



СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РЕАЛИИ

Д.В. Агафонов, В.М. Дозорцев, И.В. Сластенов (Группа Rubytch)

Кратко анализируется история возникновения систем технологического моделирования и роль правительственных институтов и отраслевых компаний в становлении рынка таких решений. Рассматриваются подходы к замещению мировых продуктов технологического моделирования в отечественной промышленности.

Ключевые слова: высокоточное технологичное моделирование, импортозамещение, роль правительства и отраслевых компаний.

ВВЕДЕНИЕ: СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕГОДНЯ

Высокоточное технологическое моделирование (VTM) в нефтяной и химической промышленности — убедительный пример ключевого инструмента промышленной автоматизации, востребованного на всем жизненном цикле технологического объекта. Без VTM сложно представить проектирование и пуск технологического объекта; в процессе эксплуатации оно помогает поддерживать оптимальный технологический режим. VTM повышает устойчивость развития предприятия, позволяет устранять неэффективности и выявлять потенциальные улучшения, способствует повышению промышленной и экологической безопасности, ускоряет разработку и масштабирование технологических процессов (ТП).

Возникнув полвека назад, VTM-системы стали незаменимыми в практике проектных, оперирующих и инженеринговых компаний по всему миру. Объем мирового рынка таких систем составил в 2023 г.

885 млн. долл. США и к 2031 г. прогнозируется на уровне 1,3 млрд. долл. США с 5% годовым ростом¹. Несмотря на высокий порог начальных инвестиций и сложность технической реализации, на сегодня известны многие десятки VTM-продуктов, большая часть которых ориентирована на конкретные задачи проектирования, инженеринга, поиска неисправностей и расшивки узких мест, управления трубопроводами и пр. Однако основной объем рынка поделен несколькими универсальными решениями от мировых производителей, такими как Aspen HYSYS², WinSim Design II³, AVEVA PRO II⁴, Honeywell UniSim Design Suite⁵.

Хотя заложенные в VTM-решения принципы фундаментального технологического моделирования остаются неизменными, производители постоянно совершенствуют свои продукты. Это объясняется увеличением возможностей вычислительной техники и широким внедрением современных инструментов промышленной автоматизации. Среди наблюдаемых трендов развития систем моделирования выделим:

¹ Chemical Process Simulation Software Market Insights. <https://www.verifiedmarketreports.com/product/chemical-process-simulation-software-market/>

² <https://www.aspentech.com/en/products/engineering/aspen-hysys>

³ <https://downloadlynet.ir/2020/15/5326/03/design-ii/17/?#/5326-winsim-d-122501012903.html><https://www.aveva.com/en/products/pro-ii-simulation/>

⁴ <https://www.aveva.com/en/products/pro-ii-simulation/>

⁵ https://hcnnews.honeywell.com/Honeywell_Process_Simulation_datasheet.html

- создание удобных пользовательских интерфейсов и переход к облачным решениям, что повышает доступность ВТМ для предприятий любого масштаба и облегчает совместную работу и обмен данными между командами проектировщиков и инженеров;
- прорывное использование инструментов искусственного интеллекта и машинного обучения, существенно расширяющее возможности моделирования и прогнозирования поведения ТП;
- интеграцию ВТМ с существующими системами автоматизации производства; учет постоянно ужесточающихся нормативных требований.

Современная конкурентоспособная ВТМ-система не может игнорировать эти изменения.

В 90-х годах XX века ВТМ-решения основных мировых вендоров пришли в Россию, качественно изменив соответствующие бизнес-процессы и, можно сказать, саму культуру проектирования, производства и даже подготовки специалистов. В последние годы мы стали свидетелями столь же массового ухода вендоров с российского рынка. И, хотя инсталлированные ВТМ-системы продолжают использоваться, нарастают риски их потери из-за отключения от сопровождения, невозможности переноса на новое оборудование, обязательного перехода на санкционно-независимые операционные системы.

Задача импортозамещения этого ключевого ПО встает во весь рост, а с учетом объема разработки (тысячи человеко-лет высококвалифицированных специалистов) становится крайне непростой для оперативной и качественной реализации. Приступая к решению задачи, крайне полезно проанализировать соответствующий мировой опыт.

КАК ПОЯВИЛИСЬ МИРОВЫЕ ВТМ-СИСТЕМЫ

Первые варианты ПО для технологического моделирования относятся к ранним 60-м годам XX века. Тогда предприятия отрасли попытались применить появившиеся цифровые возможности к решению задач проектирования и эксплуатации процессов и сформировали группы специалистов, способных реализовать адекватное компьютерное описание поведения производственных технологических систем, основанное на высокоточном моделировании. Затем пришло понимание, что накопленный опыт можно эффективно обобщить для предметных специалистов, не обладающих глубокими навыками в информационных технологиях, и многие компании принялись разрабатывать собственные ВТМ-системы. Так появились первые продукты — SSI 100 от Simulation Sciences и Design

от ChemShare⁶. Толчком к разработке коммерческих решений стало резкое внешнее воздействие — нефтяное эмбарго начала 70-х годов, взлет цен на сырье и необходимость защитить маржинальность производства. (Столь же мощный внешний толчок ощущается в современной России.)

Правительство США (в лице Министерства энергетики) решило финансировать перспективные разработки, в том числе способные оптимизировать эксплуатационные производственные расходы. Так появился проект ASPEN (Advanced System for Process Engineering), в рамках которого в 1976–1981 гг. исследовательская команда из Массачусетского технологического института (МТИ) под руководством доктора Лари Эванса работала над архитектурой компьютерной системы моделирования химических процессов^{6,7}. Министерство получало эффективный инструмент мониторинга и регуляции отрасли, а входившие в проект оперирующие компании могли в своих интересах влиять на направление разработки. Когда госфинансирование прекратилось, его результаты стали общественным достоянием и все желающие могли получить к ним недорогой доступ. Поскольку команда МТИ была на тот момент наиболее «продвинутой», в 1982 г. Л. Эванс учредил компанию AspenTech для коммерциализации собственной расширенной версии ПО под брендом Aspen Plus, а промышленные компании, убедившись, что это решение проще в обслуживании, отказались от собственных ВТМ-разработок. Поддержанная отраслью AspenTech стала лидером в высокоточном моделировании процессов химико-технологического типа.

Дальнейшие рыночные перипетии, разыгравшиеся в основном на североамериканском континенте, включали падения и взлеты, слияния и поглощения конкурентов, антимонопольные разбирательства и принудительную продажу ПО. Изложенные в ряде источников⁸, они достойны отдельного внимательного анализа. Вкратце результат этой рыночной эволюции свелся к полезной для пользователя конкуренции нескольких универсальных решений при сохранении некоторых важных независимых специализированных продуктов. Так, линейка теплообменных расчетов от компании HTRI (Heat Transfer Research, Inc.) широко используется во всех универсальных ВТМ-продуктах⁹. Система OLGA, инструмент для моделирования многофазного транспорта (нефти, природного газа и воды), покрывающая на сегодня 90% отдельного рыночного сегмента, также доступна во всех основных ВТМ-решениях. Интересно, что эта разработка, спонсируемая бизнесом (компанией STATOIL, ныне Equinor), была осуществлена академическими исследователями (Институт энергетических технологий, Норвегия), но в результате последовательных доработок и бизнес-сделок оказалась собственностью другой крупной оперирующей компании (Schlumberger)¹⁰.

⁶ Aspen Plus: Historical Footnotes. <https://web.archive.org/web/20170307062335/http://docs.chejunkie.com/aspn-plus-historical-footnotes/>

⁷ Computer-aided industrial process design. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/31227/MIT-EL-77-013-05118279.pdf?sequence=1>

⁸ Process Simulation History. https://www.reddit.com/r/ChemicalEngineering/comments/jxa9t/process_simulation_history/

Process Simulation History II. https://www.reddit.com/r/ChemicalEngineering/comments/jxxyn2/process_simulation_history_ii/

Process Simulation History III. https://www.reddit.com/r/ChemicalEngineering/comments/jy3f3m/process_simulation_history_iii/?rdt=46893

<https://www.htri.net/software>

⁹ <https://www.htri.net/software>

¹⁰ The history of OLGA. https://web.archive.org/web/20120226210537/http://www.ife.no/departments/process_and_fluid_flow_tech/historienomolga/view?searchterm=olga

Возможно, единственный пример сохранившегося «внутреннего» ПО, специально разработанного в компании и используемого только ею, это система технологического моделирования PETROX бразильского нефтяного гиганта PETROBRAS [1].

Поскольку в фокусе настоящего рассмотрения именно начальная фаза ВТМ-истории, зафиксируем только два обстоятельства, важные в свете предстоящего импортозамещения ВТМ в России.

Роль правительства. Понимая жизненную необходимость оперативной разработки инструментов моделирования ТП, государственные ведомства и институты развития могут сыграть решающую роль в разработке систем такого класса. Это требует достаточной компетентности и политической воли, но в американском случае дало искомым результат.

Роль оперирующих компаний. Попробовав самостоятельно создать чрезвычайно сложный инновационный продукт, крупные отраслевые компании решили поддержать независимую профессиональную команду и, убедившись в надежности и эффективности полученного решения, свернули собственные разработки. Это не исключило дальнейшего участия компаний в развитии ВТМ-решений, но роль бизнеса изменилась. Показательный пример здесь — сотрудничество корпорации Honeywell с нефтяной компанией Shell Global, самым крупным пользователем продукта UniSim Design (USD) [2, 3]. Для Shell действуют эксклюзивные условия, по которым число пользователей ВТМ-системы внутри компании неограниченно (при фиксированной стоимости ежегодной лицензии). Дорожная карта развития продукта во многом составляется с учётом пожеланий компаний Shell и Linde (второй по величине заказчик USD). Обе компании постоянно участвуют в beta-тестировании новых версий. Совместно с Shell были разработаны и некоторые модули USD, например, EO Blowdown Utility (система продувки оборудования).

Получится ли использовать этот опыт в нынешних российских условиях?

КАК ЗАМЕНИТЬ СТОЛЬ КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ, КАК ВТМ?

«Поднять» такой проект в короткое время вряд ли удастся в одиночку. Во всяком случае решения, декларируемые как частично замещающие ушедшие с рынка западные аналоги, пока не вызвали серьезного интереса крупных отраслевых пользователей.

На настоящий момент сразу несколько команд вовлечены в создание полномасштабных универсальных российских ВТМ-систем. ПАО «Сибур» разрабатывает ВТМ-систему в составе консорциума крупных

оперирующих компаний (ПАО «Газпром нефть», АО «МХК Еврохим», ПАО «Новатэк», др.). Полнофункциональный релиз, включающий в себя модели технологических установок, ожидается к 2027 г. Недавно Сибур объявил о запуске в 2026 г. электронной торговой площадки по технологическому моделированию на базе открытой SaaS-платформы¹¹. Компании-партнеры, будущие владельцы решения, совместно финансируют разработку и предполагают обойтись без привлечения государственных денег. Утверждается, что им удалось наладить работу так, чтобы «избежать многолетнего нудного согласования с огромным числом людей»¹².

При всей масштабности и амбициозности подхода, поддержанного мощными отраслевыми игроками, нельзя недооценивать трудности объединения работ в нескольких больших компаниях: разница корпоративных политик, конкурентные отношения партнеров, сложности продажи продуктов другим участникам рынка и, наконец, недостаточный контроль качества разработки в отсутствие внешнего заказчика. В мире практически неизвестны примеры успешных внутренних разработок систем такого класса. Как указывалось выше, после появления ASPEN HYSYS крупные нефтяные компании за редкими исключениями старались не владеть ВТМ-системами. В более широком срезе — даже если удачное решение в области промышленной автоматизации возникало в исследовательских центрах производственных корпораций, их либо с выгодой продавали, либо выделяли из профильного бизнес-контра, снимая соответствующие конкурентные ограничения.

Время покажет, насколько эффективна такая конструкция, или промышленности следует пойти опробованным в мире путем — стать «отложенным» первым пользователем, поддерживать стартапы для нишевых разработок, под собственные нужды корректировать программу разработки и на льготных условиях покупки предоставлять независимым разработчикам необходимые данные, пилотные площадки и пр.

Принципиально другой подход к кооперации разработчиков практикует компания «Центр цифровых технологий» (группа Рубитех). Используя многолетний опыт ключевых специалистов в работе с системой Honeywell UniSim Design, команда уже реализует первые коммерческие проекты на базе своего продукта ДельтаМод¹³. Web-интерфейс обеспечивает полную кроссплатформенность решения, работающего с любым из наиболее распространенных браузеров и независимого от типа оборудования и операционной системы. При этом нет необходимости устанавливать ПО на пользовательских компьютерах, а систему можно запускать как отдельное приложение на выделенном компьютере или как распределенную вычислительную сеть. В последнем случае при увеличении числа пользователей для обеспечения необходимой

¹¹ «Сибур диджитал» совместно с участниками индустриального консорциума заместит решение Hysys по технологическому моделированию предприятий от AspenTech. <https://www.comnews.ru/content/232077/2024-03-15/2024-w11/1007/sibur-didzhital-sovmestno-uchastnikami-industrialnogo-konsorciuma-zamestit-reshenie-hysys-tehnologicheskomu-modelirovaniyu-predpriyatiy-aspentech>

¹² В 2026 г. «Сибур» запустит маркетплейс технологического моделирования. <https://www.comnews.ru/content/236580/2024-11-29/2024-w48/1008/2026-g-sibur-zapustit-marketpleys-tehnologicheskogo-modelirovaniya>

¹³ Российские нефтяные компании без Honeywell и Aspen: «Центр цифровых технологий» представил ряд инновационных продуктов. <https://www.tadviser.ru/a/845814>

производительности нужно лишь добавить в сеть дополнительные компьютеры, на которых будут запускаться моделирующие «движки». ДельтаМод поддерживает унифицированные протоколы обмена данными, что позволяет использовать ВТМ в едином комплексном решении совместно с другими продуктами промышленной автоматизации из линейки ЦЦТ (планирование производства, усовершенствованное управление ТП, цифровые двойники и др.).

На текущий момент готов базовый релиз ДельтаМод (термодинамика, стандартное оборудование, псевдокомпоненты, логические элементы) и блок подготовки нефти и газа; в 2025 г. будут реализованы блок нефтепереработки и базовый набор теплообменного и реакторного оборудования. В 2026 г. предполагается завершить разработку полнофункционального релиза (добавятся строгие модели сложных реакторов и расширенный набор специализированного оборудования).

В дорожной карте ДельтаМод предполагается значительное партнерское участие, основанное на принципе дополняющей экспертизы на открытом рынке. К проекту предполагается привлечь проектные компании (эксклюзивные данные по оборудованию и процессам), производителей технологического оборудования (характеристики аппаратов), академические и университетские команды (эксклюзивные знания и данные сложных процессов, таких как катализ, сложная кинетика, специальные материалы, пр.), преподавателей отраслевых вузов (методика использования ВТМ-инструментов в образовании). Мотивация партнеров-участников может реализоваться через практикуемые в мире механизмы возмездной передачи результатов или роялти по факту продаж ВТМ-систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: У РОССИИ СВОЙ ПУТЬ?

Как представляется, в распоряжении разработчиков не больше двух лет для создания коммерческих версий универсальных ВТМ-продуктов. Возможно, в итоге

отрасль получит не одну, а несколько систем, различающихся фокусом на особенности отдельных сегментов рынка. Такую конкуренцию можно только приветствовать, если при дефиците средств и кадров не произойдет распыление ресурсов на множество слабых решений. По-видимому, первоначальный успех ждет команды, создавшие большие «ядерные» коллективы (не менее 25...30 специалистов высокого класса), обладающие опытом участия в разработке и сопровождении вендорных ВТМ-систем, привлечшие правильную дополняющую экспертизу и уже на сегодня наработавшие существенный задел.

Возможно, затем мы станем свидетелями не менее захватывающего, чем это случилось за последние полвека в мире, процесса возникновения и эволюции ВТМ-бизнеса в России. Пойдет ли это в рамках известных сценариев или будет найден особый отечественный путь? Конечную конфигурацию предсказать нельзя, но первые итоги станут видны очень скоро. Если этого не случится, эффективность отрасли окажется под вопросом. Впрочем, мы уверены, что эта опасность общими усилиями будет предотвращена.

Список литературы

1. *Niederberger J. et al.* PETROX – PETROBRAS Technology in Process Simulation // Computer Aided Chemical Engineering. 2009. Vol. 27. Pp. 675–680.
2. *Дозорцев В.М., Крейдлин Е.Ю.* Современные автоматизированные системы моделирования ТП // Автоматизация в промышленности. 2009. № 6. С. 11–16.
3. *Мхитарян Л., Бродкорб М., Росс М., Сластенов И.В.* UniSim Design — эффективный подход к моделированию жизненного цикла ТП // Автоматизация в промышленности. 2015. № 7. С. 4–7.
4. *Дозорцев В.М., Сластенов И.В.* Высокоточное моделирование сложных технологических установок // Тезисы международной конференции «Динамические процессы в каталитических структурах». ДПКС 2024. Тюмень. 2024. С. 69–70.

Агафонов Дмитрий Витальевич — генеральный директор,
Дозорцев Виктор Михайлович — д-р техн. наук, директор по развитию бизнеса,
Сластенов Игорь Владимирович — директор по разработке программного обеспечения,
ООО «Центр цифровых технологий» (Группа Rubytch).

Тулские пряники станут ближе: «Старая Тула» ускоряет логистику

Кондитерская фабрика «Старая Тула» — старейшее предприятие тульской пряничной отрасли, ведущее свою историю с 1881 г. В 2024 г. предприятие приняло решение переосмыслить логистику склада сырья и готовой продукции, чтобы повысить скорость обработки заказов, увеличить вместимость и точность операций.

Для разработки детальной логистической концепции фабрика привлекла экспертов компании LogistiX. Специалисты предложили 20 технологических решений для объекта площадью 600...800 м², рассчитали необходимую инфраструктуру и персонал, а также определили объем инвестиций. Также были подготовлены техническое задание на архитектурно-

строительное проектирование и дорожная карта поэтапного внедрения изменений. В результате будет создан современный складской комплекс с продуманной технологией и системой автоматизации, соответствующий необходимым требованиям к мультитемпературным условиям хранения.

Эти изменения позволят фабрике эффективнее использовать свои мощности. В «Старой Туле» отмечают, что модернизация склада — это один из стратегических шагов, который должен обеспечить устойчивое развитие производства. Результаты модернизации станут заметны уже в ближайшее время: обновленный склад позволит фабрике расширить ассортимент и укрепить позиции на рынке.

<https://leadvms.ru>