

# Гибридное моделирование: Объединение ИИ и экспертных знаний для оптимизации производственных активов

В этом документе приведено краткое описание бизнес-задач, которые возможно решать с помощью новой технологии: три типа гибридных моделей, которые AspenTech представляет на рынке, а также области, в которых они будут создавать ценность и уникальные возможности компании AspenTech в поддержке этой новой технологии, для возможностей производственных компаний пройти через нестабильный и неопределенный период.

Компания Aspen Technology, Inc. (AspenTech) разработала метод интеграции моделей технологического процесса на базе первых принципов и экспертных знаний с искусственным интеллектом и аналитическими алгоритмами. Разработанное в результате программное обеспечение представляет собой систему гибридного моделирования, которая выполняет гораздо больше, чем просто моделирование, построенное на фундаментальных принципах или ИИ.



Модели, построенные на фундаментальных принципах надежно отлажены и общепризнаны вследствие точности моделирования химических и нефтехимических процессов. Aspen Plus® и Aspen HYSYS®, ведущие в мире системы моделирования химических процессов с точностью и способностью прогнозирования, подтвержденной, надежной и улучшенной за более чем четыре десятилетия использования промышленностью, исследователями и учеными. Эти модели на базе фундаментальных принципов основываются на знаниях и опыте лучших инженеров и операторов производств, накопленных за прошлые столетия, включая экспертные знания научно-исследовательских групп AspenTech, исследователей из университета Aspen Academy и заказчиков, внесших свой вклад и предоставивших информацию.

Чтобы достичь окончательных нескольких процентов точности этих моделей, производственные данные используются для калибровки этих моделей на базе фундаментальных принципов в соответствии с текущими условиями и производительностью. Эффективная калибровка модели сегодня требует значительных знаний и опыта, несмотря на множество улучшений в автоматизации рабочих процессов, внесенных AspenTech.

Искусственный интеллект и машинное обучение быстро развиваются, являясь инструментами, способными существенно ускорить возможности использования производственных данных, как для быстрой калибровки моделей на базе фундаментальных принципов, так и создания моделей на основе данных о явлениях и процессах. ИИ обладает потенциалом снизить необходимый уровень знаний для систем моделирования техпроцессов, однако должен сочетать в себе экспертные знания для создания реальных защитных барьеров для обеспечения безопасности, надежности и удобства работы.

В гибридных моделях сочетаются ИИ, фундаментальные принципы и экспертные знания, чтобы быстрее создавать всеобъемлющую и точную модель без необходимости наличия особых знаний. Машинное обучение используется для создания модели с максимальным привлечением данных моделирования, производственных или опытных данных одновременно с использованием фундаментальных принципов и технических ограничений для построения расширенной модели, которая не требует от пользователя наличия глубокого знания производственных процессов или быть специалистом в области ИИ. Это следующее поколение решений делает общедоступным применение ИИ-приложений в рамках гибридных моделей, чтобы оптимальным образом разрабатывать, эксплуатировать и обслуживать различные объекты, обеспечивая их внедрение в реальном времени и на передовых рубежах.

Искусственный интеллект и машинное обучение позволяют построить модель с анализом более обширного объема данных с одновременным привлечением современных методов анализа данных и процессов для прогнозирования на основе моделирования. В сочетании с инженерными решениями и экспертными знаниями, эти модели можно создавать и поддерживать быстрее, чем традиционные модели, без необходимости обладать обширным опытом.



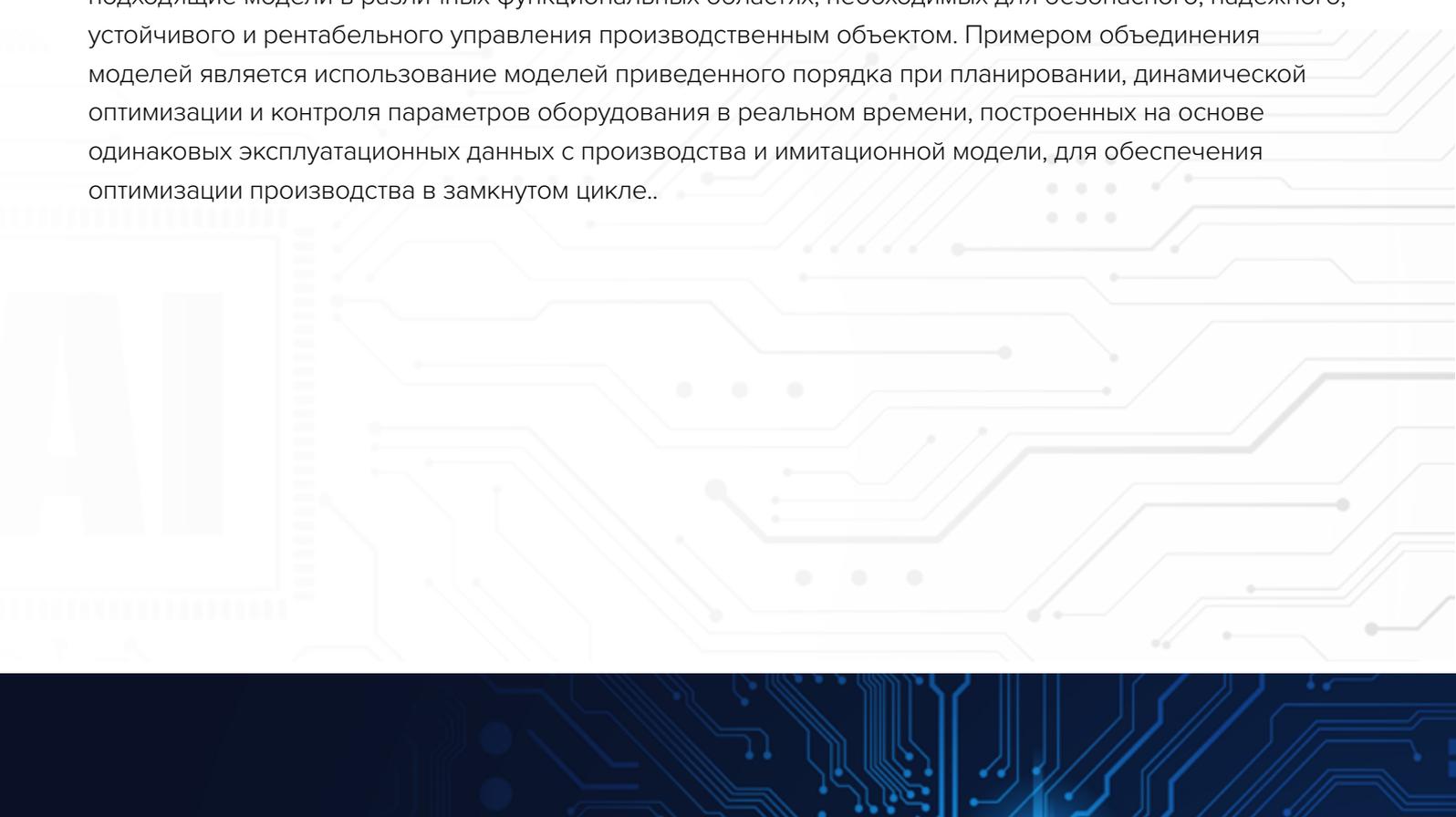
Благодаря гибридным моделям, пользователи могут моделировать производственные процессы и объекты, которые не так легко создать при использовании только фундаментальных принципов. В качестве примера приведем:

- периодические процессы, которые могут сильно изменяться при моделировании
- процессы в псевдооживленном слое со сложными химическими и жидкостными свойствами.
- биореакторы и ферментаторы
- комплексные установки переработки

Пользователи получают точность эмпирических моделей и надежность моделей на базе фундаментальных принципов с использованием возможностей ИИ в сочетании с экспертными знаниями, чтобы быстрее создавать более подробные прогнозные модели, для которых требуется меньше опыта, чем когда-либо прежде.

Гибридные модели обеспечивают лучшее представление о производственном объекте, что делает модель более актуальной в течение более длительного периода времени.. Таким образом снижаются ограничения при использовании моделирования для оптимизации производственных объектов вследствие необходимости меньшего уровня знаний и опыта. При использовании таких моделей, обладающий всеми возможностями работник, может свободно выполнять ключевые задачи с более высокой добавленной стоимостью.

Компания AspenTech будет развертывать функции гибридного моделирования во все имеющиеся программные комплексы посредством метода объединения моделей, который синхронизирует подходящие модели в различных функциональных областях, необходимых для безопасного, надежного, устойчивого и рентабельного управления производственным объектом. Примером объединения моделей является использование моделей приведенного порядка при планировании, динамической оптимизации и контроле параметров оборудования в реальном времени, построенных на основе одинаковых эксплуатационных данных с производства и имитационной модели, для обеспечения оптимизации производства в замкнутом цикле..





Перерабатывающая промышленность сталкивается с беспрецедентной неопределенностью и угрозами макроэкономического характера. Ведущие предприятия перерабатывающей промышленности сталкиваются с невиданной до этого изменчивостью на всех этапах производственной деятельности. Внешние факторы, в том числе неустойчивость цен на нефть, изменения, вызванные необходимостью удаленной работы, и нарушение системы снабжения, вносят неизбежные коррективы для производителей, как небольших, так и мирового уровня. При решении таких проблем, начиная с изменения цен и спроса на сырье до стремления общества к устойчивости, предприятия должны тщательно рассмотреть комплексный подход к решениям. Разработка программных решений, а в частности ИИ, широко рассматриваются как один из основных инструментов, позволяющих организациям успешно справляться с этими проблемами.

## **Неустойчивость рынка и переход к современным методам получения энергии**

Три внешних фактора воздействуют на непрекращающуюся неустойчивость и изменчивость среди мировых энергетических и химических компаний. Кризис спроса и предложения на мировом рынке и будущее восстановление экономики, нацеленность общества на переход к альтернативным источникам энергии и отрасли с отсутствием выбросов углерода, а также обеспечение отсутствия происшествий и экологических катастроф в совокупности оказывают большое влияние на мировоззрение высшего руководства промышленных предприятий.

Предприятия перерабатывающей промышленности уделяют пристальное внимание универсальности, приспособляемости производства при незапланированных коэффициентах загрузки с увеличенной периодичностью технического обслуживания, выпуском продукции и запасом по мощности. Более быстрые модели, обеспечивающие быстрое решение ключевых экономических вопросов отдельных установок или всего производства в целом и лучше настроенные на параметры производственных процессов предприятия, рассчитаны на решение основных задач, необходимых для достижения таких целей. Гибридное моделирование обеспечивает возможность быстрого создания и внедрения моделей, даже удаленным способом, чтобы соответствовать динамике изменения рыночных факторов и производственных условий. Такие модели становятся ключевыми элементами для трансформации деятельности и переходу к будущему самооптимизирующемуся предприятию..



## Исчезающие эксперты

По мере выхода на пенсию старшего поколения экспертов, перерабатывающие предприятия сталкиваются с пробелом в основополагающих знаниях и новом поколении сотрудников без наличия необходимого опыта для обеспечения таких фундаментальных знаний. Гибридные модели с встроенным ИИ заполняют подобные пробелы и создают непосредственные преимущества для предприятий и промышленных объектов. Практически всем предприятиям, за исключением наиболее обеспеченных, необходимо иметь возможность для создания и внедрения таких моделей без доступа к немногочисленным и дорогостоящим экспертам.

## Давление со стороны экологической устойчивости и рационального потребления

Сложные и масштабные цели по декарбонизации и в промышленности не исчезнут по завершению текущего экономического цикла. Давление по переходу к безотходной экономике также создает целый ряд проблем в области инноваций. Гибридные модели предоставляют возможность для оптимизации и анализа альтернатив для широкого спектра производственных объектов и выбора наилучшей стратегии выполнения таких задач. Сегодня компании вынуждены бороться со сложностями вследствие давления для обеспечения рациональной и экологической устойчивости, оказываемого на оперативные и стратегические решения.



# Концепция AspenTech в области гибридного моделирования в перерабатывающей промышленности



Обеспечение доступа к эффективным и высокоточным моделям для предприятий и активов всех размеров является ключевым этапом в понимании поведения или реакции определенного процесса при непредвиденных изменениях. По мере усложнения производственных объектов и их систем такие модели становятся все более значимыми для эксплуатации.

В гибридном моделировании сочетаются ИИ и фундаментальные принципы для более быстрого построения всеобъемлющей и точной модели без значительного опыта. Машинное обучение используется для создания модели с максимальным вовлечением данных моделирования и производственных данных одновременно с использованием фундаментальных принципов и технологических ограничений для построения расширенной модели, которая не требует от пользователя наличия глубокого знания производственных процессов или специальных навыков в области ИИ.

Благодаря гибридным моделям, пользователи могут моделировать производственные процессы и объекты, которые не так легко создать при использовании только фундаментальных принципов. Точность эмпирических моделей и преимущества моделей, построенных на базе фундаментальных принципов с привлечением мощности ИИ наряду с экспертными знаниями, обеспечивает построение модели с улучшенной прогнозируемостью.

AspenTech обладает уникальными возможностями для использования более чем 40-летнего опыта в области применения ИИ на предприятиях перерабатывающей промышленности и создания промышленного искусственного интеллекта. Компания AspenTech объединяет в себе три фундаментальные способности:

- обширные и глубокие экспертные знания в области перерабатывающей промышленности
- эффективные возможности по сбору и анализу объемов данных, доступных путем быстрого увеличения числа подключенных датчиков
- передовые технологии в области конвертации машинного обучения и ИИ в решения для производственных процессов.



## Простой пример

Простой пример, демонстрирующий процесс реакции полимеризации, показывает кардинальную разницу между простым машинным обучением и гибридным моделированием компании AspenTech (см. рисунок ниже).

На левом графике показана взаимосвязь, получаемая при использовании машинного обучения в производственных данных от реактора полимеризации для построения модели. На правом графике отображаются значительно лучшие результаты, получаемые при добавлении метода фундаментальных принципов в гибридное моделирование.

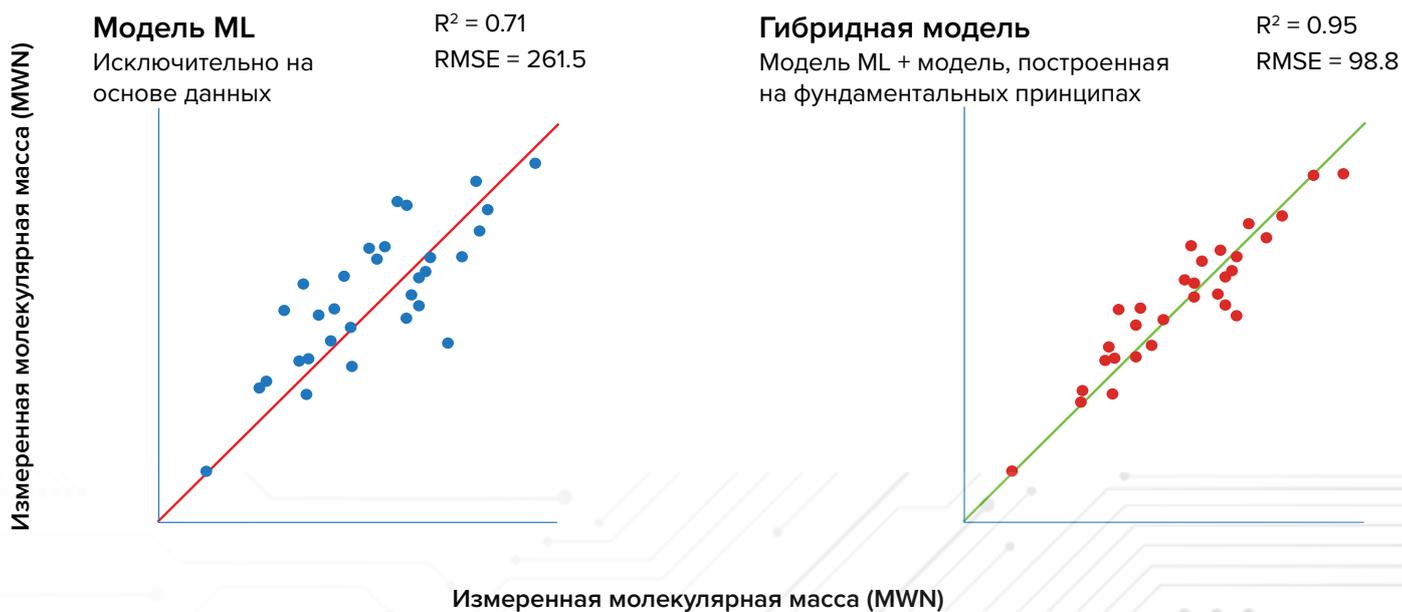


Рисунок 1. Сравнение модели, построенной на принципах машинного обучения с гибридной моделью процесса реакции полимеризации

# Три типа гибридного моделирования, разработанного AspenTech



Компания AspenTech разработала несколько ключевых технологических компонентов, объединенных воедино для построения гибридных моделей. В их число входят инструменты для помощи технологам и инженерам по производству при выполнении быстрой конвертации производственных данных и данных моделирования в модели машинного обучения на базе ИИ без необходимости понимания анализа и обработки данных; эти инструменты объединяют в себе знания физико-химических характеристик по методу фундаментальных принципов с эмпирическими моделями на базе ИИ и интуитивно понятными, автоматизированными процессами для их внедрения в качестве производственных приложений.

В дальнейшем такие инструменты будут внедряться в виде трех типов гибридных моделей, являющихся инновацией для всей отрасли, а именно:

## Тип 1: Гибридные модели, созданные при ключевой роли ИИ

В этом подходе используется машинное обучение для построения эмпирической модели на базе производственных или экспериментальных данных, совмещенных с фундаментальными принципами (например, термодинамические свойства, и пр.), ограничениями (например, массовый баланс) и экспертными знаниями. Менее опытные пользователи смогут быстро создать абсолютно новую прогнозную и более точную модель при полной общедоступности программы на базе ИИ. Пользователи могут моделировать производственные процессы и объекты, которые не так легко создать при использовании только фундаментальных принципов. В число примеров входят комплексные установки с реакторами, процессы с новыми материалами и новые технологические процессы.

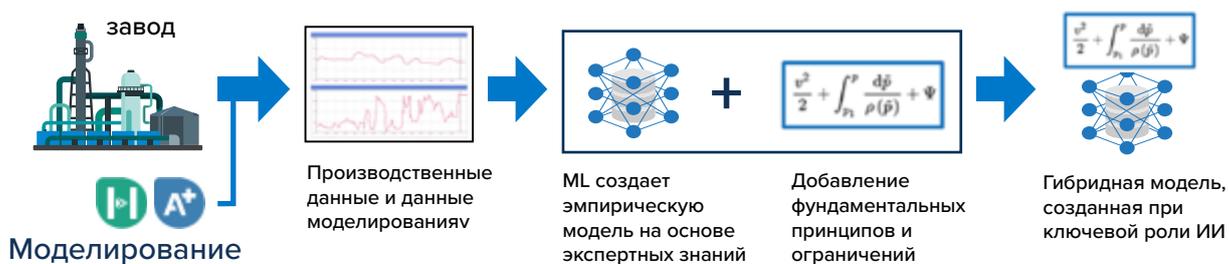


Рисунок 1: Схема гибридной модели, созданной при ключевой роли ИИ: инженеры-технологи интуитивно используют данные для быстрого построения моделей отдельных установок или процессов без необходимости понимания анализа и обработки данных.

## Тип 2: Гибридные модели приведенного порядка

При таком подходе машинное обучение используется для создания эмпирической модели на основе данных множества прогонов моделирования, дополненных ограничениями и экспертными знаниями, для построения целевой, эффективной модели с высокой достоверностью, которая будет применима по всему предполагаемому диапазону, полностью демократизируя применение ИИ. С помощью моделей приведенного порядка пользователи могут с легкостью расширить масштаб моделирования от отдельных установок до целых заводов и синхронизировать такую модель для целей планирования, эксплуатации и обслуживания. Примеры включают построение моделей всей цепочки создания добавленной стоимости от ввода сырой нефти до выпуска готовой продукции, построение быстроразвертываемых и компактных моделей в реальном времени и внедрение высокоточных моделей в линейные инструменты планирования.





Рисунок 2: Схема гибридной модели приведенного порядка. Инженеры-технологи используют настроенные имитационные модели для создания моделей приведенного порядка на базе машинного обучения, которые можно последовательно развернуть в ряде целевых приложений.

### Тип 3: Гибридные модели, построенные на фундаментальных принципах

В таком подходе применяется имеющаяся модель с ИИ на базе фундаментальных принципов и используются производственные данные для расчета неизвестных переменных и взаимосвязей, зафиксированных исходной моделью. Алгоритмы машинного обучения определяют неизвестную величину и ее взаимосвязи для выполнения непрерывной калибровки модели по мере изменения условий. Такой подход является естественным расширением имеющихся моделей на базе фундаментальных принципов на многих действующих объектах по всему миру; он быстрый, легко принимается на вооружение и значительно повышает точность. Среди примеров следует выделить внедрение моделей на базе ИИ и управляемых методом фундаментальных принципов для отдельных единиц с групповыми процессами.

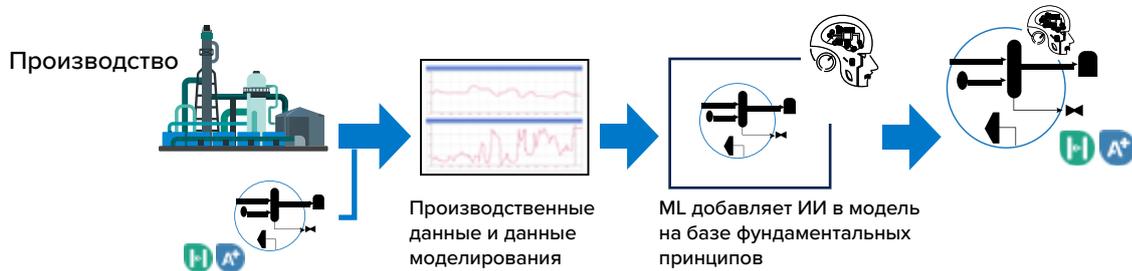


Рисунок 3: Схема гибридного моделирования на базе фундаментальных принципов. Алгоритмы машинного обучения дополняют модель на базе фундаментальных принципов при анализе сложных для моделирования процессов, например, большинства переходных процессов.

Model	Обзор	Примеры
Гибридная модель, созданная при ключевой роли ИИ	Эмпирическая модель, использующая машинное обучение для построения модели на основе производственных или экспериментальных данных, фундаментальных принципов, ограничений и экспертных знаний для создания более точной модели.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Модели комплексных технологических установок и процессов</li> <li>• Логические виртуальные датчики</li> <li>• Модели единиц оборудования в реальном времени</li> </ul>
Гибридная модель приведенного порядка	Эмпирическая модель, использующая машинное обучение для построения модели на основе данных прогнозов моделирующей программы, ограничений и экспертных знаний, для создания подходящей для конкретной цели модели, которая может работать быстрее и эффективнее.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Модели всего нефтеперерабатывающего или химического производства</li> <li>• Обновление моделей планирования</li> <li>• Развертывание моделей для быстрого решения в реальном времени для прогнозирования наиболее/наименее благоприятных сценариев проведения очистки</li> <li>• Развертывание моделей технологических цепочек установок в реальном времени</li> <li>• Развертывание нелинейных моделей APC</li> </ul>
Гибридная модель на базе фундаментальных принципов	Существующая модель на базе фундаментальных принципов, дополненная данными и ИИ для повышения точности и прогнозируемости модели.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Моделирование переходных процессов</li> <li>• Моделирование биопроцессов</li> <li>• Моделирование комплексных установок</li> </ul>

Таблица 1: Обзор типов гибридного моделирования и примеры сценариев.

# Примеры использования, демонстрирующие преимущества и ценность гибридного моделирования для решения бизнес-задач



Свыше 80 компаний принимали участие в тестировании гибридного моделирования, проводимого компанией AspenTech; мы использовали более 30 срезов производственных данных для анализа надежности этого подхода. В ходе тестирования был определен ряд высокоэффективных вариантов использования.

Ниже приведены некоторые из уникальных преимуществ гибридного моделирования, полученных в результате данного тестирования и по отзывам касательно вариантов использования с максимальным потенциалом:

- 1. Расширение объема и влияния моделирования:** Комплексные установки зачастую влекут за собой проблемы с выходом продуктов, производительностью и качеством. Гибридные модели позволяют инженерам-технологам смоделировать некоторые типы оборудования, которые достаточно сложно или невозможно охарактеризовать с помощью метода фундаментальных принципов, например, модели специализированных химических реакторов. Гибридные модели расширяют объем моделирования от отдельного процесса до целого завода, и используют гибридные модели приведенного порядка для решения подобных сложных задач.
- 2. Общедоступность моделирования:** Сегодня в организациях высока доля новых инженеров, которым необходимо работать с одной и той же информацией.. Гибридные модели позволяют обычным инженерам-технологам создавать модели производственного оборудования и объектов, не имея навыков экспертного моделирования, с использованием производственных данных и встроенного анализа , обработки данных для построения надежных моделей в соответствии с целевым назначением.
- 3. Создание точных и целевых моделей:** На протяжении многих лет целевые модели использовались в различных областях деятельности, обеспечивая решение той или иной задачи. В настоящее время гибридные модели приведенного порядка, представляющие сложное поведение простым, но точным образом, в парадигме, присущей планированию, динамической оптимизации и контролю параметров оборудования в реальном времени, можно построить на основе одних и тех же эксплуатационных данных с установки и имитационной модели с обеспечением оптимизации производства закрытого цикла.



- 4. Поддержание преимуществ моделирования:** Поскольку в гибридных моделях используются компоненты на основе данных и фундаментальных принципов, то они тесно связаны с производственными данными и могут быть синхронизированы с деятельностью производственных объектов по мере развития производств, и, следовательно, способны обеспечивать поддержку преимуществ моделирования лучше, чем просто моделирование на базе фундаментальных принципов.
- 5. Улучшение взаимодействия между различными дисциплинами :** Моделирование приведенного порядка обеспечивает интеграцию моделей для решения различных задач. Например, обновления модели планирования с помощью гибридных моделей на основе строгих технологических моделей для улучшения взаимодействия между различными дисциплинами.



# Примеры высокоэффективного использования гибридного моделирования



Ниже приведены несколько вариантов использования, успешно протестированных на промышленных предприятиях, которые демонстрируют каким способом гибридное моделирование:

- расширяет объем бизнес-задач, которые можно решить с помощью таких цифровых двойников
- повышает рентабельность и качество продукции
- упрощает применение технологий для нового поколения работников

## Мониторинг оборудования

Существует множество применений моделей на уровне производственных установок и оборудования, внедряемых в реальном времени для помощи операторам для повышения выходов продукции, решении проблем с производительностью и безопасностью, и повышению качества выпускаемой продукции. Примером является модель цепочки теплообменников предварительного подогрева для возможности предоставления рекомендаций по графику очистки от загрязнений. Гибридные модели легко разрабатываются, обновляются и применяются. Даже простой вариант использования для контроля загрязнения может принести десятки миллионов долларов в год применительно к одной технологической цепочки теплообменников (на основе анализа практических примеров).

Другим примером служат модели реакторных процессов переработки для анализа деградации катализатора и увеличения его срока службы. Такие модели могут приносить до 5-10 млн долларов США в год на один реактор с катализатором путем увеличения срока службы катализатора и повышения выпуска продукции/производительности.

## Моделирование процессов производства специальных и высокоэффективных полимеров

Процессы производства полимеров специальных марок имеют тенденцию к возникновению проблем качества продукции и образованию отходов. С другой стороны, точное моделирование реакторов полимеризации является по сути сложным и трудоемким процессом, требующим больших затрат времени. Спрос на специалистов по моделированию таких процессов значительно превышает предложение. В вариантах использования полимеров специальных марок, гибридные модели способны точно отображать эффективность основных реакторов полимеризации.

Мы провели тестирование эффективности гибридных моделей для их использования в сложных процессах по производству полимеров, используя актуальные данные и получив значительно более высокие результаты и экономический эффект в сравнении с другими методами. Мы протестировали срезы данных от ведущего производителя полимеров, который оценивает эту модель по крайней мере в 1 млн долларов на одну линию в год, таким образом решив ранее нерешаемую проблему.



## **Моделирование на уровне всего предприятия для разработки вариантов по оптимизации**

Несмотря на то, что данной отрасли требуются модели на уровне всего предприятия для решения проблем, связанных с устойчивостью развития и быстротой адаптации, в настоящее время такие модели труднореализуемы. Модели приведенного порядка способны создавать отдельные модели на уровне предприятия, предоставляющие информацию для управления и принятия стратегических решений. Модели на уровне всего производства способны быстрее осуществлять анализ и обуславливают более интуитивную маневренность принятия решений и оптимизации производственных объектов с целью обеспечения безопасности, устойчивого развития и рентабельности.

Не ограничиваясь этими примерами использования, такие гибридные модели на базе ИИ существенным образом видоизменяют методы работы персонала, взаимодействуя с интеллектуальными системами на предприятии. Вместо того, чтобы тратить уйму времени на построение и обновление моделей и управление потоками данных в объемных электронных таблицах, работники будут выполнять функции более высокого уровня и принимать дальновидные решения на основе больших данных относительно алгоритма действий, таким образом повышая общую точность, эффективность и производительность и одновременно снижая риски на уровне системы.





Искусственный интеллект быстро подтверждает свою способность обеспечивать анализ прогнозирования в промышленной области. В компании AspenTech убеждены, что экспертные знания остаются ключевым фактором для ИИ в обеспечении эффективного прогнозирования производственных процессов и оборудования перерабатывающей промышленности. И как следствие этому, мы сформулировали и разработали подход к гибриднему моделированию, сочетающий в себе ИИ и экспертные знания. AspenTech предусматривает три типа гибридного моделирования, охватывающих широкий спектр высокоэффективных вариантов применения, которые значительно помогают операторам и инженерам в сегодняшних реалиях. Компания AspenTech привлекла более 80 своих ведущих заказчиков, которые предоставили свои модели и ценные данные по производственным процессам для тестирования рабочих схем и их функциональности и поддержки в определении их удобства в эксплуатационной пригодности.

Компания AspenTech будет внедрять функции гибридного моделирования во всех имеющихся программных комплексах посредством методики объединения моделей, которая синхронизирует готовность целевых моделей в различных области деятельности для безопасности, надежности, устойчивости и рентабельности эксплуатации производственного объекта.

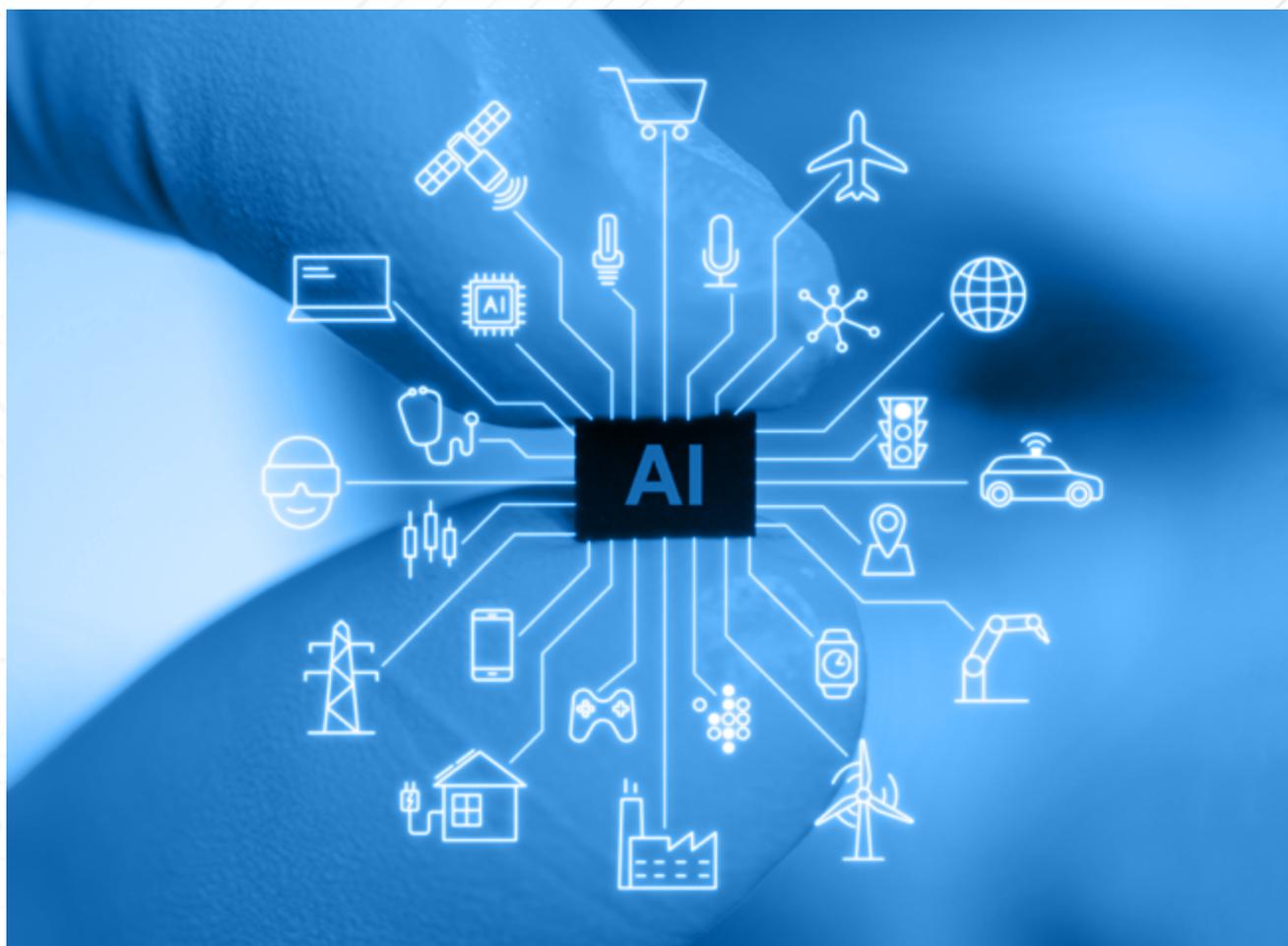
промышленности столкнулись с беспрецедентными трудностями. Для того, чтобы наметить путь развития вашей деятельности в условиях неопределенности спроса, неустойчивости цен и качества исходного сырья, давления со стороны экологичности развития и конкуренции на мировом рынке, требуется быстрая реакция, глубокое понимание вопросов и всеобъемлющий анализ на уровне предприятия. Достижение этих целей представляется еще более сложным в условиях волны отставок и выходов на пенсию специалистов, обладающих многолетним опытом и знаниями.

Настало время по достоинству оценить переход на цифровые технологии и ИИ, который устранил трудности на пути развития, будучи основанным на эффективных средствах, используемых в течение десятилетий, обеспечивая большую автоматизацию, конструктивный анализ на основе моделей и удаленное использование этих инструментов. Это сделает искусственный интеллект общедоступным при проектировании и эксплуатации производственных единиц и предприятий перерабатывающей промышленности.

Ведущие предприятия в области энергетики, химического производства, организации подрядных работ и связанных отраслей уже сотрудничают с компанией AspenTech, поскольку видят весомые конкурентные преимущества, которые данная технология способна обеспечить в кратчайшие сроки. Эти преимущества могут быть выражены в долларовом эквиваленте для обеспечения дополнительной прибыли, экологичности и экономии капитала, а также устойчивых коммерческих преимуществ.



**Обратитесь в компанию Aspen Technology сегодня** для получения информации по вопросам того, как переход на цифровые технологии и внедрение искусственного интеллекта может помочь в вашей деятельности, и оценке областей, где подобный переход можно оперативно реализовать для повышения эффективности предприятия.



#### **Соавторы:**

**Рон Бек,**  
Директор по маркетинговым стратегиям в компании  
Aspen Technology, Inc.

**Херардо Муньос,**  
Старший специалист по маркетингу продукции в  
компании Aspen Technology, Inc.

### О компании AspenTechnology

Компания Aspen Technology (AspenTech) является мировым лидером по разработке программного обеспечения для оптимизации производственных объектов. Технологии компании AspenTech предназначены для комплексных промышленных предприятий, для которых критически важным фактором является оптимизация проектирования, эксплуатации, жизненного цикла и техобслуживания производственных объектов. Компания AspenTech обладает уникальным многолетним опытом и знаниями в области моделирования технологических процессов на основе искусственного интеллекта.

Специализированная программная платформа компании обеспечивает автоматизацию наукоемкого труда и создает устойчивые, конкурентные преимущества в виде высокой прибыли в течение всего срока эксплуатации объекта. В результате чего предприятия в капиталоемких отраслях, могут максимально увеличить срок непрерывной эксплуатации и повысить производительность, обеспечив более высокий уровень безопасности, экологической ответственности и продолжительности своей деятельности.

Подробнее на сайте [AspenTech.com](https://www.aspentech.com).

