

ГОМЕОСТАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Анатолий Алексеевич Сперанский,
 вице-президент Российской инженерной академии (РИА),
 директор Института наукоемких инженерных технологий РИА,
 ведущий эксперт Федерального экспертного совета ГД РФ

Возможности искусственного интеллекта в области креативного синтеза системно взаимодействующих процессов структурирования вещества, трансформации энергий, мобильности и коммуникативности объединяющей их информации создает новое качество кибертехнологий для эффективного управления роботизированными системами в техносфере и биосфере. Особенно важно это для России, "страны, которой, с одной стороны, есть, что терять в глобальной борьбе за ресурсы, а с другой стороны – пока не удалось занять надежных позиций на глобальном технологическом пространстве.

Из обзора РИА для Экспертного совета ВПК

Введение

Эксплуатационные свойства изделий в качестве объектов новой техники (ОНТ) формируются общественными потребностями и новыми знаниями научно-технического инженерного сообщества, создающего инновационные возможности опережающих технологических решений. Проектирование, исследование и эксплуатация современных технических систем невозможны без интеллектуальных средств наблюдения и анализа процессов и явлений природного синтеза, позволяющих оперативно оценивать текущие состояния и их соответствие заданным тактико-техническим характеристикам (ТТХ).

В современных инженерных разработках уровень интеграции наукоемких знаний и сложных технологических решений настолько высок, что не позволяет обществу быть уверенным в полном контроле над безопасностью их реализации. С другой стороны, потребительская доктрина общества привела к катастрофически низкому уровню научного сопровождения эксплуатации объектов значительной экотехнологической опасности. Оба обстоятельства стали проявлением человеческого фактора, ставшего причиной критического противостояния со средой обитания, главной причиной массовых аварий и техногенных катастроф. Участники Римского клуба еще в 1964 г. предостерегали страны и народы земной цивилизации о грозящей опасности дефицита природных ресурсов и грядущем веке природно-технических катаклизмов.

В создавшейся ситуации общество вынуждено было обратить самое серьезное внимание на проблему ресурсосбережения, в первую очередь, в сфере потребления естественно ограниченных в природе энергетических и материальных ресурсов. Практическое же решение проблемы техногенной безопасности, в отличие от ресурсосбережения, не дает быстрого и ощутимого экономического эффекта. Потенциальный выигрыш возможен в экономии значительных государственных средств на превентивном устранении причин и предотвращении возможных последствий чрезвычайных ситуаций.

Для снижения опасности антропогенной деятельности представляется целесообразным и эффективным обеспечение всех ОНТ интеллектуальными инструментальными средствами мониторинга текущих состояний и их соответствия заданным ТТХ, прежде всего, в части безопасного функционирования в штатных и предельных критических эксплуатационных режимах.

Анализ показывает, что современный технологический уровень организации безопасной жизнедеятельности ориентирован на системные знания, мобильность и коммуникативность. Под системными знаниями, прежде всего, понимается достоверность многомерной пространственно-временной информации о внутрисконструктурном состоянии конструкционных материалов и изделий из них на протяжении всего жизненного цикла создания и эксплуатации объектов новой техники.

Жизненный цикл изделий и систем состоит из специфических, основанных на глубоких фундаментальных и прикладных знаниях,

этапов, каждый из которых требует понимания физики причинно-следственных механизмов и их формального представления. Эти представления, в зависимости от поставленной для решения задачи, могут быть описаны текстово-параметрическими таблицами (например, ТТХ), физическими и иными функциональными закономерностями, методическими и программными регламентами, определяющими порядок взаимодействия человека с создаваемыми, как правило сложными, интеллектуальными системами. *Каждому этапу жизненного цикла можно поставить в соответствие модель достижения и подтверждения его характерных целевых функций.*

Модель в качестве инструмента представления оригинала

Термин "модель" широко используется в различных сферах антропогенной деятельности и имеет множество смысловых значений. Общепринятое в технике понятие МОДЕЛЬ (франц. modèle от лат. modulus - мера, мерило, образец, норма) в широком понимании подразумевает целевое или частное представление образа или формы оригинала (идеи, изделия, объекта, системы, процесса или явления), отличное от целого (изображения, описания, структуры, схем, чертежей, графиков, планов, либо прообраза изделия и т. п.). Относится ко всем структурным уровням (материал, деталь, узел, агрегат, система, изделие, тип, вид) и этапам жизненного цикла оригинала.

Совокупность моделей жизненного цикла образует системный ряд, объединяющий модели по уровню, виду, содержанию, форме реализации и представления:

1 - уровень модели - функциональная абстрактная: перечень численных значений и качественных возможностей ТТХ опережающих разработок нового технологического уклада в табличной или описательной форме;

2 и 3 - уровни моделей - принципиальная концептуальная: фундаментальные и прикладные перспективные научные исследования, статистический анализ и синтез эксплуатационно-технологических показателей существующих аналогов и прототипов, принципы построения аналитических моделей, оптимизация параметров моделей, методы и принципы решения поставленной задачи;

4 - уровень модели - структурная топологическая: внутреннее и внешние взаимодействия (схемная, табличная или графическая форма в виде многопараметрических массивов расчетной и проектной документации), функциональное (принципиальное) описание связей и свойства реальной системы, последовательность и состав стадий и этапов работы, совокупность процедур и привлекаемых технических средств, взаимодействие участников процесса;

5 - уровень модели - функциональная физическая: целевой функциональный физический прототип для аналитического обзора перспективных возможностей разрабатываемого изделия, графической интерпретацией являются чертежи устройства или его частей с указанием численных значений характеристических параметров технологической реализации и эксплуатации;

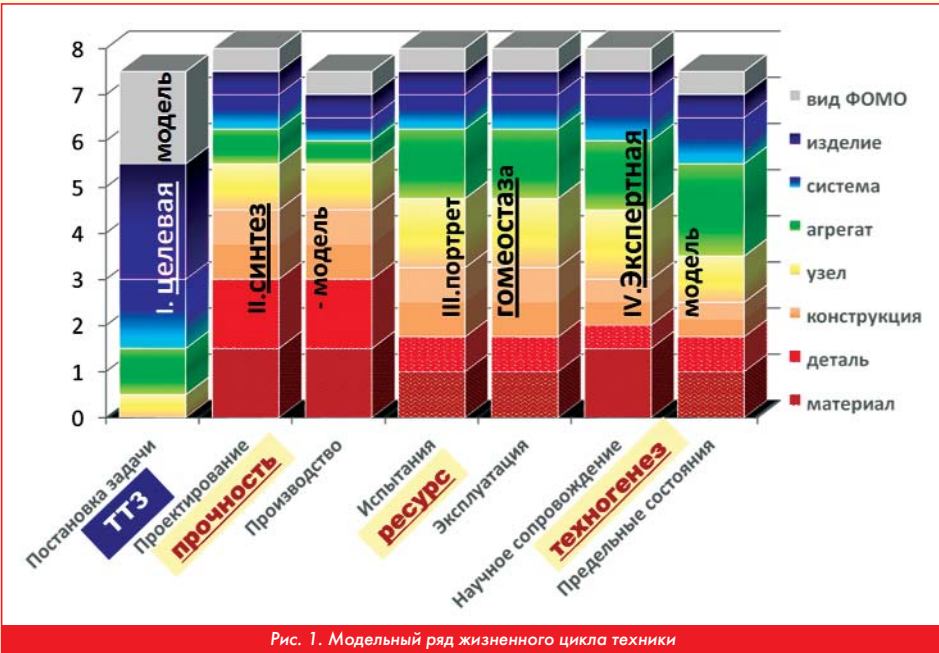


Рис. 1. Модельный ряд жизненного цикла техники

Моделирование как метод экспертизы состояний

При создании объектов новой техники процессы моделирования этапов жизненного цикла являются инструментальным средством переноса информации от реальной системы к модели и наоборот. Под "моделью" принято понимать материальный или виртуальный объект, который в процессе исследования замещает оригинал таким образом, что его непосредственное изучение дает новые знания об оригинале.

К моделям предъявляются два взаимно противоположных общих требования: адекватности (соответствия) и простоты (достижимости). По назначению модельные методы принято разделять на познавательные, прагматические и инструментальные:

а) познавательная модель - форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний, является теоретической моделью, как правило, подгоняется под реальность;

б) прагматическая модель - средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления, является, как правило, прикладной моделью, под которую подгоняется реальность;

в) инструментальная модель - средство построения, исследования и/или использования прагматических создаваемых и/или познавательных существующих моделей.

Моделирование как процесс построения, изучения и применения моделей и универсальный метод получения, описания и использования знаний в процессе исследований, служит средством для получения информации о тактико-технических свойствах, характеристиках и протекающих в создаваемых ОНТ гомеостатических процессах. Рациональная функция моделирования состоит в изучении создаваемого объекта путем построения и исследования его модели, осуществляемое с определенной целью и состоящее в замене эксперимента с оригиналом изделия, процесса или системы экспериментом на адекватной модели.

Организация процессов моделирования на всех этапах жизненного цикла создаваемых ОНТ формирует наукоемкий инновационный *технологический ресурс - системный мониторинг состояний (СМС)*. В этом случае, технологически сопряженные модели, образующие модельный ряд или кластер, реализуют комплексную опережающую технологию гарантированного подтверждения ТТХ на протяжении всего жизненного цикла.

Как считают специалисты Фонда перспективных исследований (ФПИ), "концентрация имеющихся ресурсов в виде прорывных наукоемких знаний и синтетических решений на развитии технологий нового уклада, которые пока не имеют широкой промышленной



Рис. 2. Модельный метод оценки состояний

6 - уровень модели - параметрическая функциональная: комплекс имитационно-алгоритмических и аппаратно-программных средств для проведения лабораторно-заводских испытаний и отработки экспериментальных, опытных и предсерийных образцов новой техники, предназначена для испытания или изучения, проигрывания возможных сценариев развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров модели;

7 - уровень модели - функциональная физическая натурная: системная характеристика условий и требований к технологической и метрологической базе для гарантированного достижения проектных параметров ТТХ изделия в регламентированной форме, предназначена для достижения свойств и характеристик системы, обеспечивающих её эффективное функционирование;

8 и 9 - уровень модели - эталонная физическая имитационная: комплекс мобильных измерительно-аналитических аппаратно-программных инструментальных средств оценки функционирования образцов новой техники при наземных стендовых, исследовательских бортовых и сертификационных заводских (летных) испытаниях; синтезированная многопараметрическая визуализация отображения состояний;

10 - уровень модели - детерминированная функциональная: проблемно-ориентированная система диагностического мониторинга и анализа гомеостатического состояния штатно наблюдаемых элементов, узлов и агрегатов объекта, каждому набору входных параметров воздействий соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров состояний;

11 - уровень модели - стохастическая функциональная прогностическая: кибернетическая (роботизированная) интеллектуальная система прогностической диагностики текущего ресурсного состояния гомеостаза объекта с оценкой рисков опасных состояний; как правило, описана некоторым комплексом алгоритмов, определяющим ее функционирование и развитие;

12 - уровень модели - функциональная оптимизационная: экспертная стохастическая система оценки рисков принятия решений с экстримизацией целевой функции.

Любая модель включает формализованное описание функциональных свойств и технических характеристик, содержания и порядка последовательности действий, направленных на подтверждение достижения целей отдельных этапов и жизненного цикла в целом. Модель строится и исследуется при определенных допущениях или гипотезах и является результатом многопараметрического отображения одной структуры на другую. Например, отображение функционального физического уровня на имитационный математический является физико-математической моделью или математической моделью физической системы.

реализации, но обеспечат лидерство послезавтра - в момент, когда новый технологический уклад, контуры которого сегодня лишь нащупываются, станет реальностью". СМС, являясь универсальной междисциплинарной, межвидовой и межотраслевой технологией нового уклада реализует фундаментальный подход ФПИ.

Модельный ряд жизненного цикла опережающих технологий

Творческое многообразие модельного ряда предполагает возможность во взаимодействии с внешними технологическими центрами, в том числе зарубежными, осуществлять трансферт технологий путем их *усовершенствований на основе собственных опережающих инжиниринговых решений*. По мнению ФПИ, "если такое решение разработано и осуществлено во взаимодействии представителей фундаментальной науки, инжиниринговых групп и вузовских центров, то можно считать, что трансферт технологии произведен, и она входит в российскую технологическую базу. Одним из подходов к полноценному трансферту технологий является вхождение в капитал малых и средних инновационных фирм за рубежом".

К основным свойствам модельных рядов относятся упрощенность отображения, адекватность оригиналу, точность результатов, наглядность свойств, обзорность отношений, технологичность исследований, доступность воспроизведения, высокая информативность, сохранность информации, полнота связей, системная устойчивость, замкнутость решений (отношений), универсальность применимости, конечность ресурсов моделирования.

Сопряженные модельные ряды в качестве опережающего организационно-методического решения позволяют преодолеть "технологический барьер" в области экотехнологической безопасности. *Эффективное управление ресурсным потенциалом* функционально ориентированных механических объектов (ФОМО) машиностроения, энергетики и транспорта существенно повысит конкурентоспособность оборонно-промышленного комплекса (ОПК), создаст стратегическое преимущество *лидерства в новых технологических укладах*.

Интерпретация образов модельного ряда представлена в семи колонках:

- в первом ряду перечислены целевые организационные (ТТХ, надежность, действия) или физические (прочность, гомеостаз, ресурс, техногенез) функции этапов жизненного цикла;
- во втором ряду раскрыто содержательное наименование моделей этапов жизненного цикла (исходная, физическая, сертификационная, диагностическая, экспертная, модель предельных критических состояний, вероятностная модель оценки рисков, кибернетическая модель принятия real-time решений);

- в третьем ряду слева направо представлены графические отображения содержаний (текстовое, область расчетно-проектных диагностических параметров, спектральный образ эксплуатационных гомеостатических состояний, ресурсный образ напряженно-деформированных состояний, область предельно-критических диагностических параметров, область ресурса конструкционной прочности, область принятия решений);

- в четвертом ряду образам модельного ряда приведены в соответствие принципиальные возможности достижения цели (технологические, инструментальные, интеллектуальные);

- в пятом ряду модельному ряду соответствуют этапы жизненного цикла (обоснование, проектирование, изготовление, испытания, эксплуатация, диагностика, прогнозная оценка и принятие решений в критических ситуациях).

Для успешной реализации научно-технологических устремлений общества необходимо реально развивать *процессы познания физических состояний* при исследованиях, конструировании и производстве, а также *процессы наблюдения эксплуатационных состояний* при испытаниях, сертификации и эксплуатации. Стратегия модельных рядов позволяет глубоко понимать свойства и механизмы процессов природного синтеза, непрерывно анализировать текущие состояния, своевременно предвидеть и предотвращать зарождающиеся патологии, ведущие к авариям и техногенным катастрофам.

Моделирование как метод подтверждения соответствия

Системный мониторинг состояний (СМС) как научный инструмент опережающего развития междисциплинарных знаний является универсальной машиностроительной технологией, в том числе, в прорывных приоритетных сферах жизнедеятельности: технологии человека, сетевые технологии, робототехника, транспорт, энергетика. НМС является существенным элементом прорывного технологического развития ресурсных компонентов перспективной техники - новых материалов, элементной базы, деталей, узлов и агрегатов, конструкций, механизмов и систем, формирующих в приложениях перспективные технологические уклады.

Главными наукоемкими компонентами СМС являются системные источники достоверной динамической информации о диагностических параметрах наблюдаемых состояний, компьютерная real-time реконструкция многопараметрических тензорно связанных измерений, компьютерная 4D-реконструкция физических гомеостатических портретов напряженно-деформированных состояний, многомерная кибернетическая ресурсная система реконструкции техногенеза, экспертная система оценки рисков принятия решений. *Центральным признаком успешного развития СМС является высокая скорость смены технологических парадигм за счет восприимчивости к новым знаниям и скорости отработки новых технологических решений*.

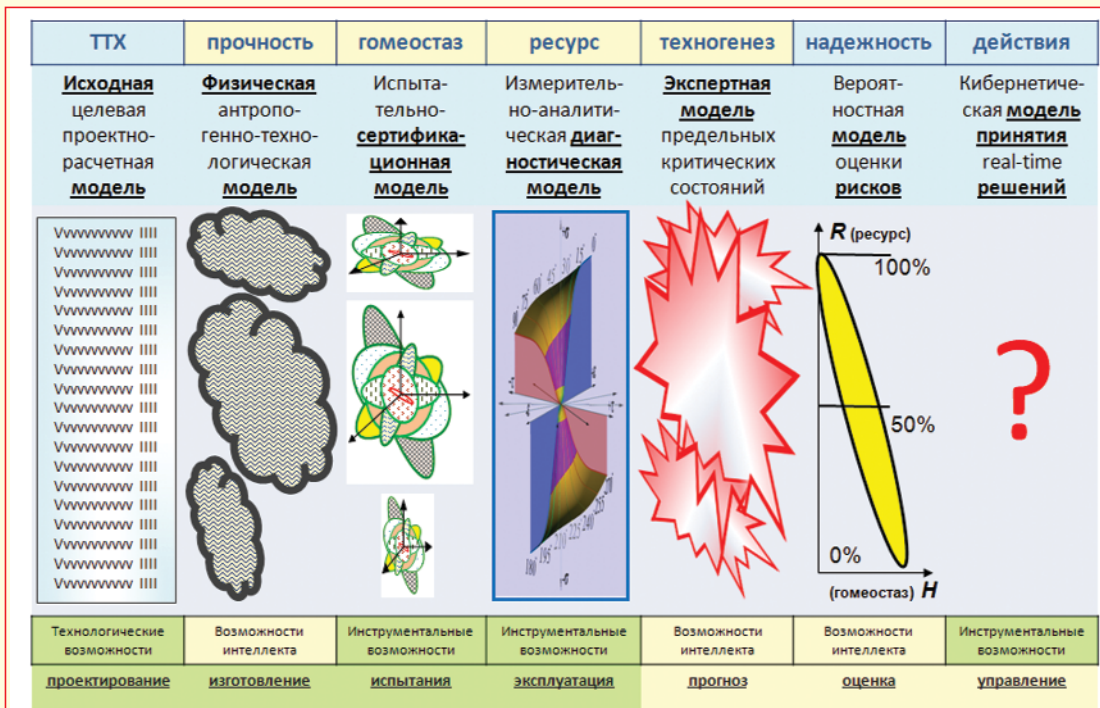


Рис. 3. Интерпретация образов модельного ряда

кибернетическая ресурсная система реконструкции техногенеза, экспертная система оценки рисков принятия решений. *Центральным признаком успешного развития СМС является высокая скорость смены технологических парадигм за счет восприимчивости к новым знаниям и скорости отработки новых технологических решений*.

Стратегическим направлением развития методов моделирования сложных технических систем признаны высокоскоростные компьютерные технологии на основе супернейрокомпьютеров (ЧНК). Особенно актуальными вычисления становятся при попытках

построить адекватные модели полидинамических процессов и мультифизических распределённых систем. Наиболее распространённым методом является математическое моделирование, вызванное необходимостью поддерживать соответствие его параметров, свойств и характеристик тактико-техническому заданию на объект.

Имитационные математические модели, системно объединённые с аппаратными имитаторами параметров и функций физических воздействий в комплексы моделей и модельные ряды, являются интегрированным инструментальным средством формирования опорных режимов и состояний. Опорный образ путем наблюдения пространственно-временного спектрального множества диагностических параметров позволяет *анализировать соответствие проектным моделям или отклонения от них*. Помимо тактико-технического соответствия штатным режимам функционирования, в процессе моделирования могут решаться задачи испытаний, исследований, экспертизы, диагностики, наладки, ремонта, модернизации, экстренных и критических решений.

Модельный подход позволяет подтверждать соответствие разработки параметрам тактико-технического задания (ТТЗ) на всех этапах жизненного цикла от обоснования и создания до эксплуатации и обеспечения безопасности объектов новой техники. Исходной в смысле обоснования технологической перспективы является *концептуальная* описательная модель, формируемая экспертами научно-инженерного сообщества. Первому этапу жизненного цикла соответствует обосновывающая технологические возможности функциональная *целевая* модель № 1 в виде перечня численных значений и описания качественных возможностей ТТХ, формируемых Заказчиком. Этапу поисковых исследований соответствует *аналитическая* модель № 2, предназначенная для оценки научно-технологических возможностей достижения поставленной цели. Этапу проектных исследований соответствует *оптимизационная* модель № 3 в виде прикладных расчетов для достижения заданных ТТХ. Этапу разработки соответствует *проектная* модель № 4, обосновывающая конструкционно-технологические решения в виде КТД.

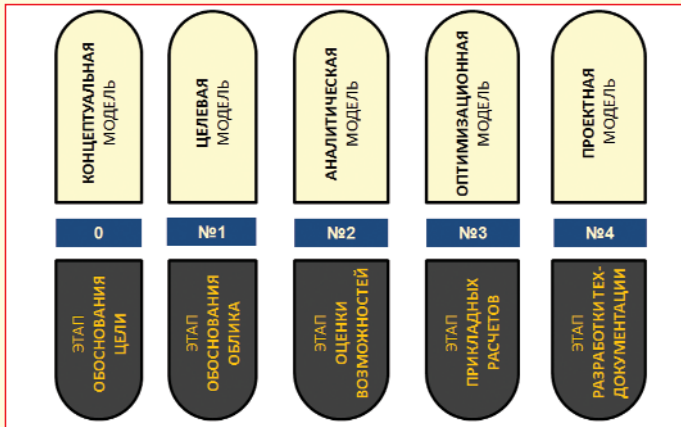


Рис. 4. Разработка - модели подтверждения соответствия

Первым этапом изготовления является *экспериментальная* модель № 5, предназначенная для подтверждения в натуре соответствия ТТХ физической реализации проектного решения. Стендовым (полунатурным) испытаниям экспериментального образца соответствует *стендовая* модель № 6, обеспечивающая лабораторно-заводские испытания (ЛЗИ) для проверки соответствия характеристик заданным параметрам ТТХ. После устранения замечаний, подтвержденных удовлетворительными повторными ЛЗИ, и внесения изменений в КТД наступает второй этап изготовления в виде *опытной* модели № 7, предназначенной для подтверждения в натуре соответствия ТТХ физической реализации проектного решения. Бортвыми испытаниями опытного образца соответствует *метрологическая* модель № 8, обеспечивающая бортовые испытания (БИ) для проверки соответствия характеристик заданным параметрам ТТХ. После устранения замечаний, подтвержденных удовлетворительными повторными БИ, и внесения изменений в КТД наступает третий этап изготовления в виде *серийной* модели № 7а, предназначенной для

подтверждения в натуре соответствия ТТХ физической реализации проектного решения. Промышленным испытаниям серийного образца соответствует *метрологическая* модель № 8а, обеспечивающая натурные испытания (НИ) для проверки соответствия характеристик заданным параметрам ТТХ. После устранения замечаний, подтвержденных удовлетворительными повторными НИ, и внесения изменений в КТД наступает этап сертификации в виде *сертификационной* модели № 9, предназначенной для подтверждения в натуре соответствия ТТХ серийного изделия в объеме установленных законодательством перечня отраслевых регламентов.

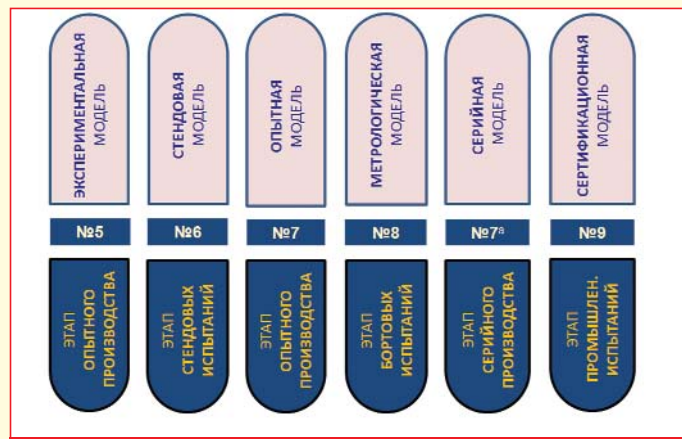


Рис. 5. Производство - модели подтверждения соответствия

Этапу эксплуатации соответствует комплексный ряд взаимосвязанных моделей:

- *эксплуатационная* модель № 10 в виде гомеостатического портрета, обеспечивающего постоянное соответствие требованиям заданных ТТХ путем непрерывного real-time функционально-диагностического мониторинга параметров состояний;
- разновидностью эксплуатационных моделей является открытые ряды *диагностических* и *ремонтных* (наладочных) моделей;
- *ресурсная* модель № 11 в развитие эксплуатационной модели обеспечивает постоянный техногенез в смысле прогноза соответствия требованиям ТТХ путем непрерывной real-time ресурсной экспертизы с оценкой рисков опасных нештатных состояний;
- *экспертная* модель № 12 в развитие эксплуатационной модели обеспечивает мобильную оценку патогенных состояний, не обеспечивающих исполнение требований ТТХ, путем непрерывной real-time оценки рисков и объективной поддержки принятия решений.

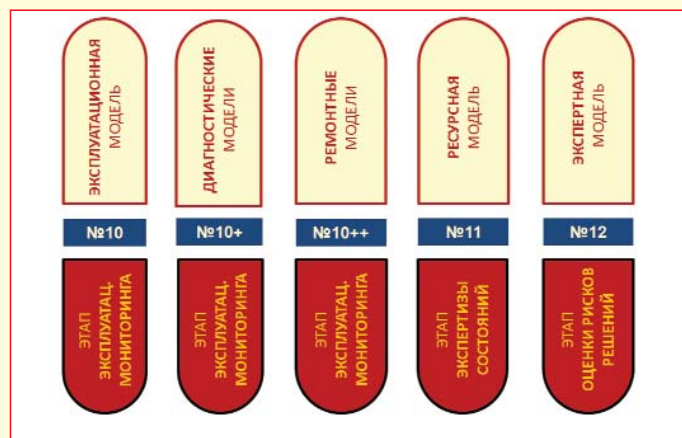


Рис. 6. Эксплуатация - модели подтверждения соответствия

Приведенная систематизация модельного ряда жизненного цикла объектов новой техники не претендует на исчерпывающую полноту, более того, бесконечное число возможных ситуаций жизненного цикла и соответствующие им модели на основе развивающихся знаний и потребностей общества не могут быть ограничены по сути. Минимально необходимый функциональный ряд моделей состояний представлен ниже.

Сложность моделируемых процессов объектов и систем ОНТ

позволяет построить современными методами только весьма приближённые модели, но цена отклонений в поведении реального объекта от реконструированного в модели может быть весьма высока, особенно в многопараметрических ресурсно-прочностных задачах и многомерных экспертных системах обеспечения техногенной безопасности.

Поэтому оправданным является использование наиболее мощных вычислительных систем для построения возможно более адекватных моделей, их исследования и оптимизации. Они должны быть устойчивы к сбоям в исходных данных, быстро функционировать после построения, допускать возможность реализации в виде специализированных микросхем, сохранять возможность "дообучения" по мере получения новой информации на всех этапах функционирования моделируемого объекта. В настоящий момент подобными качествами могут обладать только нейронные сети.

Вычислительная поддержка моделирования

Работа вычислительного комплекса (ВК) с моделями организуется на двух уровнях:

1. Сам объект (предмет новой техники, промышленное сооружение и т.д.) содержит аппаратную, в виде нейрочипа, или программно-аппаратную модель, позволяющую оперативно обрабатывать текущую информацию, выдавать прогнозы и осуществлять управление при определенных возможностях текущей оптимизации ВК на базе СНК.

2. Информация о функционировании объекта или его моделей передаётся в СНК-центр, где анализируется для коррекции модельного ряда или уточнения адекватности модели конкретного этапа жизненного цикла объекта, включая гомеостаз и техногенез, с дальнейшей передачей уточнённой модели и информации о возможном нештатном её поведении на сам объект.

В результате должны быть созданы иерархические нейросетевые модели сложных технических систем, физических, химических и других процессов, использующие всю априорную информацию о моделируемом объекте с возможностью перестройки и адаптивного самообучения во время функционирования и с контролем точности и прогнозных возможностей в зависимости от вновь поступающей информации:

- технологии создания интеллектуальных вычислительных облаков на основе гетерогенных нейронных сетей адаптивной структуры с возможностью перераспределения нагрузки, а также распределенного хранения и обработки данных с пересылкой между узлами нейросетевых моделей данных, позволяющих радикально сократить трафик без существенной потери пересылаемой информации;
- технологии построения иерархических нейросетевых вычислительных систем на основе адаптивного взаимодействия территориально разнесенных вычислительных установок и различных их ресурсов: вычислительных, объемов хранилищ, коллекций данных, канальных емкостей и др. разного уровня: детального, узлового, агрегатного, системного, изделия, типа, вида и т.д.;

Нейросетевые технологии опираются на прикладные программные продукты:

- системы инженерных расчётов (CAD, CAM, CAE) в высокотехнологических отраслях промышленности на основе эволюционных и нейросетевых моделей, принципиально превосходящие имеющиеся в мире аналоги;
- построение и верификация сложных нейросетевых моделей для прогнозирования в различных областях (аварийные состояния, катастрофы и пр.) на основе известных законов природы и новых экспериментальных данных, поступающих в реальном режиме времени, при том, что данные, запросы к данным и сами модели могут иметь распределённый характер, а планирование и проведение наблюдения может осуществляться искусственной интеллектуальной системой;
- системы и средства идентификации технических объектов в процессе их жизненного цикла: имитационные модели при оптимальном проектировании, контроль соответствия изготавливаемой системы исходному проекту, модель реального технического объек-

та, поставляемого с самим объектом заказчику, уточнение модели в процессе функционирования объекта, выявление необходимости ремонта объекта и вывода его из эксплуатации на основе эволюционных методов и алгоритмов построения и обучения нейросетевых математических моделей;

- нейросетевые методы экспресс-классификации многомерных данных;

- пакеты программ экстраполяции и интерполяции многомерных функций, генерации адаптивных сеток с применением нейросетевых технологий для гибридных суперЭВМ;

- нейросетевые алгоритмы и пакеты программ для создания адаптивных нейросетевых интеллектуальных систем, для которых структура, алгоритмы обучения, их точность и условия останова управляются потоками входных данных и целями их обработки, которые могут меняться пользователем в процессе вычислений.

Бурное развитие СНК в ближайшем будущем позволит ограниченными ресурсами решить проблему кибернетической поддержки заданных ТТХ создаваемых изделий новой техники.

Перспективные экзафлопные СНК для моделирования

Нейросетевые алгоритмы решения специальных дифференциальных уравнений в частных производных образуют самостоятельный важный раздел модельных исследований, связанных с решением задач газо-, гидро-, аэро-, термодинамики и являются определяющими в развитии суперЭВМ и, следовательно, занимают значительное место в развитии и внедрении нейросетевых технологий, в создании СНК.

Наряду с использованием всё более мощных суперкомпьютеров существует ещё один путь увеличения вычислительной мощности - распределить вычисления по большому числу компьютеров. Для наблюдения сложных многопараметрических систем и процессов такой путь позволяет решить в реальном времени проблемы локальной обработки измерительных потоков в процессе сбора и передачи информации, структурной (спектральной) фильтрации связанных компонентов эллиптических траекторных измерений, прогнозной реконструкции параметров гомеостатических состояний, инструментом которых являются и так называемые облачные вычисления.

Особенно актуальными распределённые вычисления становятся при попытках построить адекватные модели полидинамических распределённых систем для решения мультифизических задач, при изучении которых накапливается чрезвычайно много разнородных данных, а обработка которых требует экзафлопной производительности. Если все данные пересылать для обработки в один центр и результаты их переработки - обратно, то не хватит никаких сетевых возможностей и никаких СНК мощностей.

Реальные распределённые системы обычно носят иерархический характер, управление ими должно также быть распределённым и иерархическим. Выработка оптимальных управляющих воздействий в такой системе требует соответствующей иерархии взаимодействующих моделей. Интеллектуальное управление подобной системой должно включать в себя иерархию взаимодействующих нейронных сетей - естественных или искусственных, причём последние имеют очевидные преимущества над первыми. Для активного использования СНК в моделировании должны быть разработаны:

- СУ базами данных с возможностью построения и верификации устойчивых нейросетевых моделей на основе известных законов природного синтеза и новых экспериментальных данных, при этом, данные, запросы к данным и сами модели могут иметь распределённый характер, а планирование и проведение экспериментов может осуществляться искусственной интеллектуальной системой;
- распределённые иерархические интеллектуальные системы - от уровня системы сенсоров до глобального масштаба распределённой обработки данных с выполнением экспертизы текущих ресурсных состояний и их готовностью эффективного управления целевой функцией в соответствии с ТТХ.

Принципиальными для повышения технологического уровня и адекватности модельных решений оригиналам являются реализов-

ванные в мемристорах тенденции параллельно-разнесенных сетевых вычислений, совмещения логических вычислений с функций хранения информации, существенного увеличения производительности при снижении энергопотребления и объемно-весовых параметров, невосприимчивости к излучениям, отказа от процедур загрузки.

Уникальная способность мемристоров позволяет также оперировать не только двоичными сигналами, но и манипулировать любыми другими значениями в промежутке от 0 до 1, открывая широчайшие перспективы для внедрения СНК в область волновой механики состояний. Естественное технологическое развитие в сторону клеточных нейрочипов позволяет перейти в моделях от скалярно-векторной обработки классических компьютеров к real-time обработке 4D- и 7D-массивов гомеостатических портретов состояний в СНК. При этом элементарно решаются задачи многопараметрической визуализации состояний и прогностики Природно-технических и иных систем.

В перспективе переход от позиционного представления информации контактных сенсоров в виде значений токов и напряжений к дистанционному локационному представлению в виде частоты узких импульсов одинаковой амплитуды позволяет достаточно существенно повысить информативность и помехозащищенность трансляции информации, резко понизить энергопотребление и, как следствие, повысить надежность схемы. Способ приближается к представлению информации в живых нейронных сетях.

Экзафлопные СНК должны принимать участие в облачных вычислениях, когда программы запускаются и выдают результаты работы в окно стандартного веб-браузера на локальном ПК, при этом все приложения и их данные, необходимые для работы, доступны на удаленном сервере в интернете.

В последние годы сформирована устойчивая тенденция к применению интеллектуальных методов в разработке систем оценки качества и тестирования программного обеспечения. Это касается применения здесь размытой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов, хаотических и фрактальных сетей, методов извлечения знаний и др.

Моделирование в экзафлопном темпе супернейрокомпьютеров позволяет практически анализировать гомеостатические состояния кибернетических систем любой степени сложности с опережением относительно опасных уровней развивающихся конструкционных патологий. Просто системное моделирование состояний должно стать такой же доступной технологической процедурой как мобильная связь или телевидение.

Такие возможности могут быть компактно реализованы в виде интегрированных мобильных экспертных систем на любых функционально ориентированных механических объектах (ФОМО), представляющих техногенную опасность для общества или окружающей среды.

Перспективы гомеостатического модельного проектирования

Использование опережающих высокотехнологичных подходов системного научного мониторинга состояний (НМС) позволяет реализовать универсальный междисциплинарный, межвидовой и межотраслевой *новый технологический уклад* управлением при создании и эксплуатации объектов новой техники в машиностроении и строительстве. Роль таких системных подходов - не только создавать новые опережающие технологии, но и гарантировать положение страны на передовых рубежах оборонных исследований.

Системно сопряженные модели, образующие модельные ряды или кластеры, путем *гомеостатического модельного проектирования* (ГМП) реализуют комплексную опережающую технологию гарантированного *подтверждения ТТХ на протяжении всего жизненного цикла ОНТ*. Сам по себе универсальный подход для достижения опережающего научно-технологического уровня разработок также может стать модельным с точки зрения формирования базового каркаса национальной инновационной системы нового технологического уклада.

Глобальный интеллектуальный мониторинг текущего ресурсного состояния и непрерывная экспертиза степени боеготовности военной техники обеспечивают прорыв на совершенно новый уровень критических технологий обеспечения безопасности и расширяют возможности Вооруженных сил России по защите суверенитета и целостности страны, жизни и свободы ее граждан. **▲**

Литература

1. Гусев Б.В., Сперанский А.А. Волновой мониторинг безопасности механических систем, РИА, альманах ДСР, 2011, № 3.
2. Сперанский А.А. и др. Новые технологические возможности волнового мониторинга состояний в задачах Оборонпрома, Двигатель, 2008, №1-3.
3. Уёмов А.И. Логические основы метода моделирования, М.: Мысль, 1971. - 311 с, с. 48.
4. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, и практика. Л., 1984.
5. Штофф В.А. О роли модели в познании Л., 1963.
6. Хорошев А.Н. Введение в управление проектированием механических систем: Учебное пособие. - Белгород, 1999. - 372 с. - ISBN 5-217-00016-3 Электронная версия 2011 г.
7. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. // СПб Государственный Политехнический Университет, 2009 г.
8. ГосНИИАС. Общие требования на разработку комплекса бортового оборудования самолётов гражданской авиации, Отраслевой стандарт, М., 2012.



Обеспечение жизненного цикла современных и перспективных творений человека невозможно без нового подхода к мониторингу их состояния