

Современные инструменты наблюдения текущих состояний объектов механических систем

А. А. Сперанский¹ DExpert, профессор, академик РИА и МИА,

А. В. Костюков² к.э.н., академический советник РИА

¹Российская инженерная академия, Москва, Россия

²ООО НПЦ «Динамика», Омск, Россия

Аннотация – Представлен научно обоснованный системотехнический подход к организации научного мониторинга природно-технических систем (ПТС) на основе главенства фундаментальных законов, принципов и закономерностей классической механики сплошных сред и упругих систем, теории напряженно-деформированных состояний, методов и инструментов мониторинга состояний, анализа, оценки, экспертизы и прогноза гомеостаза эксплуатационного ресурса конструкционной прочности в задачах предупреждения аварийных ситуаций и предотвращения техногенных и экотехнологических катастроф.

Ключевые слова – системность, состояние, гомеостаз, мониторинг, прогноз.

«На протяжении всей истории человечества нашу судьбу определяет владение инструментами наблюдений...»

Японский физик Мицю Каку

I. СИСТЕМОТЕХНИКА ДОСТОВЕРНЫХ ЗНАНИЙ

Анализ направлений развития технологий безопасности показывает, что на фоне успешно продвинутых универсальных систем сбора, передачи, обработки и анализа информации типа «Компакс», объем знаний и подтверждающая их содержание информация, необходимая для серьезной поддержки принимаемых решений, непрерывно меняется. В такой ситуации перед профессиональным сообществом диагностиков, аналитиков и экспертов формируется обоснованная общественной потребностью задача создания **систем научного мониторинга** с привлечением ведущих ученых научных и отраслевых коллективов для создания современных инструментов сбора метрологической информации, обработки и анализа имеющихся измерений, обеспечение необходимых информационных потоков и использование адекватных задачам источников и методик. В условиях системного технологического кризиса интегрированный междисциплинарный научный подход в информационной сфере представляется оправданными и даже эффективными в смысле существенной экономии ресурсов [1].

Отправной точкой научного системного подхода является понимание того, что результатом жизнедеятельности Человека является преобразованная Природа или Природно-технические системы (ПТС). В процессе этой деятельности антропогенные и природные компоненты ПТС, взаимодействуя друг с другом, находятся в состоянии гомеостатического равновесия. Задача состоит в том, чтобы не допустить опасных

необратимых нарушений этого равновесия вследствие выхода за пороговый уровень ключевых параметров состояния взаимодействующих компонентов системы (Рис. 1).



Рис.1 Взаимодействие компонентов Природно-технических систем

Методологически взаимодействие обуславливает необходимость единого системного подхода к выработке и реализации инженерных решений, специфических для объектов различного функционального назначения. Согласно принципу системности, управление состоит из процедур поэтапного направляемого достижения генеральной цели. Этапность отражает стадийность жизненных циклов ПТС и изменчивость (эволюцию) целей управления по стадиям жизненного цикла. На каждой из стадий жизненного цикла управление осуществляется как самостоятельный процесс достижения целей соответствующего уровня иерархии - федеральный, региональный или локальный уровни иерархии систем управления. Для верхних уровней иерархии ПТС такой целью является обеспечение основного права Человека – права на жизнь, как интегральной формы обеспечения социальной безопасности [2].

Системотехника инженерных решений для техносферных компонентов ПТС в целом и их подсистем базируется на рассмотрении любого объекта в трех аспектах:

- структурно-иерархическом, в основе которого определение пространственно-временных границ области существования и построения, декомпозиционный анализ моделей ПТС с выделением структурных и функциональных подсистем и определением основных взаимодействующих компонент на микро-, мини-, мезо-, макро- и мега- системных уровнях пространственной организации;

- диалектическом, рассматривающем ПТС в естественно-историческом диа/техногенезе на всех стадиях жизненного цикла: инвестиционный замысел, проектирование, строительство (производство), эксплуатация, реконструкция и утилизация (рециклирование) после исчерпания ресурса или выполнения целевых задач объектами техносферной компоненты;

- кибернетическом, предполагающем управление многокомпонентной, многоуровневой, иерархически организованной и диалектически развивающейся ПТС и её структурно-функциональными подсистемами в качестве объекта автоматизации.

Управление на каждой стадии жизненного цикла осуществляется как процесс достижения целей соответствующего уровня иерархии. Целью верхних уровней иерархии ПТС является обеспечение основного права Человека – права на жизнь, как интегральной формы обеспечения социальной безопасности.

Эволюция целей управления по стадиям жизненного цикла может быть представлена следующим рядом:

- 1 - формализация объекта управления - определение геометрии области существования, установление параметров взаимодействия компонентов в виде потоков массы, энергии и информации на границах сопряжений, формализация моделей ПТС в виде интегробалансовых соотношений между воздействиями и реакциями отклика на них;
- 2 - формирование дерева или матрицы целей управления;
- 3 - определение ограничительных функций - допустимых пределов изменения значимых параметров состояния;
- 4 - информационное обеспечение прогнозирования последствий ближайших и отдалённых сценариев взаимодействия антропогенных и природных компонентов ПТС, включая нормативно-правовое и нормативно-техническое обеспечение;
- 5 - построение функционала управления “ресурсоёмкость-результативность” объекта;
- 6 - оптимизация сценариев управления - регулирование геометрии и топологии пространства ПТС, выбор материалов, разработка конструкций, технологий производства работ и режимов эксплуатации;
- 7 - экспертизы - согласования, принятие решений по механизмам реализации конкретных сценариев управления;
- 8 - реализация принятых сценариев управления, включающих механизмы препятствия неблагоприятным и опасным воздействиям случайных, трудно прогнозируемых природных или антропогенных потенциальных и массовых сил;
- 9 - эксплуатационно-диагностический мониторинг пространственно-временных параметров напряженно-деформированных состояний ПТС;
- 10 – экспертиза текущих эксплуатационных состояний, прогноз и оценка рисков принятия решений, предупреждающих аварии и предотвращающих техногенные катастрофы.

Основной целью инженерной деятельности является формирование и обустройство среды обитания и жизнедеятельности Человека, обеспечивающее безопасное взаимодействие его с Природой и Обществом. Необходимое и достаточное разнообразие и полноту информации для принятия управленческих решений можно установить с учетом фундаментального положения теории систем – размер любой системы должен соответствовать ее функциям. Отсюда следует основной принцип пространственно-временного квантования (декомпозиции) систем – контрольные поверхности системы должны определять область ее гомеостаза. Модель исследуемой системы обуславливает и предопределяет выбор методов и средств измерений динамических параметров эволюции гомеостаза ПТС.

Причинно-следственные характеристики ПТС, как проявление действия закона перехода количественных изменений в качественные, подразделяют на циклические и трендовые. Вкупе с параметрами триединых потоков информации, вещества и энергии, соотношение между которыми определяется законами внутреннего динамического равновесия систем, они раскрывают общий механизм развития - динамику эволюции ПТС. Проходя по иерархии ПТС снизу вверх и интегрируясь в направлении от нижних локальных уровней к верхним глобальным, эти потоки предопределяют необратимость качественных изменений (закон необратимости эволюции).

Соизмеримость характерных уровней квантования пространственных и временных параметров дает максимальную информативность и эффективность измерительной системы. Иерархия пространственно-структурных уровней ПТС, как объектов созидательной деятельности (управления) Человека при его взаимодействии с

Природой, может быть представлена системными уровнями декомпозиции в связи с метрикой пространства и циклами воспроизведения (Таблица I):

ТАБЛИЦА I
СИСТЕМНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ УРОВНИ ДЕКОМПОЗИЦИИ

системно-иерархические уровни декомпозиции	метрика пространства	циклы воспроизведения	предпосылки состояния
атомно-молекулярный	$10^{-16} \div 10^{-5}$ м	$10^{-12} \div 10^{-6}$ с	внутренние отклики ↓ ↑ внешние воздействия
первично-системный (локальный)	$10^{-5} \div 10^{-1}$ м		
организменно-групповой (элементный)	$10^{-1} \div 10^2$ м		
ассоциальный (объектный)	$10^0 \div 10^4$ м		
блоково-экосистемный (объектно-региональный)	$10^3 \div 10^6$ м		
планетарный	$10^6 \div 10^9$ м		
космический	$> 10^{10} \div 10^{28}$ м	$> 10^4 \div 10^{28}$ с	

Общая цель измерений – идентификация модели системы или определение коэффициентов передаточных функций. Адекватно идентифицированные модели позволяют объективно оценивать и предвидеть ближайшие и отдаленные последствия управляющих воздействий. Основным методологическим принципом экспериментальных исследований является имитация реального процесса нагружения и регистрации реакции системы на это воздействие. Распространенные прямые методы связаны с разрушением объекта или его фрагмента. Косвенные, неразрушающие методы измерений, основанные на применении различных параметров физических полей, более экономичны. Для исследования потенциальных сил применяются механические и электромагнитные волновые методы. Области их эффективного применения соответствуют характерным уровням квантования пространства и времени, представленным в таблице I. Энергетическое воздействие волн измерений на ПТС не должно приводить к изменениям ее структуры, то есть должны быть безопасными для функционирования системы.

Помимо объективных измерений, необходимо организовать адекватно природным закономерностям программно-аппаратную декомпозицию результатов пространственно-временного мониторинга. Определить (измерить, вычислить) параметры состояния и внешних воздействий можно только в пределах, ограниченных моделью исследуемой системы, которая обуславливает и предопределяет выбор методов и средств измерений динамической последовательности сигналов. Как вытекает из теории систем, информативность измерений максимальна, если пространственные и временные параметры измерительной системы соизмеримы между собой и соответствуют параметрам объекта мониторинга.

Состояние системы определенного уровня оценивается из предпосылки, что ее взаимодействие с системами более высоких иерархических уровней реализуется в виде потоков потенциальных и массовых сил через поверхности, ограничивающие исследуемую систему (внешняя задача), а взаимодействие с системами более низких иерархических уровней выражается в виде их реакции (отклика) на внешние воздействия в форме изменения соотношений между параметрами механического, термодинамического, экологического или социального равновесия (внутренняя задача). Соответственно, при исследовании систем различают два типа измерений: внешняя задача – определение параметров потенциальных и массовых сил на границах

(контрольных поверхностях) системы и внутренняя задача – определение параметров равновесного состояния системы (Рис. 2).



Рис. 2 Триада факторов энергетической природы прочности

Структура взаимодействия отражает системность фундаментальных законов и принципов механики в связи с обобщенными законами прочности. В ней показана причинно-следственная связь кинетической энергии воздействия внешних сил и моментов от сил через напряженно-деформированные состояния с потенциальной энергией внутренних сил и моментов упруго-пластического сопротивления конструкционного материала [3]. Спектр поверхностных и массовых волновых механических колебаний является физическим проявлением динамики природных энергетических процессов. Достоверность измерения диагностических параметров и составляет основу адекватных знаний о гомеостатическом состоянии объекта мониторинга или исследования.

Изложенный системотехнический подход составляет методологическую основу создания универсальных параметрических систем объектной волновой томографии на базе инновационного способа векторно-фазовой спектральной пространственно-временной реконструкции полевых параметров для задач диагностирования, наладки, эксплуатационного мониторинга, экспертизы и сертификации различных уровней с определением в реальном времени текущего ресурса конструкционной прочности объектов ПТС.

II. ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА ЭКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Механика обладает безграничными возможностями познания мира и является методом исследования Природы, а не теорией конкретных явлений. Ни один из фундаментальных постулатов механики принципиально не может быть ни установлен, ни опровергнут опытным путем, поэтому возможные приложения механики совпадают с пределами применимости классической логики. Механика является фундаментальной

наукой первых всеобщих принципов, применимых к описанию любых феноменов как природных, так и техногенных. Рассматриваемая концепция подтверждает научно-прикладное вторжение рациональной механики в ранее недоступные для нее области естественных наук. Поскольку пространственные волновые поля составляют системообразующую основу и являются средой обитания человека, остановимся более подробно на информационно-методологических аспектах обеспечения экотехнологической безопасности.

Из множества всеобщих свойств и существенных физических факторов окружающего нас мира, представляющих потенциальную экотехнологическую опасность для жизнедеятельности человека, важнейшим следует считать **природное проявление прочности**. Свойство прочности, характеризующее текущий эксплуатационный ресурс конструкции, присущее любому объекту материального мира как природного, так и техногенного происхождения, и является важнейшим критерием состояния среды обитания, поскольку от него зависят не только здоровье, комфортность и успешность жизнедеятельности, но прежде всего возможность и безопасность самого существования жизни. Понятие прочности настолько вошло в повседневные привычки, что ощущается как само-собой разумеющееся свойство бытия. К сожалению, это далеко не так.

Современное общество регулярно переживает потрясения от чрезвычайных ситуаций на объектах ПТС, потерявших по совокупности причин и обстоятельств свойство прочности. Именно системное динамическое равновесие (гомеостаз) спектра энергетических воздействий, сбалансированное конструкционной способностью сопротивления им и реализует фундаментальное природное физическое свойство прочности. Первопричины и последствия всех без исключения аварий и катастроф техногенного характера связаны с потерей или исчерпанием ресурса прочности машин и сооружений. В то же время параметры, определяющие прочность, могут быть достаточно корректно формализованы. Известно, что прочность, как способность материала сопротивляться внешним воздействиям, обеспечивается тогда, когда физико-механические свойства любого сооружения или механизма находятся в пределах области упругих деформаций. Упругие деформации проявляются как свойство материала конструкции сопротивляться возмущающим факторам, как внешним, так и внутренним, а при исчезновении возмущений свойство упругости возвращает область объектного воздействия в прежнее состояние. Находящиеся за пределами упругих, пластические деформации проявляются как неспособность сохранения упругих свойств, в результате чего после прекращения возмущающих воздействий объект не возвращается в исходное состояние. Свойства прочности характеризуются обширной совокупностью связанных физических параметров, главными из которых являются модули (коэффициенты преобразования) упругости и деформации. Граница упругих и пластических деформаций, зависящая от множества собственных свойств и состояний объекта, а также совокупности внешних факторов, включая условия эксплуатации, определяет пределы прочности материалов конструкций и безопасности механических объектов среды обитания в целом [4].

По механизму реакции на воздействия возмущающих факторов и проявление собственных динамических свойств можно выделить три принципиально разных класса механических объектов и систем, представляющих опасность для человека:

а) - силовые статические конструкции, предназначенные для преодоления пространственно-временных статических и динамических природно-технических воздействий; к этой группе относится промышленное, гражданское, транспортное,

военное и общественное строительство, а также природные сейсмоопасные объекты; в их числе несущие нагруженные конструкции зданий и сооружений, фундаменты, опоры, мосты, вантовые конструкции, метро, монорельсовые и скоростные магистрали, трубопроводы, тоннели и другие техносферные компоненты транспортных ПТС; интегральным прочностным показателем этой группы являются ресурсные характеристики напряженно-деформированных состояний конструкций.

б) - силовые динамические агрегаты, машины и механизмы, преобразующие энергию в движение или наоборот; к ним относятся все машины и механизмы, всё, что движется и вращается - от колеса и транспортных средств до турбоагрегатов и космических аппаратов; это двигатели, турбины, компрессоры, генераторы, насосы и иные силовые агрегаты в авиации, энергетике, транспортировке топлива, в тяжелом машиностроении, на транспорте; прочностным показателем этой группы являются интегральные вибрационно-диагностические деформационные характеристики агрегатов.

в) – гидродинамические системы, реализующие антропогенно-природное взаимодействие объектов с акваториями; к ним относятся плотины, причалы, морские платформы, подводные трубопроводы и морской транспорт; механическим показателем этой группы являются гидроакустические идентификационные характеристики состояний водных сред.

Теоретически доказано и экспериментально подтверждено, что динамические и статические воздействия на механические объекты приводят к адекватной энергетической реакции материала конструкции, поэтому всеобщее распространение при оценке текущего эксплуатационного состояния объектов ПТС получил энергетический подход. В его основе фундаментальные законы и принципы механики сплошных сред. Реализуемые в адекватных гомеостатических моделях причинно-следственных отношений взаимодействия внешних силовых факторов с внутренними энергетическими состояниями материалов раскрывается смысл физических закономерностей трансформации напряженно-деформированных состояний (НДС) и понимание происходящих взаимодействий в процессе эксплуатации объекта.

Все механические процессы носят волновой пространственно-временной системный (тензорный) характер, что принципиально важно для достоверной оценки значения текущего эксплуатационного ресурса конструкционной прочности. Изучая упругие системы следует ограничиться рассмотрением процессов распространения волновых колебаний в сплошных средах. В этом случае локальное нарушение сплошности материала конструкции в форме неоднородности свойств или даже трещины на микроструктурном уровне свидетельствует о начале необратимого процесса зарождения потенциально опасного дефекта. Таким образом, факт изменения гомеостатического портрета может быть диагностическим признаком образования дефекта состояния на ранней стадии его зарождения [5].

III. НОВАЯ ПАРАДИГМА ЭКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Понимание физической модели эксплуатационных состояний конструкционной прочности позволяет обосновать полевую парадигму оценки текущего ресурса механических систем, объединяющая физические понятия и представления о волновых полях механических систем [6]. В основе парадигмы концепция тензорного преобразования механических воздействий в диагностические параметры контурных деформационных полей и методологию многомерной пространственно-временной реконструкции анизотропно-прочностных свойств для достоверной оценки текущего эксплуатационного ресурса и прогноза безопасной эксплуатации. При этом, Волновая

информационная технология (ВИТ) может позиционироваться как измерительно-аналитический инструментарий, адекватный природному пространственно-временному синтезу упругих процессов в полевой механической среде. Полевая механика – это новый системный подход к пониманию природы прочности и обеспечению безопасности среды обитания на основе современных знаний о волновых полях [7].

Полевая механика выделяет несколько общих принципов динамики полевой среды, в частности, принцип непрерывности, в согласии с которым полевая среда не может появляться из ничего и исчезать в никуда, принцип близкодействия, по которому возмущения из одной области полевой среды в виде волн передаются в соседние области, а также принцип суперпозиции, имеющий важнейшее значение как для понимания собственно деформационных реакций полевой среды, так и для метрологических преобразований диагностических волновых параметров полевой среды. Механизм взаимодействия материальных точек посредством полевой среды математически описывается в рамках полевого уравнения движения, которое и является ядром полевой механики. По сути, это самостоятельная ветвь физической науки, свои философия, методология, программирование и математика. При этом компьютерные технологии, используемые для реконструкции и визуализации полей, ни влиять на физику процессов, ни подвергаться их влиянию не могут.

Связь парадигмы общепринятого скалярного вибромониторинга «по регламенту» с целевыми диагностическими функциями векторно-фазового мониторинга волнового деформационного поля «по текущему состоянию» показана на Рис. 3.

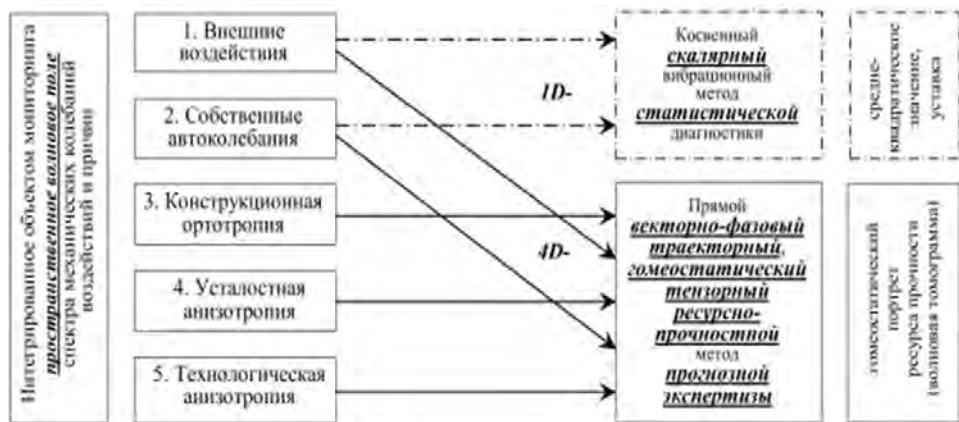


Рис. 3 Скалярная и полевая парадигмы мониторинга механических полей

Полевая парадигма оценки механических систем, объединяющая физические понятия и представления о волновых механических полях, концепцию тензорного преобразования механических воздействий в диагностические параметры контурных деформационных полей и методологию многомерной пространственно-временной реконструкции анизотропно-прочностных свойств для достоверной оценки текущего эксплуатационного ресурса прочности и прогноза безопасной эксплуатации. ВИТ может позиционироваться как адекватный инструмент полевой механики, а системный подход представляется не столько количественным, сколько качественным шагом в понимании накопленных знаний о волновых полях.

Скалярная парадигма диагностического вибромониторинга основана на измерении спектра амплитуд вибрации в проекциях на измерительные оси скалярных 1D-

вибропреобразователей для последующего сравнения со статистическими регламентированными уставками, на основании которого оператор принимает формальное решение о возможности продолжения эксплуатации или выводу оборудования в ремонт.

Волновая векторно-фазовая польевая парадигма мониторинга волновых деформационных полей основана на реконструкции букета пространственно-временных 4D-траекторий через связанное временем измерение проекций измеряемых векторов на измерительные оси векторных 3D-вибропреобразователей для последующего сравнения с расчетно-эксплуатационными моделями объекта, на основании которого принимается обоснованное решение о возможности продолжения эксплуатации или выводу оборудования в ремонт с оценкой рисков принимаемых решений. Волновой подход позволяет создавать встроенные экспертные кибернетические системы реального времени для **своевременного предупреждения аварийных ситуаций и предотвращения экотехнологических катастроф** [8].

В Польевой физике приобретают новый смысл такие важные понятия, как колебания и время, пространство и фаза, спектральное взаимодействие и тензорное преобразование анизотропно-деформационных полей. Новая парадигма отражает единообразный порядок и познаваемость, логичность и гармонию, практический смысл и достоверность, высокую информативность и наглядность, фундаментальный характер и универсальность приложений. Фактически это вторая часть научно-технической революции, которая должна была произойти еще столетие назад и перевести эмпирическую скалярную виброметрию на новый качественный уровень адекватного природе представления о динамике деформационных полей. Таким образом, в рамках польевой парадигмы предложен инновационный метод, претендующий на роль прорывной Волновой информационной технологии безопасности, фундаментальный и универсальный для всех областей машиностроения и строительства.

Польевая философия во многом способствует восприятию единого целостного устройства и гармонии среды обитания - окружающего нас механического мира. А сам мир несет в себе разумное и объяснимое содержание. Поэтому польевый подход и приводит к множеству принципиально новых, порой неожиданных результатов, к пониманию природы деформационных процессов механических систем, позволяющему достоверно оценивать эксплуатационный ресурс прочности и техногенную безопасность среды обитания.

IV. Информационный подход к экотехнологической безопасности

Озабоченность общества состоянием техногенной безопасности реализуется в сфере технического регулирования. Технические регламенты призваны формировать системный подход к обеспечению безопасности жизнедеятельности через законы, национальные стандарты, отраслевые нормы и правила. Практический опыт основателя Сибирского научного центра мониторинга (СНЦМ) и ООО НПЦ «Динамика» д.т.н., профессора, академика РИА В.Н.Костюкова свидетельствует о том, что имеется несколько организационно-технических уровней управления, позволяющих значительно снижать аварийность и техногенную опасность [9].

В первую очередь, это относится к проектной документации новых и реконструируемых объектов промышленности и строительства. Компетентное выполнение статистически обоснованных требований по обеспечению безопасности позволяет избежать грубых ошибок в проектных и технологических решениях. Однако, **важнейшим фактором гарантированной безопасности является** не изменение

нормативов в сторону их ужесточения, как это подчас декларируется, а **повышение достоверности метрологических технологий**.

Во-вторых, в процессе производства или строительства необходимо избежать отклонений от проекта, снижающих качество. Это задача технического надзора заказчика, которая может быть решена профессионально только с привлечением эффективного методического и программно-аппаратного **метрологического аналитического инструментария**.

Третьим, самым главным и массовым, в смысле общественной безопасности, уровнем является непрерывный мониторинг (эксплуатационная экспертиза) объектов путем технической диагностики на основе методов **неразрушающего контроля** и анализа с целью достоверного определения степени опасности - изношенности и «текущего состояния» остаточного эксплуатационного ресурса конструкционной прочности. Достоверная диагностика позволяет с высокой степенью надежности и экономичности определять места проведения, физические объемы и минимально обоснованные метрологические ресурсы, необходимые для поддержания нормативного уровня безопасности.

Все три системных уровня безопасности эффективны только при условии информационного подхода к достоверной оценке параметров эксплуатационного ресурса агрегатов и конструкций. Поэтому пространственный объектный мониторинг в промышленности и строительстве в рамках общегосударственной системы надзора, лицензирования и страхования рисков «необходимо рассматривать как элемент национальной системы безопасности и защиты от экстремальных воздействий путем принятия превентивных мер для защиты от рисков» на всех этапах производства и эксплуатации. Следует заметить, что наиболее эффективной и наименее затратной формой страхования техногенных рисков, обусловленных стохастичностью и неритмичностью процессов, является **интеллектуальный мониторинг или научное сопровождение** объектов надзора на всех стадиях жизненного цикла. Именно научное сопровождение может обеспечить эффективное применение инновационных технологий безопасности в реальной жизни [10].

Одним из наиболее креативных опережающих направлений прикладных исследований по рассматриваемой фундаментальной проблеме являются адекватные природному синтезу ПТС научно-методические основы пространственно-временного метода **спектральной многопараметрической реконструкции векторно-фазовых гомеостатических портретов волновых физических полей** [11]. Лидеры мирового рынка систем мониторинга, признавая приоритет задачи повышения информативности о процессах, представляющих техногенную опасность, реализуют её увеличением количества 1D-сенсоров с опорой на статистический анализ результатов мониторинга.

V. Эффективность отраслевых приложений

Из всех известных научно-прикладных способов задачу техногенеза наиболее информативно решают инструментальные средства ВИТ-технологии, в основе которой признанные наукой и промышленностью новые опережающие подходы:

1. Векторные приемники механических колебаний (V-приемники).

Сравнительные испытания в АО «Газпром» показали, что в стационарных режимах информативность векторных измерений от 1,5 до 4 раз отличается от штатных моноскопических датчиков. Отраслевая экспертиза по «Внутрикорпоративным правилам оценки эффективности НИОКР», утвержденная приказом АО «Газпром» №70 от 16 августа 2004 г., показала следующие расчетные показатели эффективности

инновации в отрасли: интегральный ежегодный эффект применения в 150 из 706 компрессорных цехов оценивается в 90,3 млн. руб. в ценах 2003г. АО «Газпром» является патентовладельцем изобретения векторных приемников [12].

2. Волновой векторно-фазовый метод реконструкции измерений (W-мониторинг). По отзывам ЦНИИС, «...наблюдаемое в последние годы стремление к объективной аппаратно-программной реконструкции НДС «по текущему состоянию» представляется актуальным. Метод волновой томографии позволяет воссоздать достоверный вибродинамический волновой деформационный портрет объекта. Адекватность прямых методов оценки текущего эксплуатационного ресурса прочности на порядок выше косвенных методов. Вероятность объективной оценки прогноза техногенной опасности сооружений поднимается до 72÷87% » [13].

3. Аппаратно-программный комплекс волновой реконструкции параметров деформационных полей (АПК-РДП) [14].

Основные результаты исследовательских внедрений ВИТ-технологии подтверждают высокий уровень оперативной оценки НДС и ресурсно-прочностных характеристик объектов мониторинга с получением значительного экономического эффекта:

- прогноз и предотвращение критических ситуаций и техногенных катастроф при эксплуатации объектов ТЭК подтверждают высокую достоверности прогноза на основе векторно-фазового метода мониторинга. По оценке экспертов РАН «своевременное внедрение ВИТ-технологии на Саяно-Шушенской ГЭС обошлось бы менее 0,03% от потерь экономики вследствие случившейся техногенной катастрофы»;

- сокращение, в среднем, на 7...10% затрат на выполнение модернизации, ремонтов и наладки механизмов, конструкций и сооружений за счет оптимизации их сроков и объемов, расходования материалов и комплектующих, общего повышения качества выполнения работ, подкрепленных претензионными аргументами;

- снижение аварийности, предотвращение критических ситуаций и техногенных катастроф путём формирования программы реконструкции объектов (первоочередность наиболее критичных объектов), текущих и капитальных ремонтов с целью продления срока эксплуатации по критерию минимума затрат;

- сокращение сроков ввода объектов капитального строительства и реконструкции при проведении пуско-наладочных работ и сдаче объектов в эксплуатацию;

- сокращение, в среднем, на 25% затрат на проведение анизотропно-прочностной экспертизы объектов за счет многократного повышения достоверности ВИТ-мониторинга и снижения его трудоемкости;

- сокращение затрат на диагностику «классическими методами» на новых объектах капитального строительства и реконструкции;

- сокращение потерь прибыли из-за перебоев в технологических процессах, вызванных аварийными и критическими состояниями механизмов, конструкций и сооружений.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Значительная часть оборудования, механизмов, конструкций и сооружений на предприятиях машиностроения, ТЭК и строительства исчерпала заложенный при создании ресурс, что создает определенные сложности в эксплуатации объектов при организации технологических процессов на необходимом безопасном уровне. Отсутствие, в т.ч. на новых объектах капитального строительства, эффективных, созданных на базе новых высоконформативных технологий достоверных знаний, систем непрерывного мониторинга и прогноза эксплуатационного состояния повышает

их технологическую угрозу для производства и опасность жизнедеятельности персонала. Существующие технические решения в большинстве случаев не дают всей полноты скрытой, динамично изменяющейся в процессе эксплуатации информации для принятия управлеченческих решений о порядке (очередности) проведения реконструкции объектов, текущих и капитальных ремонтов с целью снижения аварийности и предотвращения критических ситуаций.

Вместе с тем, задача адекватной оценки текущего состояния эксплуатационного ресурса прочности и прогноза гомеостаза технологических объектов повышенной опасности, использование диагностической информации в реальном времени постоянно, в том числе и на диспетчерских пунктах автоматизированного управления, является ключевой для обеспечения глобальной техногенной безопасности ПТС.

Оценка и прогнозирование экотехнологического развития относится к числу задач не только решение, но даже и адекватная постановка которых имеет далеко не тривиальный характер. Уже сам недостаточно обоснованный подбор аналитических показателей и диагностических параметров, используемых при постановке задачи, может привести к неадекватному отображению процессов техногенеза, и в результате получаемые на этой основе оценки и прогнозы, при всей видимости их достоверности, будут давать искаженное представление о реальном состоянии объекта. Недостоверная информация приводит к принятию ошибочных управлеченческих решений и может быть чревата катастрофическими последствиями для регионов и даже государства.

Поскольку силовые агрегаты и конструкции статических объектов ПТС подчиняются законам механики и характеризуются НДС, их физику отражают волновые спектральные пространственно-временные процессы динамического равновесия (гомеостаза) внешних воздействий и собственно ресурсно-прочностных свойств объектов. Использование методов объектной волновой томографии на основе векторно-фазового спектрального анализа для диагностики анизотропно-прочностных параметров деформационных полей позволяет получать достоверные гомеостатические портреты объектов, своевременно и более тонко оценивать влияния циклических, ударных, динамических, климатических и сейсмических нагрузок на объекты техносферных компонентов ПТС, контролировать и прогнозировать безопасное функционирование объектов на всех этапах жизненного цикла, эффективно управлять техногенными рисками и предотвращать катастрофы.

Интеграция фундаментальных междисциплинарных знаний опережающих технологических решений ВИТ-технологии позволила научно обосновать и методически обеспечить системный подход и технологическое превосходство в перспективных межвидовых исследованиях для создания креативного универсального инструментария достоверного наблюдения, адекватного анализа и эффективного управления созданием и эксплуатацией конкурентоспособной импортонезависимой новой техники. Подход обеспечивает и устойчивое лидерство на рынке ИТ безопасности во всех сферах жизнедеятельности человека и устойчивого развития Общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Воробьев Ю.Л. Основные направления государственной стратегии управления рисками // Безопасность Евразии. 2001, №2, С.526-544.
- [2] Сперанский А.А. и др. Фундаментальный поход к реконструкции механических полей для оценки эксплуатационных свойств изделий оборонпрома. Двигатель, №1... №3, 2009г. / издание ВАК..

- [3] Лещенко А.П. Фундаментальная строительная механика упругих систем // Феномен XXI века, Сфинкс, Таганрог, 2003. С. 975.
- [4] Цернант А.А., Сперанский А.А. и др.. Системотехника вибромониторинга строительных конструкций. БСТ, №11, С. 49-60, 2009.
- [5] Сперанский А.А., Малютин Д.В., Вагин В.В. Волновое фазочувствительное преобразование пространственных деформаций механических полей в задачах обеспечения национальной техногенной безопасности. Интеграл, №12, С. 62-64, 2006., №1, С. 6-68, 2007.
- [6] Репченко О.Н. Полявая физика или как устроен Мир. М. Галерия. 2005.
- [7] Сперанский А.А., Бельский А.Б. Информационно-метрологическая технология наблюдения и прогноза состояния для предотвращения аварий техногенных объектов. Инновации, №9, С. 46-53, 2015.
- [8] Сперанский А.А., Михеев А.А., Михайлов Г.Г. Интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной системообразующей основы перспективных межвидовых исследований. Двигатель, №4, стр.10-23, 2015г. / издание ВАК.
- [9] Костюков В.Н., Науменко А.П. Вибраакустическая диагностика поршневых машин крейцкопфного типа // Динамика систем, механизмов и машин: матер. III Междунар. науч. техн. конф. Омск, 1999. С. 207.
- [10] Гусев Б.В., Сперанский А.А., Жучков В.М. Научно-технологические инструменты устойчивого развития общества. Двигатель, №4, стр.50-35, 2015г. / издание ВАК.
- [11] Сперанский А.А. Гомеостатическое модельное проектирование как способ обеспечения техногенной безопасности при создании и эксплуатации объектов новой техники. Двигатель, №3, стр.28-33, 2013г. / издание ВАК.
- [12] Левитский Д.Н., Сперанский А.А. и др. Инновационные возможности программно-аппаратной реконструкции деформационных полей для диагностического мониторинга силовых агрегатов газотранспортных систем. Двигатель, №2, стр.24-26, 2008г. / издание ВАК.
- [13] Цернант А.А., Сперанский А.А. и др. Векторный вибромониторинг – инструмент объектной волновой томографии в строительстве. БСТ, №12, С.52-64, 2006.
- [14] Сперанский А.А., Прохоров А.И. Высокотехнологичные инструментальные возможности реконструкции параметров динамической прочности. Двигатель, №3, стр.40-41, 2010г. / издание ВАК.



VI ШКОЛА-СЕМИНАР

24 августа 2016 г.

**Оценка и управление
индустриальными рисками
в промышленной безопасности.
Мониторинг рисков сложных
и уникальных объектов**

Сборник материалов
Омск, 2016

VI ШКОЛА-СЕМИНАР
24 августа 2016 г.

**Оценка и управление
индустриальными рисками
в промышленной безопасности.
Мониторинг рисков сложных
и уникальных объектов**

**Сборник материалов
Омск, 2016**

**УДК 628.5
ББК ЗОн**

VI ШКОЛА-СЕМИНАР. 24 августа 2016 г. Оценка и управление индустриальными рисками в промышленной безопасности. Мониторинг рисков сложных и уникальных объектов. Сборник материалов. – Омск: типография «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»), 2016 г. – 222 с.

ISBN 978-5-8042-0505-9

Сборник содержит материалы VI школы-семинара «Оценка и управление индустриальными рисками в промышленной безопасности. Мониторинг рисков эксплуатации оборудования производственно-транспортного комплекса России», который прошел 24 августа 2016 г. в г. Омске под эгидой Научно-промышленного союза «Управление рисками, промышленная безопасность, контроль и мониторинг» (НПС «РИСКОМ»). Материалы посвящены общей теории рисков, управлению промышленной безопасностью на основе анализа и мониторинга рисков, мониторингу технического состояния и автоматической диагностике динамического и статического оборудования в режиме реального времени, а также оценке риска эксплуатации и остаточного ресурса технических устройств, зданий и сооружений.

**УДК 628.5
ББК ЗОн**

ISBN 978-5-8042-0505-9

© НПС «РИСКОМ», 2016
© ООО «НПЦ ДИНАМИКА», 2016
© Типография «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»), 2016

Уважаемые коллеги!

От имени ООО «Научно-производственный центр ДИНАМИКА – Диагностика, Надежность машин и Комплексная Автоматизация» в год 25-летия со дня основания Центра и 300-летия г. Омска сердечно приветствую участников VI школы-семинара «Оценка и управление индустриальными рисками в промышленной безопасности. Мониторинг рисков эксплуатации оборудования производственно-транспортного комплекса России». Очень рад, что вы нашли время для нашей встречи, которая позволит выработать новые перспективные подходы к совершенствованию комплексных систем мониторинга неисправностей и рисков безопасной эксплуатации оборудования производства и транспорта.

Искренне желаю вам плодотворной работы, хорошего познавательного отдыха и участия в праздничных мероприятиях в Центре и городе!

Председатель совета директоров ООО НПЦ Динамика,
д.т.н., профессор, академик РИА и МАОН,
генеральный конструктор систем мониторинга РИА,
лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники,
Костюков В.Н.

VI ШКОЛА-СЕМИНАР

24 августа 2016 г.

**Оценка и управление
индустриальными рисками
в промышленной безопасности.
Мониторинг рисков сложных
и уникальных объектов**

Подписано в печать 29.11.2016 г. Формат 60x90/16.
Печать офсетная. Бумага мелованная 90 г/м².
Печ. л. 13,88. Заказ № 276515. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»).
644007, г. Омск, ул. Орджоникидзе, 34. Тел. 8 (3812) 212-111.
www.zolotoytiраж.рф