифровых двойников и *SPDM*”,** – добавляет *Marc Halpern*.

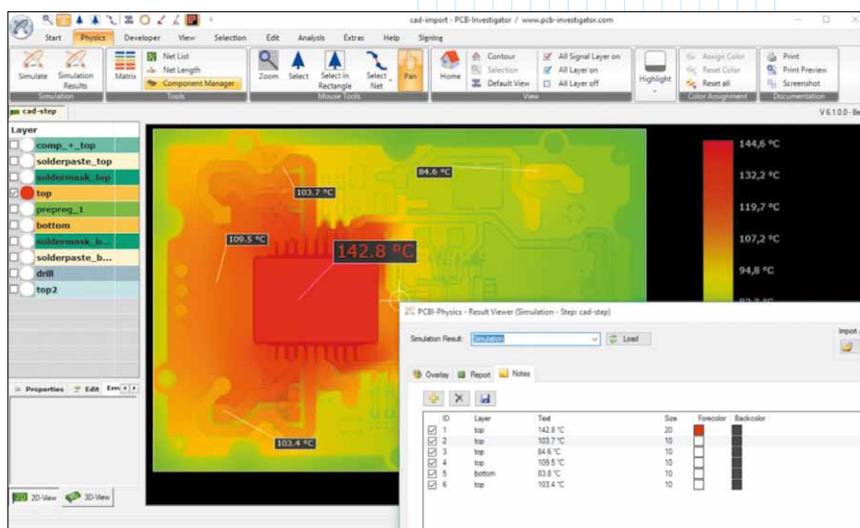
### “Встроенные знания” разрушают ведомственные бастионы

Сфера *CAE* традиционно остается одним из наиболее укрепленных обособленных бункеров во всём процессе разработки изделий. Однако в последние годы мы видим, что коммуникации между специалистами по инженерному анализу и остальными членами команды разработчиков расширяются. Кроме того, совершенно ясно, что новая прорывная технология может стать катализатором этого и наконец-то покончить с изолированностью структур данных.

Но это еще не всё. Смогут ли разработчики ПО создать решения, которые будут соответствовать новым требованиям по расширению возможностей совместной работы разных специалистов, задается вопросом г-н *Halpern*.

В своём выступлении на *CAE*-конференции ассоциации *NAFEMS* аналитик *Gartner* назвал это примером возможности, которую можно встроить в модель.

**“Некоторые называют это инкапсуляцией”,** – говорит г-н *Halpern*. – “Но как бы вы это ни назвали,



*Можно ли параметризовать термический анализ микропроцессора, размещенного на печатной плате, таким образом, чтобы в дальнейшем его можно было применить для похожих конфигураций и их вариаций, не испытывая сомнений относительно сетки?*

такая инкапсуляция информации может освободить инженеров от необходимости быть аналитиками на полной ставке. Специальная терминология симуляции, ограничения и характеристики могут оставаться скрытыми под капотом, а интерфейс значительно упростит их использование. Сложная проблема может быть решена с помощью горстки параметров. Это предоставило бы возможности симуляции не только инженерам, но и другим людям, вовлеченным в создание продукта”.

## Aras делает шаг вперед за счет приобретения Comet

Предоставить возможность выполнять симуляцию более широкому кругу инженеров – это то, чего хотел добиться PLM-разработчик Aras, покупая Comet. Данное приобретение стало важным шагом в соответствии с дорожной картой разработки платформенного SPDM-решения, необходимого для поддержки сложных сценариев симуляции, использование которых увеличивается.

Компания Aras стремится усилить способность решения Innovator работать с данными симуляции. С помощью технологии Comet, производители и разработчики изделий могут повторно использовать сложные симуляции, увеличивая или уменьшая масштаб, и расширять сферу применения результатов.

Продукты Comet по большей части основаны на сериях разрабатываемых клиентами приложений “SimApps”, включающих в себя встроенные знания и методы экспертов и используемых через Web.

“Приложения SimApps позволяют вести проектирование, управляемое симуляцией, что подходит для всех пользователей – от CAE-экспертов до инженеров-конструкторов”, – говорит Marc Lind.

Мы спросили г-на Halpern, является ли это тем, что он называет инкапсулированным знанием. “Именно так! Это отличает то, что продает Aras, от того, что я обычно вижу в сфере SPDM”, – ответил аналитик.

По его словам, реальная ценность разработок Comet для дела демократизации симуляции

заключается в способности интегрировать функциональность и знания в CAD-модели так, что тот человек, который будет проводить симуляцию и оценку, может не беспокоиться о сложности проблем и головомомных компромиссах – об этом позаботится инкапсулированный опыт.

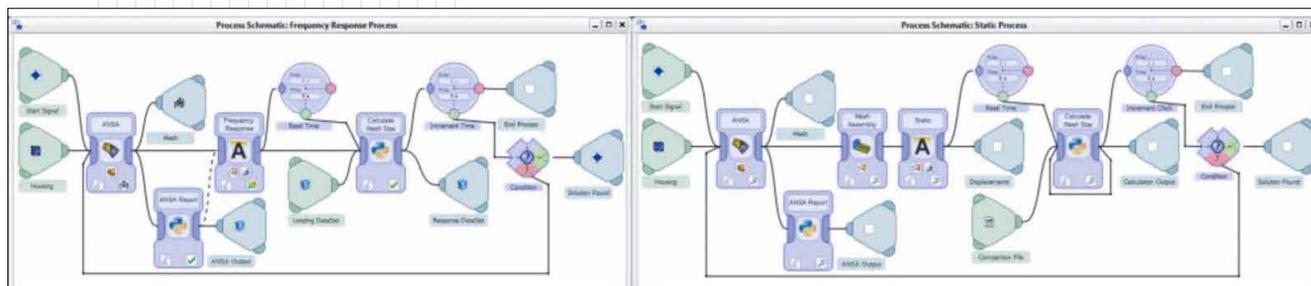
## Связи между традиционными CAE-пользователями и неэкспертами

Важный момент в том, чтобы заставить SPDM работать, таков: необходимо “независимое от поставщика” внедрение с подключением широкого спектра инструментов CAD, FEA, создания сеток, 0D/1D-симуляции и проприетарных приложений. Это соответствует требованиям поддерживать гетерогенную программную среду, которую зачастую можно найти в организациях.

Главный архитектор ПО Aras – Rob McAveney – считает, что возможность более широкого использования симуляции подрывает главным образом то, что инструменты SPDM не обеспечивают эффективных связей между [традиционными] пользователями симуляции и расширенным предприятием.

“Расширить цифровой поток, включив в него инструменты и процессы симуляции, – это станет важным фактором для будущих моделей бизнеса”, – говорит он. – “Симуляция может добавить значительную ценность при разработке продукта, его производстве и эксплуатации, но она всё еще не реализовала свой потенциал из-за ограниченности привлечения к ней остальной части компании. С помощью разработок Comet мы можем охватить то, что необходимо для реализации этого потенциала: повторяемость, повторное использование и возможность отслеживания симуляций на протяжении всего жизненного цикла продукта”.

Rob McAveney видит, что рынок CAE растет экспоненциально, тогда как использование физического тестирования уменьшается. Он также отмечает, что сложность, которая повышается вследствие действия значимых тенденций на создание интеллектуальных продуктов, подключаемых к интернету, и ведение



Простые в использовании веб-приложения SimApps от Comet (теперь – часть Aras) делают возможности симуляции доступными даже для отдела продаж. Инженеры-конструкторы теперь могут с достаточной надежностью выполнять сложный анализ. С помощью SimApps можно получать конкретные ответы в отношении какой-то конструкции из семейства продуктов. Чтобы добиться этого, эксперты, партнеры и клиенты Comet создали, протестировали и развернули в Сети комплексную библиотеку SimApps, которая собирает лучшие CAE-практики, что позволяет автоматизировать утомительные рутинные задачи. Вся мощь продвинутого анализа становится доступной не только CAE-экспертам, но и не слишком опытным пользователям

системного проектирования на основе моделей (MBSE), будет поддерживать запрос на платформы такого типа.

“Мы видим симуляцию в полном контексте, когда общие процессы системного проектирования переплетаются с конфигурированием и внесением изменений, поддержкой вариантов, требований, валидационными тестами и пр. Факты таковы, что управление симуляцией зачастую полностью отделено от основных процессов – и это проблема, так как отсутствует возможность отслеживания по всем петлям жизненного цикла продукта”, – говорит г-н *McAveney*.

В этой связи *Rob McAveney* указывает на важность разработки “цифрового потока” и решений, работающих с цифровыми двойниками для обеспечения упреждающего обслуживания.

“При помощи технологии *Comet* мы устраняем разрыв между симуляцией и общим процессом проектирования, предоставляя [всем заинтересованным участникам] методы специалистов-аналитиков для повторения и повторного использования симуляций, обеспечиваем связь анализа с конфигурированием и конструкцией изделия на протяжении всего жизненного цикла”, – суммирует он.

Кроме того, г-н *McAveney* отмечает способность приложений *Comet* обрабатывать смешанные модели, различные типы данных и представлений одного изделия. Это же относится и к сборкам, которые тоже нуждаются в симуляции. Одним словом, они обеспечивают “важный аспект управления симуляциями систем по разным техническим дисциплинам”.

Существенным преимуществом перед другими рыночными системами *SPDM* является и возможность извлекать информацию из моделей и результатов симуляции, а не только управлять данными на уровне файлов.

### Остальные тоже подключаются

*Aras* не остается в одиночестве. Лидеры *PLM*-рынка – компании *Siemens* и *Dassault Systèmes* – в последние годы много инвестировали, чтобы усилить свои решения для симуляции. Компании *ANSYS*, *PTC*, *MSC Software* и другие тоже работают над своими собственными *SPDM*-решениями. Одной из главных причин этого является спрос со стороны клиентов из таких промышленных сегментов, как авиакосмическая и автомобилестроительная отрасли, убежденных в силе симуляции и *SPDM*.

“У тех, кто первыми выбрали *SPDM* (например, *BMW*), конструкторские решения (или симуляции, которые управляют принятием таких решений)



должны быть прослеживаемыми”, – говорит *Marc Halpern*. – “Интересно следить и за функционалом управления тестовыми данными, который компания *Aras* разрабатывает совместно с *BMW*. Комбинация *SPDM* со следующим поколением решений по управлению тестовыми данными может привести к глубокому пониманию в отношении разработки систем”.

Поможет ли им *SPDM*-решение в их усилиях? Учитывая озвученные выше аргументы, вполне разумно ожидать, что какое-то различие будет. Но продавать платформы такого типа – это задача непростая.

Следует также учитывать внутреннее структурное сопротивление в корпоративных организациях, где симуляция всегда была сосредоточена в отдельном департаменте, а аргументу в пользу хорошо работающего *SPDM*-решения противопоставляются значительные затраты на его внедрение, что особенно верно для крупных автомобилестроительных и авиакосмических компаний.

В конечном счете, коэффициент возврата инвестиций в *SPDM* смотрится вполне убедительно – даже “неотразимо”, как сказано в отчете *CIMdata* 2018 года.

И в заключение: совсем недавно компания *Aras* объявила о партнерстве с *Visual Collaboration Technologies (VCollab)* с целью улучшения инструментов визуализации симуляций, постпроцессирования и создания отчетов. *Aras* будет использовать технологию *VCollab* в процессах *SPDM* на протяжении жизненного цикла изделий. Следует отметить, что *VCollab* может работать с форматами всех больших CAE-разработчиков (*ANSYS*, *MSC* и т.д.) – это упрощает распространение и понимание результатов симуляции более широкими командами, занятыми созданием изделий. В этом и заключается одна из самых больших ценностей *SPDM*. 🗨️