

# ИНТЕГРАЦИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ЗНАНИЙ В КАЧЕСТВЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ОСНОВЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕЖВИДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Анатолий Алексеевич Сперанский**, вице-президент Российской инженерной академии, директор Института наукоемких инженерных технологий, руководитель рабочей группы председателя Коллегии ВПК  
**Александр Александрович Михеев**, генеральный директор АО "Вертолеты России", член коллегии Госкорпорации "Ростех"  
**Геннадий Геннадьевич Михайлов**, председатель Попечительского совета Научно-производственного технологического консорциума "Интро-ВИТ"

*"...на протяжении всей истории человечества нашу судьбу определяло владение инструментами наблюдения", японский физик Мичио Каку, "ФИЗИКА БУДУЩЕГО"*

*Интеграция фундаментальных междисциплинарных знаний на примере опережающих технологических решений Волновой информационной технологии позволила научно обосновать и методически обеспечить системный подход и технологическое превосходство в перспективных межвидовых исследованиях при создании креативного универсального инструментария достоверного наблюдения, адекватного анализа и эффективного управления созданием и эксплуатацией надежной и боеспособной техники. Подход обеспечивает импортонезависимость, конкурентоспособность и устойчивое лидерство на рынке IT техногенно-технологической безопасности во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает высокой социальной, экономической и экологической значимостью для устойчивого развития Общества.*

**Ключевые слова:** междисциплинарные знания, перспективные межвидовые исследования, инструменты наблюдения, технологическое лидерство, импортонезависимость, конкурентоспособность, устойчивое развитие общества.

## НОВЫЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЙ

Оборонные исследования ведущих промышленно развитых стран ориентированы на прорывные критические технологии обеспечения безопасности государства. Страны второго и третьего мира довольствуются совершенствованием традиционных платформ вооружений и безопасности. Оба пути решения проблемы безопасности стран предполагают надежную эксплуатацию создаваемых вооружений, обеспечивая их техногенно-технологическую безопасность на всех этапах жизненного цикла в соответствии с Тактико-техническими требованиями и характеристиками (ТТТ/ТТХ). Поменяв местами задачу (опережающие технологии вооружений) и цель (безопасность государства), приходим к однозначному выводу: решение проблемы безопасности государства достигается прорывным технологическим уровнем вооружений, важнейшими компонентами которого являются технологическая безопасность создания и техногенная безопасность эксплуатации.

В условиях жестких санкций инвестиционно-финансово-технологической блокады Запада и не полностью решенной проблемы импортонезависимости, для Российской Федерации чрезвычайно большое значение имеет научно-технологическое превосходство в системных областях знаний. Как отмечено в аналитических материалах российского Фонда перспективных исследований (ФПИ), "...если Россия упустит время, последствия могут оказаться тяжелыми: отставание в оборонных отраслях придется наверстывать десятилетиями, а качественные изменения могут обеспечить противнику подавляющее превосходство в боеспособности и, как следствие, подорвать возможности Вооруженных сил России по защите суверенитета и целостности страны, жизни и свободы ее граждан".

Применительно к гражданским объектам новой техники инструментом обеспечения надежности и безопасности эксплуатации являются мониторинг и диагностика состояний в реальном времени, а применительно к вооружениям инструментом обеспе-

чения боеготовности и боеспособности является непрерывная экспертиза соответствия ТТХ. Надежная исправная эксплуатация вооружений является ключевым фактором решения проблемы боеготовности, обеспечивая непрерывное соответствие ТТХ и подавляющее превосходство в боеспособности. На рис. 1 представлено тождественное соответствие инструментов наблюдения состояний в инженерной тактике и оборонной стратегии. Важно отметить функциональное соответствие на верхнем уровне и полное тождественное целевое соответствие нижнего уровня. Из структурного соответствия следует, что боеготовность и боеспособность вооружений в своей первооснове инструментально обеспечиваются методами мониторинга и диагностики состояний.

Экспертиза соответствия (ЭС) ТТХ как научно обоснованный модельный метод и информационная технология высокого уровня может быть эффективно реализована только в полном жизненном цикле, начиная с постановки научно-технической задачи путем



Рис. 1 Инженерная тактика и оборонная стратегия наблюдений

формирования **обоснования** Технических требований и согласованного Технического задания на разработку образца новой техники. **Выполнению ТТХ** посвящены этапы создания проектной модели, конструирования и технологической подготовки производства экспериментального образца. **Соответствие ТТХ** обеспечивается на этапах изготовления, испытаний, доводки и сертификации образца в соответствии с действующими регламентами. Центральную роль метод **Экспертизы соответствия ТТХ** (ЭС ТТХ) играет на этапе научного сопровождения эксплуатации серийных изделий созданного и сданного на вооружения вида (рис. 2).



Рис. 2 Замкнутый цикл экспертизы соответствия ТТХ

Экспертиза соответствия ТТХ реализуется в виде универсального комплекса междисциплинарных задач **достоверного наблюдения и контроля** текущих эксплуатационных состояний силовых агрегатов и конструкций полного спектра видов вооружений, адекватной природному синтезу виртуальной **реконструкции гомеостаза** процессов, режимов и состояний, системной **диагностической экспертизы** трендов их отклонений от заданных ТТХ и кибернетической **оптимизации управления рисками** принятия решений в процессе выполнения боевых задач. Первый кластер комплекса ЭС ТТХ успешно реализуется в приложениях путем интеграции опережающих технологических решений Волновой информационной технологий (ВИТ). Второй кластер комплекса ЭС ТТХ разработан структурно с опорой на методы **проектного моделирования**, динамического **прогноза гомеостаза**, интеллектуальных регламентов **принятия решений** и предназначен для управления соответствием ТТХ путем интеграции опережающих технологических решений Гомеостатического анализа состояний (ГАС). Реализация второго кластера комплекса ЭС ТТХ является началом перехода **от экспертизы соответствия ТТХ к поддержанию соответствия ТТХ**, что равноценно задаче адаптивного управления ТТХ вооружения (рис. 3). Предложен принципиально новый системный взгляд на обеспечение боеспособности всех видов вооружений через **формирование** при создании и поддержание в процессе эксплуатации тактико-технических характеристик механических объектов и систем. Задача амбициозная, но в случае её реализации возможен существенный технологический прорыв.



Рис. 3 Переход от экспертизы к поддержанию соответствия ТТХ

Универсальной и системной основой наблюдения штатных и критических эксплуатационных состояний перспективных межвидовых разработок являются интегрированные междисциплинарные решения Волновой информационной технологии. Научная идея ВИТ состоит в **исследовании перспективных опережающих технологических решений оценки текущего эксплуатационного и прогнозного состояний ресурса конструкционной прочности силовых агрегатов и конструкций для разработки межвидовых приложений ВИТ в авиационно-космических, морских, сухопутных и других системах вооружений и оборонной инфраструктуре Вооруженных сил (ВС)**. Цель научной идеи состоит в **исследовании фундаментальных основ квантово-волновых процессов напряженно-деформированных состояний конструкционных материалов и объектов механических систем для разработки прикладных методов достоверной экспертизы текущих эксплуатационных состояний и импортонезависимых технологических решений опережающего научно-технического уровня, обеспечивающих высокую боеготовность, конкурентоспособность и соответствие систем вооружений перспективным ТТХ**.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РЕШАЕМОЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ**

Знаковые катастрофы более тридцати лет убедительно демонстрируют, что технологическая революция XX века настолько интенсифицировала масштабы конкуренции, что жертвами промышленного развития общества стали сам человек и среда его обитания. Нарушение технологических регламентов на Чернобыльской АЭС, атомной подлодке "Курск", Каширской ГРЭС, пожар на Останкинской телебашне, саморазрушение аквапарков и складов боеприпасов, серия неудачных запусков ракет и космических аппаратов - звенья одной цепи. Существенно участились аварии с массовым тяжелым исходом в авиации, наземном и морском транспорте. Апофеозом стало несоблюдение технологической дисциплины на Саяно-Шушенской ГЭС, нефтеплатформе British Petroleum и АЭС "Фукусима". Приведённая на рис. 4 информация свидетельствует о деградации системы технологического надзора за критически важными для жизнедеятельности человека гражданскими и военными инженерными объектами.

Объективно сложившееся в форме жесткой конкуренции активное противостояние вооружений постоянно ускоряет воспроизводство уникальных инновационных достижений в виде сложных инженерно-технических объектов и систем, которые вследствие дефицита временных, финансовых, материальных и технологических ресурсов несут потенциальные технопатогенные угрозы, связанные с их непредсказуемым функционированием. В обществе **не решена проблема научного изучения факторов и причин опасных эксплуатационных режимов и состояний, оперативной диагностики, формирования прогноза, предупреждения и предотвращения потерь**. Проблемы техногенных и экотехнологических опасностей имеют глобальный системный характер, а их последствия

**Мировая статистика за 10 лет**

мировые экономические потери от природных и техногенных катастроф (общий ущерб от чрезвычайных ситуаций) **в 2001 году составили \$ 144,4 млрд, в 2009 году составили \$ 63 млрд, а в 2010 году - \$ 222 млрд** при количестве погибших более 260 тыс. чел.

доля техногенных катастроф (ТК) составляет примерно 35% от числа природных катастроф (ПК) или 25% от общего числа чрезвычайных ситуаций (ЧС)

Потери японской экономики от ПК и ТК оцениваются в \$ 1 трлн  
Потери от антропогенных ЧС составляют от 1,2 до 3,7% ВВП

Рис. 4 Мировая статистика потерь от чрезвычайных ситуаций

наносят неисчислимые бедствия, материальные, финансовые, экологические и людские потери. **В сфере обороны** указанные проблемы ведут к **несоответствию ТТХ, снижению и потере боеспособности вооружений и инфраструктуры выполнения боевых задач. Оборонные технологии индустриальных стран отражают достигнутый уровень фундаментальных научных исследований**, которые имеют своей целью реализацию их прикладных возможностей в опережающих инновационно-технологических решениях.

Предлагаемое решение проблемы опирается на фундаментальные научные знания классической механики упругих систем, системный комплекс опережающих технологических решений Волнового мониторинга состояний и траекторный спектральный анализ текущих напряженно-деформированных состояний (НДС), комплексно образующих ВИТ. Подход основан на **достоверном понимании физических процессов природного синтеза, адекватном ему научном анализе текущих состояний и эффективном управлении потенциально опасными объектами**, обеспечивающими национальную безопасность.

Наблюдение состояний как **направление исследований основано на повышении мерности измерений, многопараметрическом анализе текущих состояний и прогнозе неисправностей на ранней стадии их зарождения, что соответствует современным трендам развития науки, техники и технологий.** По мнению ведущих ученых РАН, **"...глобальный экотехнологический мониторинг может стать транснациональной сверхзадачей. По масштабу и важности она сравнима с разработкой стратегических вооружений и космическими программами, от которых в своё время зависело будущее великих держав..."**.

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ВОЛНОВОЙ W-КЛАСТЕР**

В рамках инициативных межвидовых оборонных исследований решается тематически связанный комплекс междисциплинарных задач:

I. Создание инструментальных средств 3D-измерения волновых параметров (приемников) линейных механических колебаний (ЛМК) (рис. 5 и 6).

II. Создание инструментального средства (АПК) траекторной 4D-реконструкции диагностических параметров волновых измерений ЛМК (рис. 7 и 8).

III. Создание инструментального средства (АПК) 4D-реконструкции спектральных портретов физических (напряженно-деформированных) состояний механических полей в измерительной точке (ИТ) (рис. 9 и 10).

IV. Создание инструментального средства многопараметри-

ческой реконструкции и отображения (визуализации) LT-состояний (рис. 11).

V. Научно-технологическое обеспечение комплекса фундаментальных исследований волновых процессов, режимов и состояний

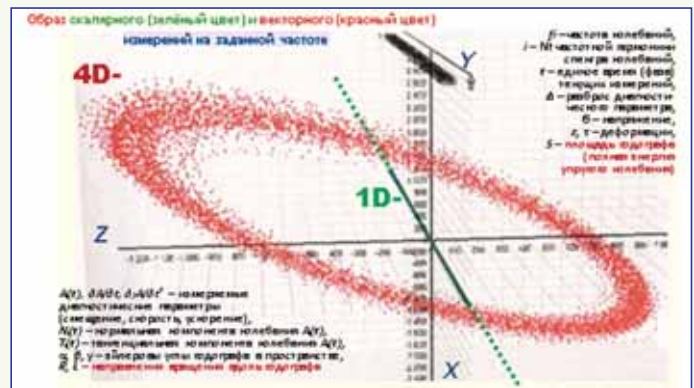


Рис. 8 3D-годограф колебаний



Рис. 9 4D-эллиптический годограф

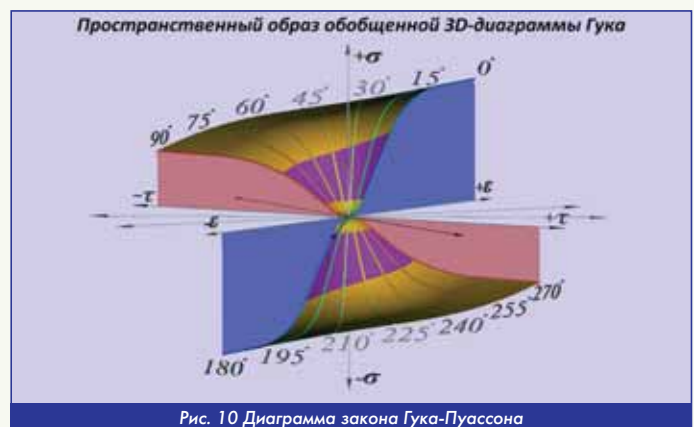


Рис. 10 Диаграмма закона Гука-Пуассона



Рис. 5 3D-приемник ЛМК /РФ



Рис. 6 Приемник (3 x 1D- + 2 x 1D-) /EU

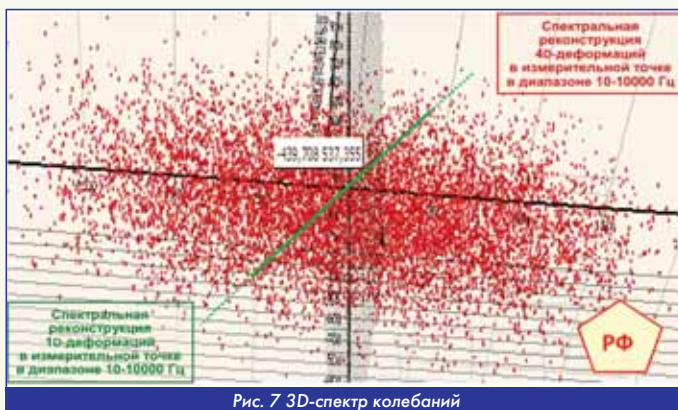


Рис. 7 3D-спектр колебаний

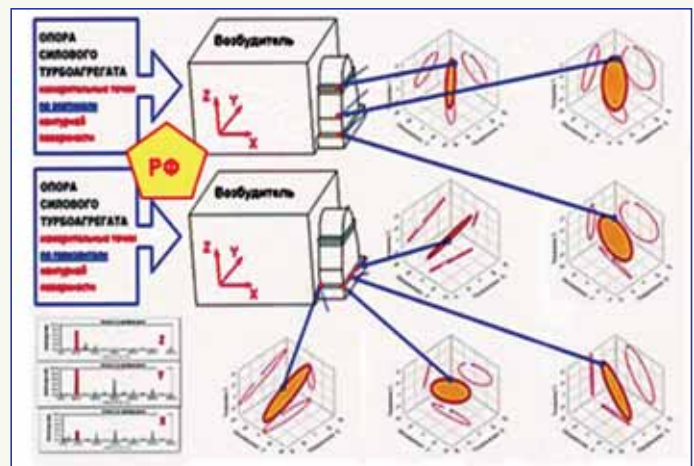


Рис. 11 4D-реконструкция поля годографов деформаций в измерительных точках

конструкционных материалов и изделий из них с применением инновационных инструментальных средств и методов кластера (рис. 12).

VI. Проведение перспективных фундаментальных и прикладных межвидовых исследований процессов, режимов и состояний конструкционных материалов и изделий из них с применением инструментальных средств и методов кластера (рис. 13).

VII. Научно-технологическое обеспечение фундаментальных и прикладных исследований эксплуатационных состояний, текущего ресурса и прогнозного тренда конструкционной прочности с применением инновационных инструментальных средств и методов гомеостатического анализа состояний (ГАС). Усилия сконцентрированы на уникальном с точки зрения безопасности эксплуатации объекте - вертолете, в конструкции которого как нигде собраны все виды механики: теоретическая механика силовых машин и механизмов, строительная механика силовых конструкций и аэромеханика воздушных винтов (рис. 14).

VIII. Технологическая перспектива - Модельная стратегия технологического лидерства.

Междисциплинарные возможности универсальных межвидовых приложений фундаментальной научной идеи Волнового (Wave) кластера "ВИТ на основе ВМС" (далее W-кластер) выходят за пределы поставленной в исследованиях цели и могут стать пилотным информационно-метрологическим проектом системной экспертизы техногенеза интеллектуальных решений VI технологического уклада.

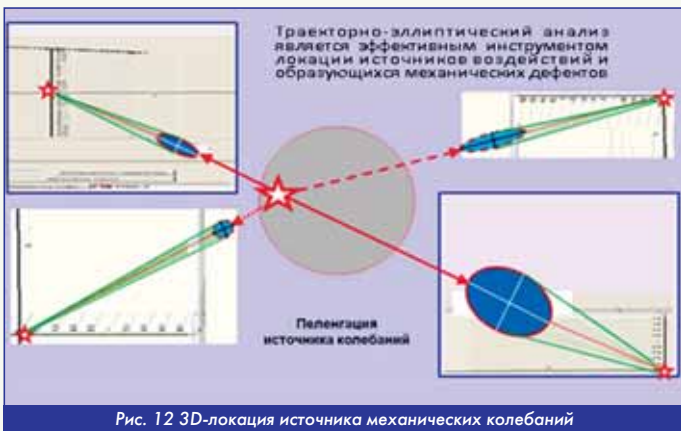


Рис. 12 3D-локация источника механических колебаний



Рис. 13 Тензорное энергетическое преобразование состояния (НДС)



Рис. 14 Мультифизическая полидинамическая система мониторинга вертолета

## ВАЖНОСТЬ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ ВОЛНОВЫМ ИНСТРУМЕНТАРИЕМ

Приводятся подтвержденные в многочисленных научно-исследовательских приложениях прорывные информационно-диагностические возможности W-кластера:

1. Системное внедрение опережающих технологических решений W-кластера эффективно снимает фундаментальную научно-технологическую **проблему достоверности наблюдения текущих ресурсных состояний** потенциально опасных объектов механических систем (ОМС). W-кластер решает эту глобальную проблему механики упругих систем адекватно её природному синтезу. Волновой мониторинг текущих состояний ОМС является эффективным инструментом надзора за эксплуатационной безопасностью:

а) обнаружения в конструкционных материалах микроструктурных **дефектов на ранней стадии их зарождения**, независимо от причины;

б) своевременного **прогнозного предупреждения о техногенной и экотехнологической опасности**;

в) **предотвращения аварийных состояний, техногенных и технологических катастроф** во всех сферах жизнедеятельности человека, особенно в оборонно-промышленном комплексе с характерными для него высокотехнологичными опережающими решениями.

2. Приведенные технологические возможности W-кластера существенно повышают прогнозно-диагностические перспективы **безопасной эксплуатации, надежности и, следовательно, боеготовности** вооружений и оборонной инфраструктуры ВС в целом. Перевод эксплуатации с регламентов на непрерывный контроль и **наблюдение текущего состояния является главным технологическим вектором и дает существенный экономический эффект в оборонной и промышленных сферах жизнедеятельности.**

3. Задачи W-кластера решают проблему **эффективности Федеральной системы мониторинга инфраструктуры** (ФСМ КВО и ОП), которая до настоящего времени обеспечивает "Глонасс" усеченной субъективной информацией о состоянии опасных объектов, начиная с уровня дежурных диспетчеров районных служб МЧС. W-кластер реализует эффективный и достоверный автоматизированный мониторинг фактического ресурсного эксплуатационного состояния всех опасных объектов в реальном времени.

4. Отсутствие эффективных автоматизированных систем мониторинга на опасных объектах наносит **значительный материальный и социальный ущерб экономике и безопасности страны.** Например, технологическая халатность и безответственность на Саяно-Шушенской ГЭС, без учета потенциальной экологической угрозы случившегося, оценивается прессой в размере около 80 млрд рублей. А стоимость современной АС эффективного мониторинга агрегатов ГЭС оценивается в 0,03 % от понесенного ущерба.

5. Мобильная диагностика текущих эксплуатационных состояний опасных ОМС является **главным мировым научно-технологическим трендом в области техногенной и экотехнологической безопасности.** Актуальным решением международного сообщества является введенный в действие 19-й протокол ИКАО, обязывающий правительства всех стран обеспечить гарантированный контроль безопасного текущего эксплуатационного состояния воздушных судов в полете. Протокол **запрещает эксплуатацию судов, не оснащенных системой текущего мониторинга**, и является основанием ограничения экспорта и импорта таких ВС. Россия в явном виде попадает под указанные ограничения в области авиационной, прежде всего, вертолетной техники. Интересно, что к 1 июля 2015 года завершена госпрограмма оснащения системой HUMS всех боевых вертолетов США.

6. Лидерами мирового рынка систем мониторинга безопасности являются компания Honeywell (технология HUMS в авиации) и компания Hewlett-Packard (технология MEMS в строительстве). Отечественный комплекс технологий W-кластера **в сравнении с лидерами обладает системным набором опережающих технологических решений** и получил высокую оценку industriальных исследовательских приложений в авиации, энергетике и строительстве в виде положительных отзывов руководителей ряда федеральных научных

центров и проблемных научных советов - академиков РАН.

Принципиальным достоинством W-кластера является практически реализованная разработчиками **адекватность мерности пространственно-временных измерений и траекторного анализа текущих состояний** природного синтеза объектов наблюдений.

7. W-кластер реализует **принципиально новую доктрину объективных (достоверных) знаний** о природных закономерностях, процессах и состояниях, основанную на соответствии (адекватности) метрологической информативности анализа и физической информативности (или мерности) наблюдаемого природного синтеза. Реализация новой доктрины, теоретически обоснованная еще в XVII-XX веках основоположниками классической механики (И. Ньютон, Л. Эйлер и др.), пространственной акустики (А.Н. Крылов) и теории систем (А.М. Ляпунов и др.), объективно стала возможной только с изобретением в России в XXI веке векторных 3D-приемников связанных механических колебаний и созданием гиперскоростных сетцентрических вычислительных технологий.

8. Опережающие технологические решения W-кластера, вследствие своей фундаментальности научных подходов и технологической универсальности приложений, наиболее эффективно решают проблемы безопасной эксплуатации и, следовательно, **надежного соответствия ПТХ** (функциональному предназначению) объектов механических систем, как военного, так и гражданского применения.

9. Перспектива развития волновых методов наблюдения пока ограничена направлениями:

- **повышение мерности и применение новых физических принципов** наблюдения состояний;
- совершенствование **сетцентрических моделей наблюдения и управления** объектами;
- углубление понимания **физических моделей** наблюдаемых процессов, явлений, состояний;
- исследование **бифуркационных и квантово-волновых процессов** в материалах;
- новые методы текущего диагностического анализа, **экспертизы и прогноза состояний**;
- киберметоды **модельного проектного управления** созданием и эксплуатацией;
- самоорганизующиеся **интеллектуальные системы поддержания соответствия ПТХ**.

10. Чрезвычайно высокая чувствительность траекторного анализа измерений текущих напряженно-деформированных состояний является **природным феноменом** и уникальным своей перспективностью диагностическим признаком квантово-волновых **бифуркационных процессов** в конструкционных материалах на микроструктурном уровне, что **соответствует высокому научному уровню VI технологического уклада** и подлежит глубококому фундаментально-прикладному исследованию.

11. Результаты W-кластера, частично реализованные в исследовательских испытаниях теплоэнергетической и авиационной техники, имеют системный междисциплинарный и межотраслевой характер. Достоинством оборонных приложений W-кластера является высокий научно-технический уровень опережающих технологических решений, **межвидовость применений и аппаратно-программная универсальность**, соответствующая перспективным требованиям военных регламентов к комплексам бортового оборудования (КБО) интегрированной модульной авионики (ИМА).

12. W-кластер эффективно обеспечивает безопасность и функциональную надежность в приоритетных инженерных направлениях жизнедеятельности общества: общее и тяжелое **машиностроение**, ракетная и авиационно-космическая **техника**, БПЛА; морской, железнодорожный и автобронетанковый **транспорт**, тепловая, атомная и гидро**энергетика**; добыча и транспортировка топлива, промышленное, гражданское и военное **строительство**, **техническое регулирование** и метрология, **материаловедение**, мехобработка и **дефектоскопия**, фундаментальные и прикладные **научные исследования** в области механики сплошных сред, **акустика** и **гидроакустика**, механическая локация и **сейсмогеодинамика**. Экономичес-

кий эффект и **значимость приложений W-кластера состоит в существенном повышении достоверности и информативности** многопараметрических диагностических показателей наблюдений.

Эффективные инструменты мониторинга текущих состояний инженерных объектов выполняют чрезвычайно важную приоритетную функцию обеспечения **безопасности государства, боеготовности ВС**, высокого НТУ создания **новых классов конкурентоспособных импортонезависимых вооружений и средств обеспечения боевых действий**, продукции специального и двойного назначения.

### **МИРОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЙ**

Научный интерес к решению проблем безопасной эксплуатации технических систем сложился в 70-е годы XX века. Ведущие мировые университеты (The University of Michigan Laboratory for Intelligent Structural Technology; Los Alamos National Laboratory, Engineering Institute; Department of Civil and Environmental Engineering, Vanderbilt University Nashville / USA; Lulea University / Sweden; Campbell Scientific, Digitex / USA, Structural Vibration Solutions A/S / DM, Oxford University, HGL-Dinamycs / GB и другие лидеры IT-кластера) объединились для решения указанной проблемы в форме интеллектуального клуба **Structural Health Monitoring (SHM)**. Произошел поворот **от "измерения вибрации" к "мониторингу состояний"**. Под мониторингом состояния ("здоровья") понимается процесс идентификации деформаций аэрокосмических, гражданских и промышленных инженерных сооружений. Техническое развитие методов SHM в основном связывают с **миниатюризацией сенсорных систем** и применением MEMS-технологий, использованием **современных технологий беспроводной связи** и снижением стоимости цифровых вычислительных аппаратных средств; все это способствует **снижению стоимости систем мониторинга состояния** инженерных сооружений в целом. В зарубежной авиационной промышленности похожие разработки нашли решающее диагностическое применение в исследованиях и стендовых испытаниях по основным объектам: - авиадвигатели, узлы, агрегаты и элементы конструкций.

Одним из эффективных приложений SHM стали современные системы контроля и оценки технического состояния конструкций, узлов и агрегатов вертолетов. Авиационные приложения SHM под названием HUMS (**Health & Usage Monitoring Systems**) создавались в Великобритании более 30 лет в качестве **"...систем контроля за уровнем вибраций для наглядной индикации приближения опасности отказа и предоставления информации о состоянии узлов и агрегатов с возможностью раннего обнаружения дефекта"**. Сухопутные войска США приступили к оценке HUMS на своих вертолетах Black Hawk в 2001 году вслед за вертолетами ВМС США SH-60 и КМП CH-53E Super Stallion.

Впервые вертолеты с HUMS приняли участие в боевых действиях в 2003 году в ходе иракской кампании, когда интегрированные системы фирмы Goodrich Corp. были установлены на 20 вертолетах UH-60 Black Hawk. **"... за 12 месяцев подразделение, в котором эксплуатировались вертолеты UH-60, оснащенные HUMS, установило рекорд по полету. Статистика впечатляет: установка системы позволила сэкономить до \$45 млн на техническое обслуживание (материально-технические средства и трудозатраты) и летную эксплуатацию"**. На конференции Heli-Power & Police Aviation в 2008 году были обнаружены следующие цифры: **"...установка систем позволила сэкономить 130 тыс. человеко-часов, выполнить на 27 % больше задач при уровне исправности техники около 89 %"**. По публикациям, в настоящее время около 300 вертолетов UH-60 и AH-64 оснащены системами HUMS. В конечном итоге все вертолеты - от Kiowa Warrior до Chinook - будут оборудованы HUMS. Этот план лишь часть большой программы Сухопутных войск США по переходу к эксплуатации по техническому состоянию (ЭТС) **"... с целью повышения боевой готовности и сокращения расходов на эксплуатацию за счет улучшения качества диагностирования, повышения точности прогнозирования ос-**

татака срока службы узла или агрегата, формирования поставок по реальной необходимости" с постепенным переходом "... с промышленного этапа на этап информационный".

Ключевым элементом современной HUMS является программное обеспечение (ПО), которое занимается поиском функциональных отклонений для раннего обнаружения и предупреждения отказа. С другой стороны, они могут выдавать и ложную информацию (ложное срабатывание), что может привести к техобслуживанию и ремонту (ТОиР), в которых нет необходимости, и соответственно к увеличению расходов. "Сегодня ПО HUMS достигло такого уровня, когда производители заявляют об уровне надежности (достоверности) около 70 %, а с учетом анализа данных - до 85 %". Эксплуатанты большого парка вертолетов могут получить преимущества "библиотеки отказов" в качестве руководства к их предупреждению. "... США выпустили технические требования к будущей системе для установки на весь парк Kiowa Warrior. Система массой около 8 кг должна быть взаимосвязана с интерфейсом и взаимодействовать с существующей и будущей системой ТОиР Сухопутных войск. Предполагается, что HUMS будет контролировать 29 агрегатов, в том числе 11 подшипников. Система позволит снизить количество невыполнения (срыва) заданий и повысит качество диагностирования и прогнозирования состояния парка с учетом возраста вертолетов". В 2015 году армия США завершила оснащение системой контроля текущего технического состояния весь парк в количестве 3300 вертолетов.

Системное применение технологии SHM при мониторинге агрегатов и конструкций самолетов позволяет обнаруживать 24 вида характерных дефектов с вероятностью ~50 % в двадцати наиболее вероятных местах проявления дефектов. Эффект поразительный, но имеет 45-летнюю историю вхождения в наукоемкую информационную отрасль. Чтобы понимать серьезность отношения наших технологических оппонентов к проблеме безопасной эксплуатации, интересен один опубликованный в Интернете факт:

на исследования, разработку и промышленное освоение технологической линейки MEMS-сенсоров Пентагон выделил компании Hewlett-Packard \$53 млрд. Технологический успех был анонсирован журналом Forbes в 2010 г. При этом, интерес лидеров мирового рынка ИТ (например, Hewlett Packard, Siemens, Alstom, ABB, BP, Goodrich Corp., Mitsubishi, Honeywell, National Instruments и др.), успешно работающих в области экотехнологической безопасности строительства, машиностроения, энергетики, транспорта, а также международного научного сообщества к области деятельности SHM заметно увеличивается с каждым годом (рис. 15).

Научные подходы к реализации идей SHM опираются на следующие принципы:

- а) принято повышать мерность измерений путем использования значительного количества скалярных 1D-сенсоров, от 1 до 6 в области каждой ИТ объекта мониторинга;
- б) используются в качестве базовых скалярные 1D-сенсоры, как правило, измеряющие усредненные за период амплитуды колебаний, не являющихся компонентами вектора;
- в) усредненные измерения (СКЗ) не имеет смысла привязывать к текущему времени, поэтому они анализируются в сравнении с усредненной статистической величиной (уставкой);
- г) система SHM принципиально ориентирована на статистический или персональный анализ каждой измеряемой компоненты без реконструкции траекторий годографа V(t);
- д) базовые скалярные 1D-сенсоры размещаются в направлении координатных осей объекта, при этом, как правило, не имеют общей ИТ пересечения осей 1D-сенсоров; но даже при её наличии, она принципиально не может находиться на контурной поверхности объекта;
- е) как следует из патентного обзора, ни в одном из запатентованных датчиков не ставятся задачи:
  - связанности временем (синхронности компонентов измеряемых колебаний),
  - совмещения ИТ датчика с ИТ объекта мониторинга,

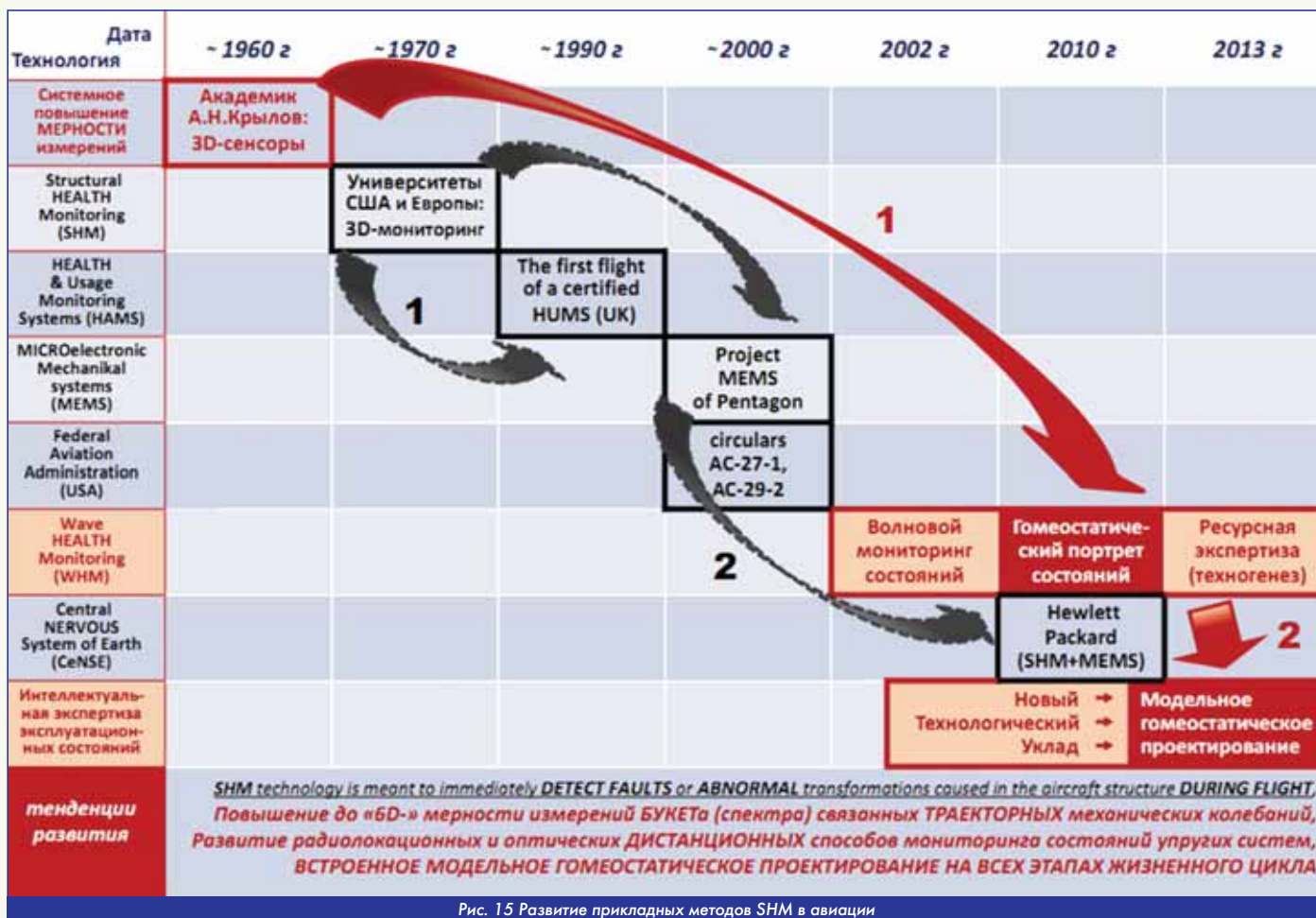


Рис. 15 Развитие прикладных методов SHM в авиации

- синхронной передачи волны из ИТ объекта к чувствительным элементам датчика,
- односторонности преобразования колебаний всеми датчиками,
- пересечения измерительных осей датчиков в общей ИТ объекта,
- пространственно-временной реконструкции мгновенного вектора ЛМК;

ж) математически доказано, что по трем ортогональным компонентам усредненных измерений принципиально невозможно построить текущий пространственный вектор наблюдаемого гармонического процесса, что лишает СКЗ-измерения достоверности;

з) при измерении мгновенных амплитудных значений 1D-сенсорами, независимо от их количества (Hewlett Packard), анализ колебательного процесса анализируется персонально экспертом по каждому каналу (компоненте) отдельно;

и) в случае применения адаптеров, предназначенных для крепления множества скалярных сенсоров (от 3-х до 6-и), их общая ИТ, находящаяся в теле адаптера (Spesma), принципиально не совпадает с ИТ объекта мониторинга, что лишает измерения достоверности.

### НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ОБЛАСТИ ЗНАНИЙ W-КЛАСТЕРА

Выявлены фундаментальные принципы метода многомерной реконструкции волновых деформационных полей для создания и совершенствования эффективных исследовательских и прикладных систем анализа текущих состояний, прогноза и предупреждения техногенных патологий:

- информационный подход в задачах обеспечения техногенной безопасности реализуется в интеллектуальном мониторинге и научном сопровождении на всех ЭЖЦ путем повышения достоверности метрологических технологий, эффективного методического и программно-аппаратного метрологического инструментария, гомеостатических методов неразрушающего контроля текущих эксплуатационных состояний на основе теории векторно-фазовой реконструкции волновых колебаний;

- **системный подход** при наблюдении состояний динамического взаимодействия элементов структур, единстве и связанности массово-энергетических свойств волновых полей на основе теории системного анализа и оптимального управления состояниями;

- **фундаментальной научной основой** векторной виброакустической метрологии является механика сплошных сред, основными постулатами которой являются концепция сплошности (непрерывности) и принцип суперпозиции, примененные к теории траекторного анализа волновых физических состояний;

- **математическим аппаратом** анализа НДС являются тензорное преобразование причинно-следственных состояний (прямое и обратное), теория комплексного переменного и вариационный метод.

Указанные подходы, в отличие от господствующей в мировой инженерной практики скалярной метрологической парадигмы, основанной на измерениях спектра усредненных амплитуд вибрации одноканальными (моноскопическими) датчиками, позволяют реализовать **плбевую парадигму** на основе ЛТ-реконструкции векторно-фазовых (волновых) параметров деформационных полей.

Ниже представлены области теоретических и практических знаний, принципы и фундаментальные закономерности, которые лежат в основе реализуемого W-кластера:

- **теоретическая механика** И. Ньютона и Л. Эйлера с их коллегами и последователями;

- **механика упругих систем** (МУС) и сплошных сред (МСС);

- **теория машин и механизмов, сопротивление материалов;**

- **концепция сплошности** (непрерывности) и **принцип суперпозиции** МСС;

- **тензорное преобразование** причинно-следственных состояний МУС;

- **теория комплексных переменных и методы статистического анализа;**

- **вариационный метод** анализа внутрискруктурных энергетических преобразований.

Фундаментальные области технологических знаний, которые лежат в основе проекта:

- **теория системного анализа и оптимального управления** академика А.М. Ляпунова;

- **теория векторно-фазовой реконструкции упругих состояний** академика А.Н. Крылова;

- **теория прочности, устойчивости и динамики упругих систем** проф. А.П. Лещенко;

- **фундаментальная научная школа стендового моделирования** академика Е.А. Федосова;

- **прикладная научная школа энергетического машиностроения** академика О.Н. Фаворского;

- **теория информации** (теория информационных технологий/ИТ);

- **теория траекторного анализа волновых физических состояний** научного руководителя W-кластера проф. А.А. Сперанского.

Представленные области фундаментальных научных знаний совместно с прикладными междисциплинарными принципами, новейшими метрологическими и вычислительными технологиями позволяют считать W-кластер **интеллектуальной информационной технологией**.

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАНИЯ В ОСНОВЕ W-КЛАСТЕРА

По концептуальной методологии авторов, исходная интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной основы W-кластера, опирается на шесть признанных в научном мире фундаментальных теорий и системных научно-технологических школ:

I. Научный интерес к решению проблем безопасной эксплуатации технических систем сложился в России в первой половине XX века. Принципиально важным научным аспектом в рассматриваемом сегменте знаний является **ТЕОРИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ** выдающегося русского ученого академика А.М. Ляпунова, который с учетом работ У.Р. Эшби обосновал научный подход к объективной исходной классификации явлений, **пониманию физической сути природного синтеза и адекватного ему анализа гомеостаза** наблюдаемых объектов. По его прозорливому предвидению, **"...ЛТ-экспертиза гомеостатических состояний является универсальным методом адекватного наблюдения и рационального управления объектами жизнедеятельности в техносфере и биосфере, а системным диагностическим отображением текущего состояния сложных кибернетических систем является многопараметрический гомеостатический портрет (Homeostasis)"**. Гомеостаз, будучи исходно биомедицинским термином, впервые применен А.М. Ляпуновым к наблюдению антропогенных объектов техносферы для **решения проблем оптимизации принятия решений, прогнозирования аварийных и чрезвычайных состояний, предупреждения и предотвращения катастроф**, в том числе, непрерывного наблюдения **соответствия ТТХ и боеготовности вооружений**.

Традиционно укоренившийся в мировой практике несистемный анализ механических измерений, характерный стремлением к повышению их мерности, как правило, опирается на **статистические знания предшествующих технико-технологических укладов** и не предполагает перехода к принципиально новому уровню знаний на основе их простого количественного превосходства. Наоборот, **системный гомеостатический анализ измерений высокой мерности позволяет существенно приблизиться к адекватности антропогенных наблюдений через виртуальную многопараметрическую реконструкцию процессов, режимов и состояний природного синтеза** объектов наблюдения.

Теория системного анализа и оптимального управления А.М. Ляпунова является **первым краеугольным камнем** Волновой информационной технологии (ВИТ) для объективной оценки текущего и экспертной прогнозной состояний эксплуатационного ресурса конструкционной прочности. **Более ста лет прикладные применения теории в рассматриваемом контексте в России и за рубежом не востребованы**.

II. Одним из первых механиков, обративших внимание миро-

вой метрологической общественности на недостоверность скалярных измерений, был выдающийся русский ученый-гидроакустик академик А.Н. Крылов, обосновавший в **ТЕОРИИ ВЕКТОРНО-ФАЗОВОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ КОЛЕБАНИЙ** идею **повышения мерности и временной связанности измерений компонентов механических колебаний**. Он утверждал, что поскольку **энергетические колебательные процессы природного синтеза состояний в механических системах** имеют пространственно-временной характер, то для их **объективного наблюдения и последующего адекватного анализа** необходимо стремиться к мерности измерений, соответствующей мерности собственно наблюдаемых физических колебательных процессов (пространственно-временная LT-мерность земной цивилизации).

Лидеры мировой метрологической индустрии подхватили идею русского ученого и более 40 лет производят серийно трехкомпонентные вибропреобразователи, монополизировав международный рынок прецизионных инструментов механических измерений. В первую очередь это компании APC, Endevco, Beantly Nevada, Digital в США и Bruel & Kjaer, Kistler, LMC, Alstom и Snecta в Евросоюзе. Все они и их технологические последователи демонстрируют **неоспоримое стремление к повышению мерности измерений** путем ортогонального размещения в общем корпусе трех и более скалярных 1D-датчиков вибрации. Возникающие при таком подходе принципиальные метрологические недостатки устраняются также по "рецепту" А.Н. Крылова путем применения ортонормализаторов, или фазовых корректоров. Безусловно, увеличение мерности существенно повышает достоверность измерений, но вместе с тем, современные инструменты усредненного вибромониторинга не обеспечивают ожидаемого обществом уровня эффективности вибродиагностики. Подтверждением этого являются достоверные свидетельства дальнейшего стремления мирового метрологического сообщества к повышению мерности измерений.

Теория векторно-фазовой реконструкции пространственно-временных механических колебаний А.Н. Крылова является **вторым краеугольным камнем** Волновой информационной технологии (ВИТ) для объективных наблюдений текущих параметров волновых механических полей упругих тел и сплошных физических сред. **Около ста лет прикладные применения теории в рассматриваемом контексте наблюдения гомеостатических состояний в России и за рубежом отсутствуют.**

III. Опубликованная в виде двух европейских открытий **ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ, УСТОЙЧИВОСТИ И ДИНАМИКИ УПРУГИХ СИСТЕМ** профессора А.П. Лещенко позволяет на основе **вариационных методов расчета через выражение полной энергии упругой системы** создавать **адекватные модели напряженно-деформированных состояний** конструкций, позволяющие прогнозировать момент её разрушения путем отыскания экстремальных функций, обеспечивающих минимум энергии в ресурсных задачах конструкционной прочности в машиностроении и строительстве. **Более тридцати лет со времени опубликования зарегистрированных открытий прикладные применения теории в России и за рубежом не востребованы.**

IV. Реализованная в России во второй половине XX века **ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО (ПОЛУНАТУРНОГО) МОДЕЛИРОВАНИЯ** академика РАН Е.А. Федосова сформировала эффективные подходы в области разработки, исследования и испытаний сложных кибернетических систем, а также методов математического и физического (полунатурного в зачет летных натурных испытаний) **моделирования штатных режимов, предельных состояний и соответствия ТТХ** интеллектуальных объектов новой техники. **Более четверти века российская фундаментальная школа научного стендового сопровождения высокотехнологичных разработок в области авиационных систем специального применения не востребована.**

V. Реализованная в России во второй половине XX века **ПРИКЛАДНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ** академика РАН О.Н. Фаворского развивает но-

вейшие методы создания перспективных авиадвигателей, наземных и летных исследований и испытаний силовых агрегатов, механизмов и машин на основе **трендовой экспертизы систем техногенеза** реального времени для объективной оценки рисков и своевременного эффективного предотвращения транспортных аварий и энерготехнологических катастроф. **Более четверти века российская прикладная школа научного сопровождения высокотехнологичных разработок к стендовым исследованиям и сопровождению эксплуатации не привлекается.**

Невостребованность указанных фундаментальных теорий и прикладных научных школ является объективным фактором и, вместе с трудностями финансирования, объясняется отсутствием вплоть до настоящего времени эффективных инструментальных средств достоверного мониторинга и адекватной реконструкции текущих эксплуатационных состояний реального времени.

VI. Появление на рубеже веков новой отрасли как знаний, так и производства - **Информационных технологий (ИТ)**, позволяющих, с одной стороны, обеспечить быструю прикладную технико-технологическую адаптацию результатов фундаментальных и прикладных научных исследований, с другой - повысить качество и оперативность контроля и управления эксплуатационными режимами, процессами и производством в сфере обороны, машиностроения, энергетики, транспорта и строительства. В области механических взаимодействий учеными Российской инженерной академии (РИА) предложены, **научно обоснованы и практически реализованы прорывные опережающие технологические решения для создания универсальной Волновой информационной технологии безопасной эксплуатации на базе векторной виброакустической метрологии.**

Впервые в мировой метрологической практике научно обоснованы, разработаны и эффективно внедрены в прикладные исследования инструментальные средства, объединенные в технологию ВМС, и современные методы векторно-фазового траекторного анализа состояний, системно интегрированные в W-кластер. Высокая информативность наблюдения траекторных процессов и состояний объектов механических систем позволяет обосновано использовать новые информационно-метрологические ресурсы в исследовательских, испытательных, сертификационных, мониторинговых, диагностических и экспертных задачах и отраслевых приложениях.

Для стратегического видения целей, задач и прорывных положений инновационного W-кластера разработана **модельная интеллектуальная (гомеостатическая) стратегия**, позволяющая интегрировать корни междисциплинарных научных знаний и новизну предлагаемых системных подходов. Разработка инструментальной концепции и методологии построения кибермоделей становится действенным направлением инженерной науки ближайшего будущего. Фундаментальные знания инженерных наук подготовили реальную перспективу создания **адекватных экспертных систем реального времени для эффективного прогноза гомеостаза** (техногенеза) антропогенных систем на основе встроенного высокопроизводительного моделирующего инструментария полного жизненного цикла.

Новые междисциплинарные знания образуют **ТЕОРИЮ ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА ВОЛНОВЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ**, объединяющую **методы и инструментальные средства наблюдения пространственно-временных волновых процессов и траекторного векторно-фазового тензорного анализа состояний**, являются скелетной основой и **третьим краеугольным камнем** Волновой информационной технологии (ВИТ). Авторами выявлены фундаментальные возможности и созданы инструментальные средства многопараметрической реконструкции диагностических параметров волновых деформационных полей для создания эффективных исследовательских и прикладных систем анализа и управления текущими эксплуатационными процессами, режимами и состояниями новых видов вооружений, средств обеспечения боевых действий, предупреждения аварий и техногенных катастроф оборонной и гражданской инфраструктур, обеспечения безопас-



ности государства, в том числе, боеготовности Вооруженных сил. Системные аналоги W-кластера в фундаментальных исследованиях и приложениях в России и за рубежом не известны.

В настоящее время, по отзывам ведущих ученых Российской академии наук (академики РАН Е. Фортвов, О. Фаворский, Г. Голицын, К. Демирчян, М. Залиханов, А. Кулаков, Б. Гусев и др.), **ВИТ на основе ВМС является самым информативным из практически реализованных методов диагностического мониторинга** и визуализации эксплуатационно-прочностных свойств статических конструкций и динамических систем. Важнейшим его достоинством является **инструментальная возможность** путем **прямых и достоверных векторно-фазовых измерений** параметров напряженно-деформированных состояний **оценивать текущий и прогнозировать эксплуатационный ресурс конструкционной прочности**. Метод является универсальным для нагруженных конструкций (корпуса летательных аппаратов, реакторы, мосты, плотины, трубопроводы и т.п.) и для сложных динамических систем (авиакосмические двигатели, энергетические турбоустановки, транспортные силовые установки и т.п.).

Заявленные результаты и характеристики W-кластера подтверждены теорией, фундаментальными научными исследованиями и значительными отраслевыми исследовательскими приложениями, результаты которых опубликованы головными институтами и предприятиями Авиапрома, Газпрома, Минэнерго и Ростехрегулирования. Научная новизна представленного взгляда на проблему технологической безопасности состоит в **теоретическом и методологическом обосновании гомеостатического подхода** не только как объективной составляющей жизненного цикла, но и как повода и основания для формирования креативного **опережающего информационно-метрологического сегмента наблюдений VI технологического уклада**.

#### **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для таких отраслей промышленности, как авиация, энергетика, строительство, транспорт наиболее эффективными методами обеспечения вибрационной безопасности сегодня являются **вибромониторинг и вибродиагностика**. Однако, в области виброизмерительной техники в нашей стране, как и во всем мире, **имеются существенные проблемы**.

До настоящего времени не сформировались признаваемые большинством специалистов определения, что такое система мониторинга и система диагностирования (СМид) объекта. Одни компании говорят о СМид с использованием переносных приборов, при этом подразумевается использование накопленных (статистических) баз данных и почти автоматическое заключение о состоянии объекта в общем виде: проблемы центровок, подшипников, остаточного дисбаланса, усталостного трещинообразования и т.д. Другие понимают под СМид крупные системы вибромониторинга, вибродиагностики и диагностики, работающие на сложных динамических объектах (в т.ч. турбоагрегатах) и информирующие о возникновении тех или иных потенциально опасных событий. **Систем, которые дают точную информацию о тех или иных дефектах, сегодня практически нет**. Комплектация систем опирается на требования заказчика, и чем они выше, тем сложнее разработчикам реализовать соответствующую требованиям систему.

"Работая" с функционально ориентированными механическими объектами (ФОМО), большинство исследовательских лабораторий **не предлагает системного опережающего подхода, использующего фундаментальные научные знания** полевой механики сплошных сред. В основном компании занимаются либо разработкой отдельных средств измерений, либо разработкой ПО, либо поставкой готовых аппаратных решений с базовым ПО. При этом самая современная MEMS-технология производства сенсоров не может быть использована для организации ВМС, например, двигателей летательных аппаратов, в силу множества существенных для диагностики метрологических ограничений (температурных, частотных и иных технических характеристик).

Проводимые в России многочисленные прикладные Волно-

вые исследования приближают создание универсальной ИТ достоверного наблюдения и адекватной экспертизы текущих эксплуатационных состояний ФОМО. Прототипы АПК ВМС для диагностики механических объектов разработаны с использованием новейших достижений в вычислительной технике, нанотехнологий, инновационных контактных и бесконтактных методов волновой реконструкции эксплуатационных состояний статических и динамических объектов. Прогнозная оценка существенно повышает достоверность и информативность трендов основных диагностических показателей текущего эксплуатационного ресурса конструкционной прочности в составе создаваемых приложений для объектов разной физической природы с использованием информационно-технологических возможностей инновационного W-кластера.

Для достижения научно-технологических целей W-кластера успешно решены и подтверждены в отраслевых исследовательских приложениях следующие системно связанные задачи:

I. **Разработаны способ и конструкции 3D-приемников пространственных колебаний** ЛМК для достоверного измерения связанных компонентов диагностических параметров на основе известных контактных физических преобразований деформационно-энергетических параметров волновых полей.

II. **Реализованы системные способы** сбора, преобразования, передачи и ввода связанных измерений динамических параметров текущих состояний в высокопроизводительном измерительном анализаторе; **разработаны эффективные способы траекторной 4D-реконструкции** и хранения измерений диагностических параметров текущих динамических состояний.

III. **Реализованы способы многопараметрической 4D-реконструкции** и хранения векторно-фазовых массивов текущих диагностических параметров физических параметров НДС.

IV. **Разработаны способы представления** (визуализации) виртуального Н-портрета текущего гомеостатического состояния ФОМО.

V. **Разработаны методы создания моделей** расчетных, трендовых текущих и предельно-критических состояний ФОМО.

VI. **Сформированы тактико-технические требования к синтез-модели** метода Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС) мобильной энергетической оценки текущих гомеостатических (R-ресурсных) состояний ФОМО.

VII. **Сформированы требования к разработке прогнозных способов** достоверной оценки эксплуатационных рисков.

Таким образом, впервые в мировой метрологической практике, в России реализован **комплекс опережающих технологических решений**, открывших практические возможности 3D-измерений траекторных колебаний и спектральной 4D-реконструкции текущих динамических состояний упругих сплошных физических сред. Многочисленные исследовательские приложения в областях классической и строительной механики, гидроакустики, аэроупругих процессов и геодинамики подтвердили чрезвычайно высокую информативность ИТ-наблюдения полидинамических состояний потенциально опасных ФОМО. Основные полученные научно-технические результаты опубликованы в журнале "Двигатель" (издание ВАК).

В качестве дальнейшего научно-технического развития приложений W-кластера и действенного направления инженерной науки ближайшего будущего, разработаны концепция и методология построения кибернетических моделей. Складывается реальная перспектива создания адекватных экспертных систем текущего времени для эффективного прогноза гомеостаза (техногенеза) на основе высокопроизводительного интеллектуального моделирующего инструментария полного жизненного цикла в составе ФОМО. Обоснована и сформулирована для исследовательских приложений **Модельная гомеостатическая стратегия** новых инструментальных возможностей и перспективных приложений опережающих технологических решений:

VIII. **Модельное гомеостатическое проектирование** этапов жизненного цикла ОНТ.

IX. **Системный трендовый прогноз гомеостаза** ФОМО антропогенных систем.

X. *Экспертные системы техногенеза* реального времени.

XI. *Микромоделирующие системы научного сопровождения* создания и эксплуатации ОНТ, в т.ч. оценки и прогноза текущих ресурсных состояний.

XII. *Непрерывное интеллектуальное подтверждение соответствия ТТХ (техзаданию).*

XIII. *Модельная оценка рисков принятия решений* для оптимизации управления ФОМО.

XIV. Интеллектуальные инструментальные *средства приемки Заказчика.*

XV. Адаптивные *кибернетические системы управления вооружением.*

По информации аналитиков, грантовая государственная система поддержки США, например, для Air Force Office of Scientific Research (AFOSR), Modern research Complex Dynamics and Systems of Army US, Track Structure Failure Research FRA, Structures Research (Civil Works GSL-19) for Army US, и грантовая университетская система поддержки Евросоюза 2020, например, для Oxford and Cranfield Universities (GB) и др., *проявляет существенный тематический интерес к "...решению проблем в конкретных областях прикладных научных исследований и решениям инженерных технологических задач системного мониторинга реального времени, мобильной диагностики и экспертизы ресурсных состояний объектов высокой техногенной опасности, достижения конкурентного превосходства в тактико-технических, технологических и эксплуатационных аспектах современных и перспективных видов новых вооружений".* Требованием западных грантов является *"...создание новых методов измерений с повышением мерности информации о наблюдаемых процессах, успешно прошедших этап проведения поисковых фундаментальных научных исследований".*

Предложенный в рамках Модельной интеллектуальной гомеостатической стратегии системный взгляд на научно обоснованную интеграцию инновационных подходов в виде Волновой информационной технологии (ВИТ) на основе LT-методологии Волнового мониторинга состояний (ВМС), синтез-модели Тензорного энергетического преобразования состояний (ТЭПС), новых вычислительных возможностей эксафлопных сетевых решений реализуют **НОВЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ СЕКТОР VI технологического уклада** опережающего стратегического лидерства на глобальном рынке интеллектуальных кибернетических систем для **всех видов вооружений высокой боеготовности и сфер безопасной жизнедеятельности человека.**

Новизна идей и технологических решений W-кластера - в системном решении проблемы с учетом, с одной стороны, креативных выводов из простых и **очевидных наблюдений** в области фундаментальных знаний классической механики упругих систем, с другой стороны, системной реализации **прорывно-опережающих метрологических и вычислительных технологических решений.** Научно-технический задел разработчика обеспечивает конкурентоспособность перспективных решений общепризнанной проблемы безопасного и надежного кибернетического управления сложными системами на уровне VI технологическом уклада.

## АРГУМЕНТЫ ПРОТИВ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ ПРЕПЯТСТВИЯ ИННОВАЦИИ

Аргументов против актуальности создания эффективного инструментария для решения проблем техногенной и технологической безопасности нет.

**Против решения проблемы методами W-кластера** главными аргументами являются три:

1) **потребительская стратегия (ПС) общества** не допускает отвлечения финансовых ресурсов на исследовательские работы, не приносящие ощутимой сиюминутной прибыли; ущербность ПС состоит в том, что она не предполагает ответственности бизнеса перед обществом за последствия технологических аварий и природно-техногенных катастроф; ПС в промышленности привела к тому, что разработчики не заинтересованы в использовании прибыли на инновационное развитие и разными способами принуж-

дают Заказчика довольствоваться старыми, неконкурентоспособными, но освоенными в производстве технологиями;

2) **консерватизм отраслевых технических регламентов (КР)** в сфере техногенной и экотехнологической безопасности, ориентированных на статистические скалярные недостоверные методики измерения усредненной вибрации (а не мониторинг текущих состояний) практически исключает внедрение опережающих технологических решений и новых укладов;

технические регламенты и коммерческие методы их модернизации усиливают монополизм неконкурентоспособных технологических решений и выгодную чиновникам и менеджерам импортозависимость;

узаконенное государством препятствие на пути решения проблемы техногенной безопасности предложенным Волновым способом носит юридический характер;

3) **консерватизм специалистов по прочности**, воспитанных на старых метрологических традициях и не мотивированных на инновационные, более сложные на практике, измерительно-аналитические технологии.

Междисциплинарно-интегрированный системный способ решения глобальной проблемы эксплуатационной техногенно-технологической безопасности **не отвергает известные и возможные альтернативные варианты** ее решений, но все они должны удовлетворять фундаментальным основам и соответствовать опережающим технологическим решениям в трех функционально самостоятельных областях практически реализованного W-кластера:

а) Метрологические инструментальные средства ВМС на сегодня обеспечивают **наиболее достоверные измерения** диагностических параметров, что **не отменяет постоянный прогресс знаний и освоение новых физических методов измерений.**

б) Волновые методы траекторной реконструкции состояний ВИТ на сегодня являются единственным универсальным способом, обеспечивающим **адекватность анализа достоверных измерений физическим закономерностям наблюдаемого природного синтеза.** Научно обоснованная альтернатива предложенному волновому подходу на сегодня отсутствует.

в) **Интеллектуальные системы прогнозной экспертизы** (техногенеза) и эффективного управления принятием решений в области предупреждения и предотвращения техногенных аварий и экотехнологических катастроф **теоретически возможны, но не известны.**

Препятствием организационного плана на пути решения проблемы предлагаемым способом являются, **как известно всем разработчикам**, непреодолимые ведомственные барьеры в сфере технологической безопасности в РЖД, Росатоме, Газпроме, Русгидро и у других монополистов, **оберегающих свою импортозависимость и технологическое, выгодное отраслевому менеджменту отставание** (например, "Сименс" в РЖД, "Капстоун" в Газпроме, "Снекма" и "Бомбардье" в Авиапроме и ещё много чего).

Сведения о выполнении или поддержке Волновых исследований или аналогичных по научно-технологическому уровню работ в рамках федеральных или иных государственных программ, а также так называемых "институтов развития", **отсутствуют.** К трудностям, сдерживающим решение глобальной проблемы техногенно-технологической безопасности, а также аналогичных системных задач в смежных областях знаний, следует отнести две главные:

1) Разработчики продвигают глобальный социально значимый W-кластер в проблемной области техногенной и экотехнологической безопасности антропогенных и Природно-технологических систем. В основе Проекта реализация универсальной идеи **системной синтетической интеграции фундаментальных междисциплинарных знаний и креативных опережающих технологических решений (ОТР)** по всему технологическому циклу создания и эксплуатации ОНТ. Некоторые результаты приложений ОТР, например, диагностика флаттера в полете, оцениваются **на уровне открытий в области отраслевых исследований** в авиации, конструкционном материаловедении, энергетике, геогидродинамике и других наукоемких областях знаний.

Исследования являются инициативными и продвигаются уси-

лиями ученых, инженеров-исследователей, конструкторов, испытателей и технологов, продолжающих традиции лидирующего технологического превосходства на основе творческого опыта и фундаментальных знаний советского ОПК.

Проект импортонезависим, обладает высоким инновационным потенциалом, существенно опережая зарубежных технологических конкурентов, является национальным интеллектуальным приоритетом и может стать мировым брендом в области экотехнологической безопасности. Подобные **глобальные социально значимые Проекты**, позволяющие эффективно предотвращать одну из главных угроз жизнедеятельности человека - техногенно-экологическую, не должны выполняться энтузиастами на общественных началах и **нуждаются в адекватной поддержке государства**. Причина видится в **отсутствии доступных механизмов господдержки** прорывных системных опережающих технологических решений и перспективных междисциплинарных и межвидовых исследований, кроме, быть может, ФПИ и РНФ.

Кстати, ещё в 2013 году, Проект в ФПИ был отклонен **"по причине его междисциплинарности и межвидовости (!!!), что в то время являлось ограничительным признаком по регламенту ФПИ..."** со слов И.И. Денисова, а в 2014 году в Минобороны Заказывающее управление переименовали в Управлением перспективных межвидовых исследований и спецпроектов!!! В этом, возможно, и состоит парадоксальность пробуксовки **"проблем" эксплуатационной безопасности и импортонезависимости**.

Родственной Проекту тематика присутствует среди приоритетов РНФ в задаче П7-2 (проблемы 1 и 2), но установленный ценз цитирования противоречит обоснованной скрытности системы междисциплинарных опережающих технологических решений W-кластера.

2) Существующие в области техногенной и технологической безопасности **консервативные регламенты** порождают технологическое отставание и импортозависимость, являются эффективным тормозом для любых инновационных решений, даже успешно коммерциализированных на Западе в военных целях. Решением может быть **особый режим приоритета в модернизации существующих регламентов** для новых опережающих технологических решений оборонного значения.

По отзывам независимых экспертов, **опережающие технологические решения W-кластера**, имеющие целевым научным трендом интеллектуальные экспертно-управляющие встроенные киберсистемы, **конкурентоспособны с большим стратегическим отрывом**.

#### **СИСТЕМНАЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КООПЕРАЦИЯ**

Для фундаментального решения проблемы в части формирования новых научных идей необходимо **развивать сложившуюся научно-исследовательскую кооперацию** научного коллектива Российской инженерной академии (РИА) с ведущими институтами РАН в области механики, материаловедения и машиноведения, новых физических инструментов и методов наблюдения и исследования явлений, процессов и состояний (ИМАШ им. А.А. Благонравова, ИПМ им. А.Ю. Ишлинского, Уральский институт металлов, УИФМ, ИОФАН, ИПМ им. М.В. Келдыша, ИВТ), а также Государственными научными центрами в ведущих отраслях ОПК (ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова", ФГУП "ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, ФГУП "ГосНИИАС", ФГУП "ВИАМ", ОАО "ВТИ" и др.).

Для эффективного решения проблемы в части опережающих прикладных технологических решений необходимо **развивать сложившуюся производственно-испытательную кооперацию** ИНИТ РИА с ведущими производственными предприятиями ОПК в сфере машиностроения, транспорта, энергетики и строительства с целью создания новых конкурентоспособных ОНТ для вооружений и критически важных объектов инфраструктуры РФ (ОАО "МВЗ им. М.Л. Милая", ОАО "НПОАвтоматики им. акад. Н.А. Семихатова", ОАО "ЦАГИ - системы моделирования", РНИИ-ИКТ, ОАО "КТРВ", ОАО "ВНИИЭМ" и др.).

Для перспективного решения проблемы в части развития научно-инженерного кадрового потенциала необходимо **поддерживать и развивать сложившуюся научно-образовательную коопе-**

**рацию** с ведущими Государственными техническими университетами, формирующими интеллектуальный потенциал ОПК в инженерно-технологической сфере (ГИЦ "Южно-Уральский госуниверситет", МГУ им. М.В. Ломоносова, ГИЦ "МГТУ им. Н.Э. Баумана", ГИЦ "Московский институт электронной техники", Уральский федеральный университет, ГИЦ "МАИ им. С. Орджоникидзе", ГИЦ "МЭИ" и др.).

В области мониторинга состояний технических систем активно развиваются международные научно-кооперационные связи. **Методы волновой диагностики** в энергетике и на транспорте совместно с Институтом транспорта и связи (TSI, бывший Институт гражданской авиации), компаниями EVOPRO, SIA IB Poundal, Centre Composite, AviaTest, RRC Int., HGL-Dinamyc и рижским Центром сертификации вертолетов **продвигает компания Advanced Vector Analytics SIA (AVA)**.

Получены предложения Шотландского агентства по университетским контактам о тематическом научно-исследовательском сотрудничестве с Университетами Великобритании: Oxford University, Cranfield Univesity, The University of Edinburgh, University of Aberdeen, Glasgow Caledonian University, Robert Gordon University Aberdeen, University of Strathclyde Glasgow, Surrey Space Centre, Centre for Sensor and Imaging Systems (CENSIS).

Интерес к сотрудничеству **в области механики прочности** проявили Fraunhofer, Europe's largest application-oriented research organization (Germany), University of Wisconsin Oshkosh, SANDIA National Labs, Houston Technology Center South, ENSCO (USA), The Institute of Materials and Structures RTU (Latvia), Kaunas University of technology, The Institute of Mechatronics (Lithuania).

**В 2015 году разработчики W-кластера приглашены на престижные саммиты:**

1) Компания AVA вошла в **топ-5** участников **AeroInnovate business accelerator program of the University of Wisconsin Oshkosh (USA)** и американской Ассоциации экспериментального авиационного (EAA), приняла участие в качестве экспонента в крупнейшем американском авиашоу **AirVenture Oshkosh 2015** с участием Jonathan Hartman, Global Technology Partnerships Lead at Sikorsky (Йельский университет).

2) Компания AVA вошла в **топ-100** участников **Hello Tomorrow Global Conference 2015 Paris**, в числе лучших технологических стартапов Европейского салона лидеров индустриального рынка (2,78 % от 3600 участников из 90 стран) с участием NASA & Airbus CTOs; Intel; Angellist founder; X-Prize; Space Frontier Foundation & Deep Space Industries cofounders; VINCI energies; INRA; Michelin; Total; IBM; Google под девизом **"Расширение прав и возможностей тех, кто осмеливается решать сегодня самые сложные проблемы с помощью научных и технологических прорывов"**.

3) Компания AVA вошла в **топ-10** (3,6 % от 280 претендентов из 7 стран) инновационного **Евроконсорциума Siemens-Bosch-BMW-Festo** для участия в очной трёхмесячной программе по развитию отношений и продвижению технологии в Центре инноваций и бизнеса при **Мюнхенском техническом университете** (рис. 16).

Международная научно-технологическая кооперация в фундаментальных и прикладных исследованиях, испытаниях и сертификации, аттестации и экспертизе, прежде всего, представляет интерес для российской сферы низкой компетенции: современные инструменты наблюдений и электронные компоненты; оптические системы; турбовинтовые двигатели для авиации легкого класса; композитные материалы; тяжелые и ударные БПЛА.

По мнению ФПИ, **"Необходимо по отдельным направлениям привлекать к выполнению работ зарубежных исполнителей - университеты и малые инновационные фирмы"**.

**Политика технологических заимствований возможна и необходима с ориентиром на полноценный трансферт технологии через ее освоение. Трансферт технологии предполагает возможность во взаимодействии с зарубежными технологическими центрами осуществить ее усовершенствование на основе собственных инжиниринговых решений.** Если такое решение было разработано и осуществлено во взаимодействии представителей фун-

даментальной науки, инжиниринговых групп, вузовских центров, то можно считать, что трансферт технологии произведен, и она включена в российскую технологическую базу.

Подходом к полноценному трансферту технологий является **вхождение в капитал малых и средних инновационных фирм за рубежом, выполняющих НИОКР для крупного бизнеса**".

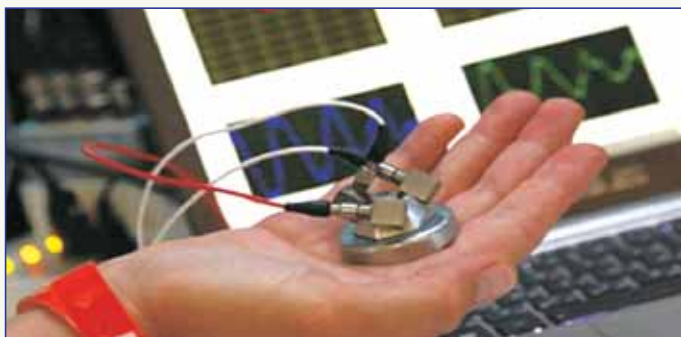


Рис. 16 3D-сенсор для волнового мониторинга состояний силовой турбины

**СРАВНЕНИЕ С ЛУЧШИМИ МИРОВЫМИ АНАЛОГАМИ**

Авторами разработан аппаратно-программный комплекс Волновой реконструкции состояний объектов механических систем (АПК ВРС) на базе серийного измеритель-анализатора компании "МЕРА" (рис. 17). Аналогов в России нет, зарубежные аналоги не известны. Альтернативные решения проблемы за ру-

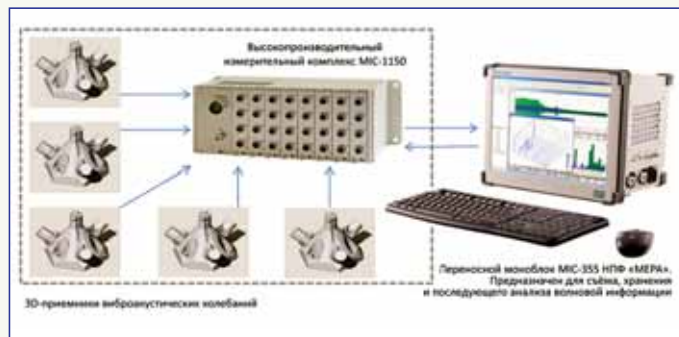


Рис. 17 АПК Волновой реконструкции состояний

**Сравнение АПК ВРС с альтернативными зарубежными решениями**

Параметр сравнения	АПК Волновой реконструкции состояний (РФ)	АПК Structural Health Monitoring SHM (USA-EU)	АПК Health & Usage Monitoring Systems HUMS (GB-EU-USA)	АПК Central Nervous System for the Earth (USA)
	РЭМ-вибро, ЦАГИ-системы	Universities of USA & EU	Goodrich Corp., Honeywell	Hewlett-Packard (MEMS)
<b>I. Инструментальные средства 3D-измерения связанных компонентов вектора ЛМК</b>				
Совмещение ИТо с ИТс *)	Да	Нет	Нет	Нет
Технические характеристики	До 10 <sup>4</sup> г, 0 Гц ...100 МГц	Диапазон измерений - до 5000 г, частотный диапазон - 10 Гц ...15 кГц		До 500 г, 0,1 Гц ...1 кГц
Синхронность компонентов	Да	Нет	Нет	Да
Мерность измерений	3D- (вектор)	1D-, или 2 x 1D-, или 3 x 1D-	1D-	6 x 1D-
Изменяемые параметры	Компоненты вектора	Несвязанные компоненты	Скаляр	Несвязанные компоненты
Метод измерения	Обратное тензорное преобр.	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и конструкция	Нет	Нет	Нет
<b>II. Инструмент (АПК) траекторной 4D-реконструкции векторных измерений ЛМК</b>				
Связанность компонентов	Временная (фазовая)	Нет	Нет	Нет
Метод реконструкции	4D-траекторный	Нет	Нет	Нет
Реконструкция годографа	Векторно-фазовая	Нет	Нет	Нет
Мерность годографа	4D- (LT-пространство-время)	Нет	Нет	Нет
Частота опроса компьютера	>100 кГц (10 точек на период)	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	Не ограничен (букет годографов)	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Аналитические параметры	Параметры годографа	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	8 (4 полуоси + 3 ориентация + 1)	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и система	Нет	Нет	Нет
<b>III. 4D-реконструкция портрета физического состояния (НДС) в измерительной точке</b>				
Связанность компонентов	Тензорная (матрица 3 x 3)	Нет	Нет	Нет
Метод реконструкции	Обратное тензорное преобр.	Нет	Нет	Нет
Реконструкция годографа	Нормально-сдвиговая	Нет	Нет	Нет
Мерность годографа	4D- (деформации-время)	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	Не ограничен (букет годографов)	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Аналитический параметр	3D-модель закона Гука-Пуассона	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	4 (граничные условия)	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Защищен метод и система	Нет	Нет	Нет
<b>IV. Дисплейная и виртуальная реконструкция (визуализация) LT-состояний</b>				
Дисплейное отображение	Нормированное 4D-сеточное	Нет	Нет	Нет
Виртуальная реконструкция	Многопараметрическая	Не известно	Не известно	Не известно
Отображаемая информация	3D-количественная	Нет	Нет	Нет
Частотный спектр	0 Гц...100 МГц	Нет	Нет	Нет
Темп реконструкции	Real-time	Нет	Нет	Нет
Отображаемые параметры	Программно-формируемые	Нет	Нет	Нет
Количество параметров	Полистно не ограничены	Нет	Нет	Нет
Патентная защита	Know-how, метод и система	Нет	Нет	Нет

бежом соответствуют уровню IV технологического уклада, при котором измерения СКЗ-усредненные, а анализ состояний основан на сравнении СКЗ-измерений со статистическими нормативами - "уставками".

Впервые приводится сравнение создаваемого АПК ВРС с альтернативными решениями мировых лидеров индустриальных стран на IT-рынке.

Новые физические методы контактных и бесконтактных измерений параметров волновых полей (прежде всего, оптические и локационные) **существенно превосходят возможности серийно выпускаемых контактных сенсоров диагностических параметров механических состояний**. К примеру, разработчиками созданы экспериментальные образцы гиперчувствительных Квантово-волновых оптических вибропреобразователей (КВОВ) для измерения акустических колебаний механического диапазона частот от 0 до  $10^8$  Гц с возможностью передачи информации со скоростью порядка 200 тыс. км в секунду на расстояния до 100 миль (185 км), а, возможно, и более.

### НАЗНАЧЕНИЕ И ОЖИДАЕМЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕЗУЛЬТАТ

Назначение W-кластера в существенном повышении надежности и безопасности (и, следовательно, конкурентоспособности) антропогенных объектов во всех инженерно-технических областях жизнедеятельности человека: общее и тяжелое **машиностроение**, авиационно-космическая техника и **вооружения**; морской, железнодорожный, автомобильный **транспорт и бронетехника**; тепловая, атомная и гидро**энергетика**, добыча и транспортировка топлива; промышленное, гражданское и военное **строительство**; геосейсмо**гидродинамика**, **акустика** аэроупругих и иных физических сред, **информационные технологии безопасности** и оптимального управления; техническое регулирование, **метрология** и **сертификация**; конструкционное **материаловедение заданных и управляемых свойств**, обработка материалов, техническая **диагностика** и **дефектоскопия**, механическая локация, **квантово-волновой мониторинг**, инструменты фундаментальных и прикладных **междисциплинарных научных исследований и межвидовых испытаний**, гомеостатическая **реконструкция состояний**, интеллектуальная экспертиза **техногенеза**, модельное проектирование, оценка и **адаптивное кибернетическое управление** научно-техническим уровнем ОНТ и соответствием ТТХ.

Методы Волновой реконструкции состояний (ВРС) опираются на чрезвычайно высокую чувствительность траекторных измерений текущих гомеостатических состояний и обладают **уникальным прогнозно-диагностическим признаком бифуркационных квантованных процессов в конструкционных материалах на микроструктурном уровне**. Это **соответствует научному уровню VI технологического уклада**, ориентированного на управляемый синтез свойств неживых (конструкционных) и живых (биотканей) материалов. **Синтезирование конструкционных материалов будущего невозможно без тонкого инструментария наблюдения динамики свойств состояний на микроструктурных атомно-молекулярных уровнях, обладающего беспрецедентной гиперчувствительностью в диапазоне частот от нуля до сотен МГц.**

Прообразом такого инструментария сегодня является универсальная информационная технология "ВИТ на основе ВМС", которая с привлечением уникальных метрологических средств на новых физических принципах и нейросетевых эксафлопных вычислений позволит познать и преодолеть проблемы антропогенной безопасности. Образно говоря, пришла пора создания **интеллектуальных томографических систем непрерывного наблюдения и прогноза ресурсных состояний** объектов механических систем, своего рода "динамических моделирующих интроскопов".

**Ожидаемый ближайший научно-технический результат** (НТР) проекта состоит в комплексе системных фундаментальных и прикладных исследований для обоснования, разработки, изготовления, испытаний и доведения до опытной эксплуатации **базового**

**универсального аппаратно-программного комплекса векторно-фазовой (волновой) реконструкции текущих состояний** объектов новой техники на основе прорывных опережающих технологических решений W-кластера.

**Следующим тактическим** уровнем НТР ожидается **создание интеллектуальных (модельных) экспертных систем** реального времени встроенного наблюдения режимов, процессов и состояний для **объективной оценки текущего соответствия** ТТХ и непрерывного техногенеза (прогноза гомеостаза) вооружений и инфраструктуры боевых действий.

**Целевым стратегическим** уровнем НТР проекта планируется **разработка технологии распределенного сетецентрического интеллекта** системного наблюдения и управления с помощью **встроенных микромоделирующих комплексов** (ВММК) поддержки заданного НТУ механических систем на основе квантово-волновых методов и моделей **адаптивного кибернетического управления** НТУ ОНТ.

**Понимаемым горизонтом** НТР проекта являются наукоемкие возможности создания сложных систем вооружений по технологии **модельного проектирования этапов жизненного цикла** (ЭЖЦ) на основе системных подходов, методов и **кибернетических моделей наблюдения**, а также интеллектуального **управления соответствием** ТТХ.

**Дальней технологической перспективой** видится **распространение волновых технологии сетецентрического интеллекта за пределы механических систем**, в смежные области электромагнитных и энергоинформационных полей.

Волновая информационная технология демонстрирует достоверное понимание физических процессов природного синтеза, адекватного ему научного анализа текущих состояний и эффективного управления наукоемкими ОНТ ОПК и потенциально опасными технологическими объектами, обеспечивающими национальную безопасность. Волновые исследования, основанные на повышении мерности измерений, многопараметрической модельной экспертизе текущих состояний и прогнозе неисправностей на ранней стадии их зарождения, внедрении **адаптивного кибернетического интеллектуального управления по информации квантово-волнового диагностического уровня**, соответствуют современным трендам развития науки, техники и технологий.

Практические приложения опережающих технологических решений W-кластера успешно преодолели укоренившийся в мировой метрологии научно-технологический консерватизм в области техногенно-технологической безопасности, **не имеют аналогов в России и за рубежом**, обеспечивают существенные преимущества перед альтернативными решениями лидеров мирового рынка IT. Находящиеся в стадии фундаментально-прикладных исследований и разработок идеи последующих этапов обеспечивают **надежное технологическое лидерство** интеллектуальных решений опережающего научно-технологического уровня в сфере технологий надежной и безопасной эксплуатации.

Разработчики W-кластера более зарубежных лидирующих конкурентов **приблизились к созданию интеллектуальных экспертных систем** механических объектов и систем, **обеспечивающих перевод вооружений на эксплуатацию по текущему техническому состоянию, выявление неисправностей на ранней стадии их зарождения** с целью предупреждения и предотвращения аварий, а также эффективной оценки рисков принятия решений **для гарантированного выполнения боевых задач**. Убедительно подтвержденная в отраслевых исследовательских приложениях успешная реализация четырех первых этапов проекта из пятнадцати, проведенная за счет внутренних ресурсов разработчиков, подтвердила фундаментальность, универсальность и междисциплинарность реализуемых подходов.

Прорывный характер реализованных приложений свидетельствует о перспективности предложенного универсального межвидового подхода к решению проблемы надежного и безопасного управления созданием, испытаниями и эксплуатацией вооружений, инфраструктуры обеспечения боевых действий и

особо важных гражданских объектов. Первые испытательные и предсерийные приложения могут быть реализованы в течение 30 месяцев относительно начала финансирования работ. В наиболее продвинутом направлении текущей диагностики и прогноза безопасной эксплуатации вертолетов планируется в указанный срок создание АПК волновой реконструкции состояний трех уровней: а) наблюдение и прогноз ресурса конструкционной прочности силовых элементов конструкции (хвостовая балка, грузовые подвесы и обшивка); б) текущая диагностики и прогноз исправной эксплуатации двигателей, редуктора и трансмиссии; в) текущая диагностика и предупреждение аварийной эксплуатации органов управления движением вертолета (несущий и хвостовой винты). Для мониторинга текущего состояния fuselage (обшивки) разрабатывается экспериментальная система квантово-волновой оптический вибропреобразователь (КВОВ) с уникальным рабочим диапазоном частот от 0 до 100 МГц и практически мгновенной передачей информации в вычислитель.

По информации зарубежных источников, применение аналогичных по задачам, но более отстающим по информативности скалярных (усредненных) 1D-систем на боевых вертолетах сухопутных войск США приводит к существенной экономии материальных, финансовых и трудовых ресурсов, повышает уровень исправности техники до 89 %, вероятность выполнения боевых задач при эксплуатации вооружений с уровнем надежности (достоверности) с учетом текущего анализа одномерных измерений - до 85 %.

Ожидаемые характеристики создаваемых 3D-инструментов наблюдения эксплуатационных состояний принципиально меняют эксплуатационные свойства и функциональные возможности ОНТ как качественно, так и количественно. Новые виды ФОМО, наделенные эффективными интеллектуальными возможностями, будут более конкурентоспособными в военно-технической, технологической и социально-экономической сферах жизнедеятельности.

## **МНЕНИЕ НАУЧНОГО АНАЛИТИКА**

В области научно-технологических исследований наблюдается быстрый рост масштабов сетевых взаимосвязей, приобретающий все более междисциплинарный гиперсвязанный характер, при этом, стирание граней между различными дисциплинами требует использования качественно новых идей и системных инструментов научно-технической и инновационной политики.

Заметно трансформируется природа требований и запросов со стороны экономики и общества к развитию науки и технологий, чему способствует объективная интеграция опережающих междисциплинарных знаний в качестве универсальной и системной основы перспективных межвидовых исследований.

На этом фоне все заметнее проявляются признаки движения общества к экономике знаний через формирование информационного общества. Идет постоянный поиск креативных областей массовых внедрений новых технологических решений через усложнение и повышение уровня мультидисциплинарности научных исследований для диффузии инновационных разработок с межвидовой перспективой. Современных философов знаний все более привлекает идея тройственного симбиоза фундаментальной практико-ориентированной науки, инновационной научно-мотивированной промышленности, развивающегося науки и промышленности образования.

Создаются принципиально новые прорывные научно-технологические решения, обеспечивающие укрепление позиций на сложившихся рынках и возможности прорыва на новые формирующиеся рынки. Волновая информационная технология на основе Волнового мониторинга состояний в полной мере реализует системно-междисциплинарный кластерный подход философии и экономики знаний, демонстрирует успешное сведение результатов разнородных инструментальных средств мониторинга и наблюдения, техногенеза и моделирования в борьбе за лидерство в технологиях нового уклада.

## **Литература и публикации**

1. Лещенко А.П. Фундаментальная строительная механика упругих систем. Изд. "Сфинкс", Таганрог, 2003, - 975 с.
2. Сперанский А.А. и др. Фундаментальный подход к реконструкции механических полей для оценки эксплуатационных свойств изделий Оборонпрома, Двигатель, 2009, №1-3.
3. Гусев Б.В., Сперанский А.А. Волновой мониторинг безопасности механических систем, РИА, альманах ДСР, 2011, №3.
4. Цернант А.А., Сперанский и др. Системотехника вибромониторинга строительных конструкций, БСТ, 2009, №11, с. 49-61.
5. Сперанский А.А., Иванюк И.И. Стратегия научного мониторинга критически важных для национальной безопасности и потенциально опасных объектов. Изд. АНБ, 2010, №3.
6. Сперанский А.А. Гомеостатическое модельное проектирование как способ обеспечения техногенной безопасности при создании и эксплуатации объектов новой техники // Двигатель, 2013, №3.