

МЕХАНИКА — ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ МАШИН И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Высоцкий М.С., Альгин В.Б.

The paper discusses the state programs of researches in a field of mechanical engineering. The system of scientific supply for the machinery complex of Belarus is described. Roles of machinery components are examined.

Введение

Статья посвящена исследованиям в области механики машин. Описана система научного обеспечения машиностроительного комплекса республики. Рассматриваются вопросы организации научных разработок в рамках государственных программ и наиболее актуальные направления исследований по созданию наукоемких компонентов и конкурентоспособных отечественных машин.

1. Государственные комплексные целевые научно-технические программы. ГКЦНТП «Машиностроение»

В 2001–2005 годах основными государственными программами, формирующими цепочку от фундаментальных исследований до создания новой конкурентоспособной техники, выступили Государственная программа фундаментальных исследований «Механика» и Государственная научно-техническая программа «Белавтотракторостроение». За прошедший пятилетний период программе «Механика» придан статус государственной программы ориентированных фундаментальных исследований. Кроме того, была сформирована и выполнялась в 2003–2005 годах государственная программа прикладных научных исследований «Новые компоненты в машиностроении». ГНТП «Белавтотракторостроение» в 2004 году в результате укрупнения государственных научно-технических программ вошла как подпрограмма с сохранением названия в состав ГНТП «Машиностроение». Целью ГНТП «Машиностроение» является обеспечение научно-технической продукцией ГЦП «Автотракторокомбайностроение» — государственной целевой программы развития автотракторостроения и комбайностроения Республики Беларусь на 2003–2010 годы.

Основные результаты ГНТП «Белавтотракторостроение» по созданию новых моделей конкурентоспособных автомобилей, тракторов, комбайнов и двигателей, во многом связаны с отечественной школой механики и комплексного проектирования машин [1].

В рамках выполнения ГНТП «Белавтотракторостроение» предприятиями республики под руководством и непосредственном участии головной организации НИРУП «Белавтотракторостроение» НАН Беларуси, государственного заказчика программы Министерства промышленности Республики Беларусь, в сотрудничестве с учреждениями НАН Беларуси, ВУЗами и другими научно-исследовательскими организациями и научными коллективами за период 2001 – 2005 гг. создано: машин и механизмов – 40 моделей, оборудования – 9 видов, комплектующих к машинам, механизмам и оборудованию – 51 тип, материалов – 2, технологий – 8, приборов – 3, систем различного применения – 34, программных продуктов – 50, баз данных – 3, нормативно-справочных документов – 5.

Объем выпущенной продукции, разработанной и освоенной в производстве в 1999 – 2005 годах по завершенным заданиям подпрограммы «Белавтотракторостроение», превысил один млрд. долл. США. При этом, объемы выпуска разработанной по подпрограмме и освоенной продукции достигли в 2005 году 11,9 млн. долл. США, а с учетом выпуска по ГЦП «Автотракторокомбайностроение» — более 350 млн. долл. США. Отчисления в бюджет в 2005 году превысили 75 млн. долл., а начиная с 2001 года — 250 млн. долл., и в 22 раза превысили бюджетные затраты программы на разработку объектов новой техники.

Формально до 2006 года государственные программы рассмотренных типов были независимыми и не связанными друг с другом. С целью большей интеграции государственных научно-технических программ и программ фундаментальных исследований, повышения эффективности исследований на всех научных уровнях, их координации и обеспечения внедрения результатов в республике сформированы государственные комплексные целевые научно-технические программы (ГКЦНТП).

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.08.2006 № 1117 утверждены Положение о порядке формирования, финансирования и выполнения ГКЦНТП и их перечень на 2006–2010 гг., определены также руководители и их заместители.

Государственная комплексная целевая научно-техническая программа — это комплекс государственных научно-технических программ и государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований, взаимодополняющих друг друга в рамках соответствующих приоритетных направлений научной и научно-технической деятельности, направленный на обеспечение полного инновационного цикла, начиная от фундаментальных научных исследований и заканчивая внедрением научной и научно-технической продукции в производство, и реализацию приоритетов социально-экономического развития Республики Беларусь.

ГКЦНТП формируется в целях обеспечения текущей и перспективной координации тематики научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, проводимых в рамках названных в упомянутом Положении программ, повышения эффективности использования в народном хозяйстве результатов исследований и разработок. Включаемые в состав ГКЦНТП государственные научно-технические программы, государственные программы фундаментальных и прикладных научных исследований являются ее самостоятельными разделами, формирование, финансирование и выполнение которых осуществляется в установленном порядке для указанных типов программ.

Перечень государственных комплексных целевых научно-технических программ на 2006–2010 годы содержит 11 наименований, в том числе ГКЦНТП «Машиностроение».

Государственными заказчиками – координаторами ГКЦНТП «Машиностроение» являются Минпром и НАН Беларуси. Информация о разделах и руководителях ГКЦНТП «Машиностроение», приведена ниже в таблице.

Разделы ГКЦНТП «Машиностроение»	
Наименование государственных научно-технических программ, сроки их выполнения и государственные заказчики	Наименование государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований, сроки их выполнения и государственные заказчики
Создание и освоение производства в республике новых поколений конкурентоспособной автотракторной, сельскохозяйственной и специальной техники на базе новых и высоких технологий (ГНТП «Машиностроение»), 2006–2010 годы, Минпром; Создание, освоение и внедрение в производство в республике новых образцов конкурентоспособного станочного, литейного, оптико-электронного и другого технологического оборудования и новых технологических процессов для организаций машиностроения с применением новых и высоких технологий (ГНТП «Технологии и оборудование машиностроения»), 2006–2010 годы, Минпром; Разработка и внедрение в промышленности технологий информационной поддержки жизненного цикла продукции (ГНТП «CALS-технологии»), 2005–2010 годы, Минпром;	Исследование механики технических и биомеханических систем, разработка эффективных методов повышения их надежности, создание новых компонентов машин и оборудования для машиностроения (ГКПНИ «Механика»), 2006–2010 годы, НАН Беларуси; Развитие физических принципов взаимодействия полей с материалами, создание высокоэффективных и конкурентоспособных методов, средств и информационных технологий неразрушающего контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния промышленных объектов (ГКПНИ «Техническая диагностика»), 2006–2010 годы, НАН Беларуси, МЧС; Создание высокоэффективных технологических процессов и оборудования для развития металлургического комплекса Республики Бела-

Разработка и внедрение новых технологий, оборудования и машин для объектов городского хозяйства (ГНТП «Городское хозяйство»), 2006–2010 годы, Минжилкомхоз	русь (ГППИ «Металлургия»), 2005–2010 годы, НАН Беларуси	
Руководители ГКЦНТП «Машиностроение»		
Председатель координационного совета	Руководитель	Заместитель руководителя
Первый заместитель Премьер-министра Республики Беларусь Семашко Владимир Ильич	Первый заместитель Министра промышленности Демидович Иван Иванович	Директор ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» Высоцкий Михаил Степанович

Как видно из приведенной таблицы, ГКЦНТП «Машиностроение» включает четыре государственные научно-технические программы (ГНТП) и три государственные программы фундаментальных и прикладных научных исследований (две ГКПНИ и одну ГППИ). Состав ГНТП возглавляет программа «Машиностроение», а государственных программ фундаментальных и прикладных научных исследований — ГКПНИ «Механика». Эти две программы образуют своеобразную научно-техническую ось, вокруг которой вращаются и действуют остальные программы.

В связи с приведенной системой государственных программ особое значение приобретает организация, направленность и качество научных исследований по ГКПНИ «Механика», которые, являются базовыми для последующей реализации в научно-технических программах, прежде всего в ГНТП «Машиностроение».

2. Государственная комплексная программа научных исследований «Механика»

ГКПНИ «Механика» утверждена в составе Плана важнейших научно-исследовательских работ в области естественных, технических, гуманитарных и социальных наук по Республике Беларусь НА 2006 – 2010 годы (План утвержден постановлением Президиума Национальной академии наук Беларуси от 24 февраля 2006 года № 20). Государственный заказчик программы: Национальная академия наук Беларуси; головные организации – Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Институт механики металлополимерных систем им. В.А.Белого НАН Беларуси; научный руководитель программы – академик М.С.Высоцкий

Цели программы: Создание новых методов исследования и развитие физико-математического аппарата описания динамики мобильных машин, механизмов, конструкций, механических, гидравлических, газовых и биомеханических систем; развитие теории и разработка новых методов расчета оценки и нормирования надежности машин и технических систем; создание новых компонентов и подготовка их для последующего промышленного освоения, повышение конкурентоспособности машин и оборудования на основе применения новых материалов и технологий

Структура программы

Программа включает:

подпрограмму прикладных научных исследований «Создание новых компонентов машин и оборудования для машиностроения» и подпрограмму ориентированных фундаментальных научных исследований «Динамика, надежность и управление в мобильных машинах, механических, гидравлических, газовых и биомеханических системах». Последняя состоит из трех разделов:

Раздел 1. «Динамика и прочность машин, механика жидкостей и газов»;

Раздел 2. Надежность технических систем;

Раздел 3. Биомеханика и механика адаптивных материалов и композитов.

Планируемая инновационная деятельность

Общее направление работ по программе — создание новых методов исследования, методик, программных комплексов расчета и проектирования машин, оборудования, их систем, технологических процессов и материалов, макетных образцов новых компонентов машин повышенного технического уровня.

В исследованиях заинтересованы Минпром, а также Минсельхозпрод, Минздрав, Минкоммунхоз, концерн «Белнефтехим», БелЖД.

В числе крупных заинтересованных предприятий — МАЗ, МТЗ, БелАЗ, МЗКТ, ММЗ, ПО «Гомсельмаш», а также станкозаводы республики, РУП «Гомельтранснефть «Дружба», ПО «Беларуськалий» и другие.

В результате исследований по заданиям программы планируется разработать:

52 макетных образца новых компонентов машин и оборудования, в том числе: «Гидромеханические трансмиссии и их базовые модули для мобильных машин», «Адаптивная система поддрессоривания колесных тракторов «Беларусь», «Система управления тяговым электродвигателем троллейбуса МАЗ-103Т повышенного технического уровня», «Перспективная тормозная система тракторов «Беларусь», «Устройство управления работой подсистемы «стартер-генератор» электрических машин», «Подсистема контроля восприятия информации водителями», «Движитель типа «мотор-колесо» на основе высокомоментного вентильного электропривода прямого действия» и др.;

93 методики (метода), в том числе

- исследования и проектирования модульных транспортных средств,
- расчета и проектирования механических систем машин с заданными ресурсно-функциональными свойствами,
- синтеза, расчета и оптимизации силовых передач мобильных машин,
- конструирования технических средств динамической стабилизации дисков различных геометрических параметров для компонентов автотракторной техники,
- проектирования устройств управления работой подсистемы «стартер-генератор» электрических машин,
- расчета зубчато-ременных передач повышенной несущей способности и долговечности,
- контроля заданной структуры картерных отливок агрегатов автомобилей и термообработанных болтов двигателей,
- совершенствования конструкций и рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания,
- изготовления высокопрочного лезвийного инструмента на основе композиционных материалов с наноразмерными наполнителями и др.

43 технологии, в том числе: «Виртуальных испытаний автотракторной и сельскохозяйственной техники», «Замещения импортируемых компонентов отечественными изделиями с повышенным ресурсом работы», «Формирования поверхностных слоев с заданным комплексом триботехнических и упруго-диссипативных свойств», «Формирования поверхностных износостойких структур с пониженным коэффициентом трения», «Изготовления и термообработки литых зубчатых колес взамен поковок», «Изготовления и химико-термического упрочнения зубчатых колес из высокопрочных сталей нового поколения» и др.

5 новых материалов: «Композиционные многослойные системы на основе оксидокерамики, поверхностно модифицированные антифрикционными материалами с нанонаполнителями», «Волокнисто-пористые материалы», «Биосовместимые полимерные трикотажные эксплантанты», «Ауксетичные и мультимодульные материалы», «Композиционные материалы с наноразмерными наполнителями».

Подписаны соглашения о взаимной заинтересованности в использовании результатов работ с Минпромом (по программе в целом), с потребителями результатов по группам заданий с МАЗ, МТЗ, ПО «Гомсельмаш». Задания программы поддержаны более чем 25 предприятиями промышленного комплекса, в том числе МАЗ, МТЗ, БелАЗ, МЗКТ, ПО

«Гомсельмаш», ОАО «Амкодор», ОАО «Пеленг», БелЖД, РУП «Гомельтранснефть «Дружба», а также Министерством обороны, Министерством транспорта, рядом промышленных предприятий, выпускающими оборудование, компоненты и комплектующие для машиностроения и смежных отраслей. Предусмотрено внедрение результатов разработок по заданиям программ на промышленных предприятиях.

Вклад программы в развитие фундаментальной науки, сохранение и развитие научного потенциала страны, в развитие международного сотрудничества в области науки

Разработка и создание современных компьютерных методов расчета, динамического анализа и испытаний мобильных машин и технических систем (компьютерная механика); методов прогнозирования ресурса машин, принципов мониторинга надежности автотракторной, сельскохозяйственной техники и станочного оборудования; наноматериалов и нанотехнологии, интеллектуальных адаптивных материалов и композитов для машиностроения; научных основ создания компонентов новых двигателей, трансмиссий, приводных систем, электронных и мехатронных систем для автомобилей, тракторов, комбайнов, станков; интеллектуальной и бортовой электроники и мехатроники.

По тематике заданий программы Объединенным институтом машиностроения выполняются контракты с организациями Республики Корея в области разработки методик оценки прочности механических передач мобильных машин и их ускоренных испытаний. В стадии подготовки находятся контракты по ускоренным испытаниям моделей силовых систем машин, нейтрализаторам выхлопных газов двигателей мобильных машин и др.

В рамках договоров о научном сотрудничестве между НАН Беларуси и СО РАН проводятся совместные работы в области физики прочности и физической мезомеханики с Институтом физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН. Подписаны соглашения с Массачусетским технологическим институтом (США), Версальским университетом Св. Квентина (Франция), Высшей национальной инженерной школой г. Бурж (Франция), Найянским технологическим университетом (Сингапур), Токийским университетом (Япония) о проведении совместных работ в области развития исследований по наноматериалам и нанотехнологиям.

Вклад результатов программы в повышение уровня образования в стране

Координация научных исследований и подготовка научных кадров в областях: механики машин, механизмов, конструкций, механических, гидравлических, газовых и биомеханических систем; разработки компонентов машиностроения, потенциально имеющих ключевое значение для машиностроения республики.

В программе участвуют 76 организаций и предприятий двенадцати министерств и ведомств, в т.ч. 13 учреждений НАН Беларуси, 14 вузов Минобразования, 2 вуза Минсельхозпрода, 2 вуза Минздрава и 1 – Минспорта и туризма

Исполнителями и соисполнителями заданий программы являются представители крупнейших вузов страны: БГУ, БНТУ, БГУИР, БелГУТ, БРУ, БГАТУ, ГрГУ, ПГУ, ГГУ, ГГТУ, БГТУ, ВГТУ, ГГМУ, БГУФК.

В курсы лекций по общетехническим дисциплинам, основам конструирования автомобильной, тракторной и сельскохозяйственной техники, технологическому оборудованию, технологиям производства изделий машиностроения и сопутствующим технологиям, включаются результаты фундаментальных и прикладных исследований по программе, что обеспечивает интеграцию академической науки и высшей школы.

3. Роль компонентов

Изменение требований к качеству компонентов по годам приведено на рис. 1. Компоненты являются наиболее подвижной и быстро прогрессирующей составляющей машин, что во многом определяют их ведущую и возрастающую роль при создании новой конкурентоспособной техники.

ГППИ «Создание новых компонентов машин и оборудования для машиностроения» является первой и наиболее значимой частью ГКПНИ «Механика», что отражает отмеченную тенденцию.

В мировой практике можно выделить три подхода к производству и использованию компонентов машин:

1. Производство компонентов за счет собственных ресурсов;
2. Широкое использование компонентов от мировых производителей;
3. Комбинированный подход.

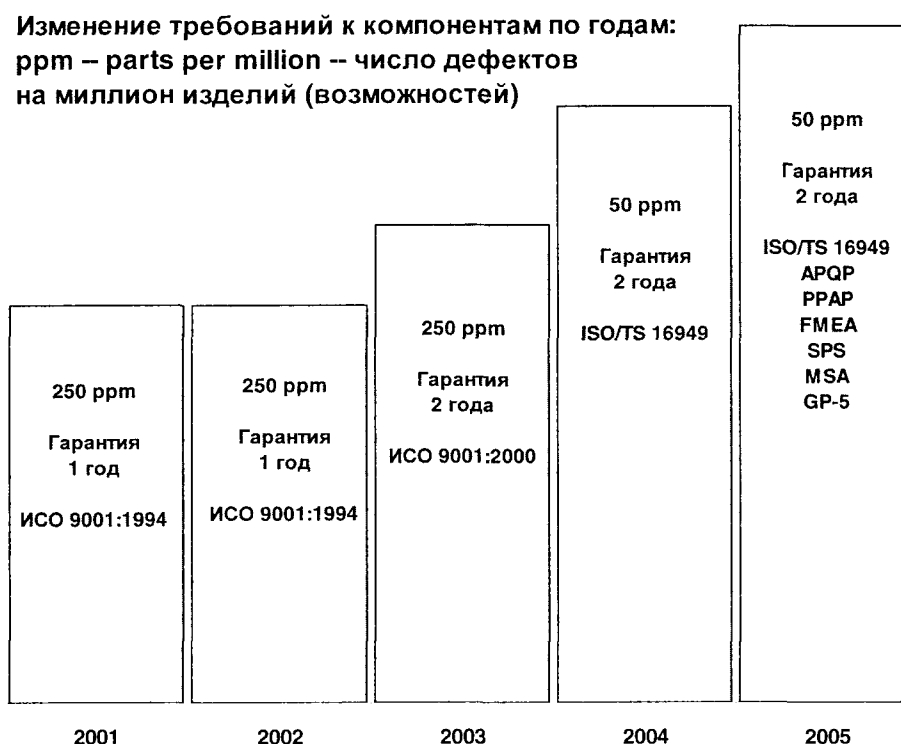


Рис. 1. Изменение требований к качеству компонентов по годам

В отечественной практике можно найти примеры, когда машиностроительное предприятие широко использует компоненты мировых производителей (БелАЗ) и когда предприятие ориентируется на собственные ресурсы (МТЗ). Следует отметить, что наличие определенной доли собственных (отечественных) компонентов в выпускаемой продукции является одним из критериев конкурентоспособности предприятия и страны в целом.

В общем случае использование собственных (отечественных) либо мировых компонентов связано с экономическими факторами и во многом зависит также от государственной научно-технической и социальной политики.

В настоящее время на мировых рынка машиностроительной, особенно автомобильной продукции, отмечается особая активность производителей из Китая и Кореи.

Китай стремится вытеснить конкурентов с рынка компонентов за счет дешевизны своей продукции. При этом в научно-технической сфере китайские специалисты уделяют особое внимание внедрению результатов в практику машиностроения в областях исследования прочности, использования электронных систем и мероприятий по защите окружающей среды. Во время участия белорусских специалистов в Китайской международной конференции по обмену специалистами и Выставке научно-технических достижений в сентябре 2006 года большой интерес был проявлен к разработке «Нейтрализатор выхлопных газов двигателя

внутреннего сгорания», выполненной в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси [2].

Корейские автомобили в последнее время имеют высокий рейтинг по надежности. Это во многом связано с активной государственной политикой в области собственных (отечественных) компонентов. При Корейском институте машин и материалов создан Центр оценки надежности механических компонентов в Корее. В описании деятельности Центра отмечено следующее.

Сегодня, корейская промышленность механических компонентов сталкивается с трудными ситуациями из-за сокращения внутреннего спроса, увеличения цен на сырье, конкуренции развивающихся стран (таких как Китай) и общего развития мировой индустриальной структуры. Поэтому есть острая потребность создать испытательную инфраструктуру и систему оценки на уровне развитой страны. Это позволит проводить быструю и точную оценку характеристик и ресурса компонентов, для того чтобы достигнуть международной конкурентоспособности корейских механических компонентов.

Но для отдельных предприятий невозможно иметь все испытательное требуемое оборудование и необходимый технический персонал. Поэтому Министерство торговли, промышленности и энергии Кореи продвигают проекты по надежности так, чтобы отечественные предприятия смогли повысить свою международную конкурентоспособность при сокращающемся бюджете. Это также даст им возможность приблизить их технологию и качество производства к уровню развитых стран. Как часть этой программы Корейский институт машиностроения и материалов (КИММ) учредил Центр оценки надежности (РАС), чтобы выполнять подтверждение требований по надежности механических компонентов.

Центр Оценки надежности механических компонентов играет роль Медицинского диагностического центра механических компонентов, произведенных в Корее. В настоящее время он обладает приблизительно ста тридцатью испытательными станциями, и развивает около 10 технологий ускоренных ресурсных испытаний, что позволит сократить время испытаний и связанную с ним стоимость. Также планируется разработать методы для выполнения около 20 различных климатических тестов, которые будут соответствовать военным стандартам (MIL-STD-810F).

РАС будет проводить в действие «Правительственный проект сертификации Надежности» и, в конечном счете, добавит технологию оценки надежности при выполнении отдельных проектов по исследованиям и разработкам механических компонентов. Это сделает качество отечественных компонентов одним из лучших в 4 международных классах в пределах 10 лет. Ожидается рост интереса среди индустриальных компаний в использовании технологий, для того чтобы улучшить надежность и конкурентоспособность механических компонентов [3].

На рис. 2 показаны основные этапы в процедуре получения сертификата «R»-Mark Certification Award, выдаваемого РАС после успешного тестирования механического компонента. Performance, Environmental, Durability и Safety тесты означают соответственно: тест на функциональные характеристики, климатический тест, тест на долговечность (ресурс) и тест на безопасность. Видно, что эта процедура имеет более широкий характер по сравнению с испытаниями на надежность (долговечность). Фактически процедура испытаний выявляет все основные свойства механического компонента.

На рис. 3 показано различие между испытаниями на оценку качества и испытаниями на надежность в понимании РАС. В нижней части рис. 3 указано, что тест на надежность (Reli-

ability assessment test) представляет собой синтетический (комплексный) гарантирующий качество системе тест (Synthetic Quality Guaranteed System» test), который служит для подкрепления оценки качества испытаниями на ресурс и климатическими испытаниями.

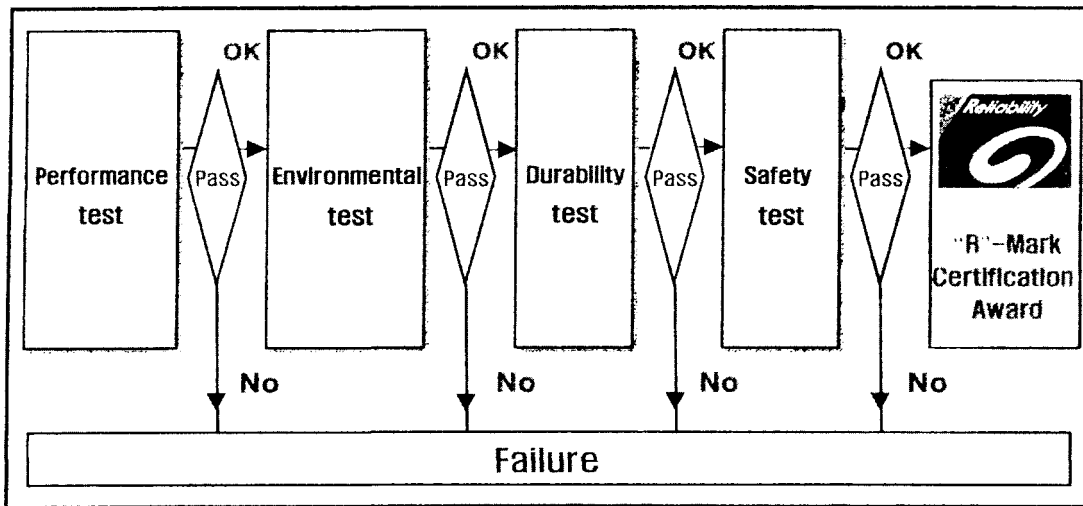


Рис. 2. Процедура испытаний на надежность

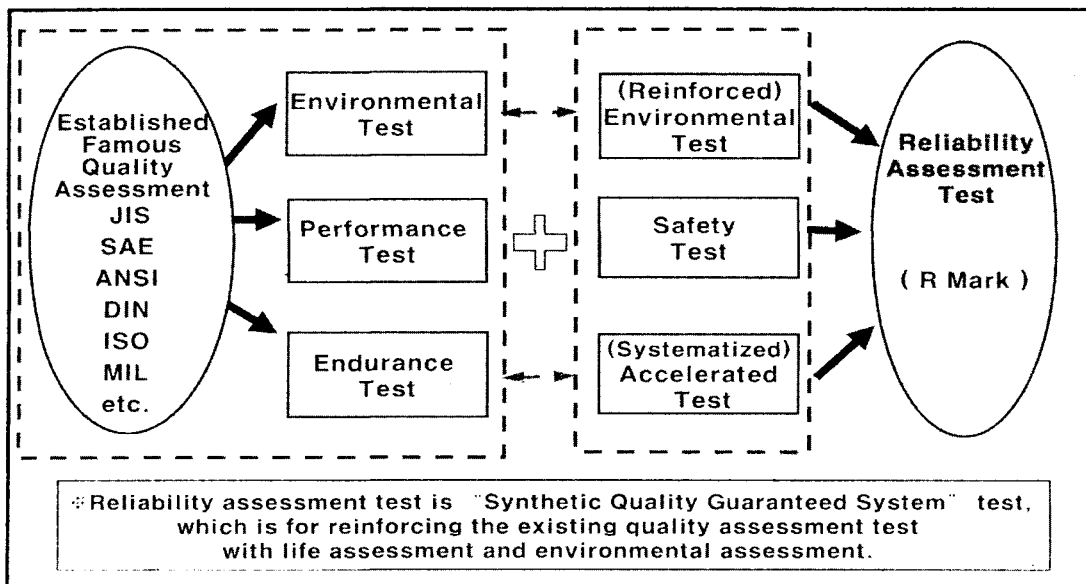


Рис. 3. Сравнение между испытаниями на оценку качества и испытаниями на надежность

Следует отметить большое число испытательных станций, стендов (около 130) и при этом сравнительно небольшое число методик, особенно в области ускоренных ресурсных испытаний (около 10), что свидетельствует о стремлении создать унифицированные методики испытаний, несмотря на широкий спектр испытываемых компонентов: механические компоненты (тормоза, подшипники, пружины, муфты, сцепления, карданные валы, мосты и оси автомобилей и тракторов, гидротрансформаторы и замедлители, ступенчатые и бесступенчатые коробки передач, редукторы и т.д.), гидравлические устройства (гидронасосы и гидро-

моторы, сервоприводы, разнообразные клапаны и т.д.), пневматические устройства (цилиндры, моторы, компрессоры, регуляторы, клапаны и т.д.).

Данный опыт корейских специалистов во многом может быть использован в нашей стране как в организационно плане, так и по вопросам создания унифицированных современных методик для ускоренных ресурсных испытаний машиностроительных компонентов.

Заключение

Развитие отечественного машиностроения во многом зависит от научно-технического обеспечения процессов создания новой техники, в том числе от эффективности и результативности государственных программ. Механика как наука была и остается основным поставщиком результатов для создания современных машин и их компонентов. Особое значение на современном этапе развития машиностроения приобретает быстрая и экономичная разработка новых наукоемких компонентов, создание методов их проектирования и ускоренных испытаний. На эти цели в рамках описанных государственных программ задействован и интегрирован потенциал отечественной академической, вузовской и производственной науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высоцкий М.С. Белорусская школа механики и комплексного проектирования машин // Теоретическая и прикладная механика, 2005. Вып. 18. – С. 26–43.
2. Янкевич Н.С. Отчет о работе, проделанной во время командировки на Китайскую международную конференцию по обмену специалистами и Выставку научно-технических достижений в провинции Ляонин (г. Шеньян, Китай, 16.09.06-22.09.06). – Мн.: ОИМ, 2006.
3. Introduction to Reliability Assessment Center for Mechanical Components in KOREA. – Mechanical Components. – KIMM: Korea Institute of Machinery and Materials. – 2006. – P. 8 – 37.