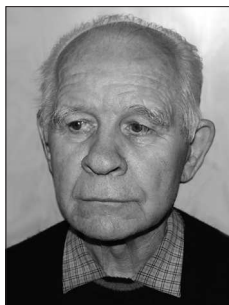
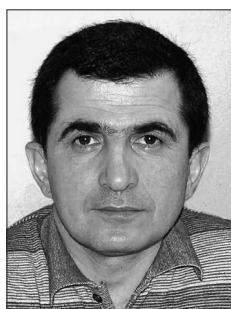


НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ТЕХНИКИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ XXI В.



АПОЛОНОВ
Иван
Васильевич

- ♦ доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ЦНИИС



ХАРИЕВ
Насир
Имирасланович

- ♦ кандидат технических наук, ведущий эксперт ГУ РФЦСЭ при Минюсте России

1. Общая постановка вопроса в проблеме обеспечения надежности и безопасности создаваемых и эксплуатируемых объектов национального уровня и сложной научно-технической техники XXI в.

Вторая половина XX в. и, в частности, 50–80-е годы были «звездными» как для СССР в целом, так и его союзных республик. Именно в эти годы страна интенсивно развивалась с неуклонно возрастающим темпом по самым разным направлениям жизни советского общества: в науке, технике, литературе, искусстве и т.д. В эти годы наиболее интенсивно развивались машиностроительные отрасли с опере-

жающим приоритетным развитием оборонных отраслей, разрабатывающих и выпускающих сложную наукоемкую технику двойного назначения: в космической отрасли, ракетостроении, авиапроме, судопроме, радиопроме и т.д.

Интенсивное развитие в перечисленных отраслях процессов создания и производства новой сложной наукоемкой техники и средств технологического оснащения (СТО) ее производств повлекло за собой становление и развитие на принципиально новом уровне жизненно важной дисциплины — дисциплины надежности, которая в эти годы сформировалась в самостоятельное комплексное многостороннее научно-практическое направление. В теоретическом аспекте это направление выросло до уровня целого комплекса математических методов, моделей и специализированных алгоритмов, снабженных соответствующими библиотеками стандартных пакетов прикладных программ, ставших в последние годы хорошим базисом при формировании диалоговых человеко-машинных процедур в ходе разработки и решения различных инженерных задач и обмена информацией с помощью современной электронной техники. В практическом аспекте это направление выросло до уровней отраслевых, межотраслевых и государственных программ развития новой сложной наукоемкой техники, получивших статус инновационных и коммерческих разработок для конкретных классов сложных изделий и СТО их производств. Разработка и реализация таких программ потребовали создания многочисленных специализированных структурных подразделений и служб надежности практически во всех ведущих разрабатывающих и промышленных предприятиях (НИИ, КБ, НПО, заводах) с приоритетной ролью предприятий военно-промышленного комплекса (ВПК) страны. Теоретический и практический опыт и большое количество пионерных разработок в виде отраслевых и межотраслевых НИР и ОКР, выполненных за эти годы по проблематике надежности и сопутствующих ей направлениям (теории проектирования, теории испытаний, теории прогнозирования, разрушающим методам контроля и т.д.), нашли свое отражение в большом числе публикаций

в виде книг, монографий, справочных руководств, отдельных специализированных брошюр, диссертаций (докторских и кандидатских), ГОСТов, ОСТов, стандартов предприятий, отраслевых и межотраслевых учебных специализированных руководств, а также концептуальных научных статей в многочисленных всесоюзных и республиканских изданиях применительно к конкретным видам техники. Перечисленные публикации в настоящее время настоятельно требуют квалифицированного обобщения с целью постановки на их основе новых актуальных задач, направленных на решение проблемы обеспечения надежности и безопасности создаваемых и эксплуатируемых объектов национального уровня и постоянно усложняющейся техники XXI в. Необходимость такого обобщения именно сегодня обуславливается двумя основными обстоятельствами.

Первое из них заключается в том, что наиболее квалифицированные специалисты в области надежности («надежники» 1-го поколения 50–60-х годов) практически в полном составе «ушли в мир иной», а специалисты 2-го поколения («надежники» 70–80-х годов) в основной своей массе по возрасту подошли к рубежу 70–75 лет. К сожалению, за ними нет практически никого. По этой причине через 5–7 лет просто некому будет на должном уровне

не обобщать накопившийся громадный научный и практический материал в виде перечисленных публикаций тех лет по проблематике надежности и сопутствующим ей указанным выше направлениям, передать его очередному 3-му поколению «надежников» (если оно в принципе состоится) и сформулировать новые важные задачи применительно к надежности и безопасности разрабатываемой, выпускаемой в опытном и серийном производстве, а также эксплуатируемой сложной наукоемкой техники XXI в. в ближайшей, среднесрочной и дальней перспективе.

Второе важное обстоятельство заключается в том, что в связи с «перестроечными делами» 90-х годов XX в. именно в последние годы резко возросло и с печальным постоянством возрастает число тяжелых аварий, катастроф и серьезных происшествий на различных крупных объектах национального уровня, а также в сложных технических системах¹, повлекших за собой многочисленные жертвы людей, утрату дорогостоящей техники и технологического оборудования, большой урон природе, существенное ухудшение экологической обстановки в регионах, социальную напряженность в зонах бедствий, значительные затраты основных видов ресурсов (денежных, трудовых, материальных, временных) на ликвидацию последствий от указанных происшествий².

¹ К наиболее резонансным происшествиям второй половины XX в. и первого десятилетия XXI в. следует отнести происшествия катастрофы, аварии и серьезные отказовые ситуации на:

- атомных, тепловых и гидростанциях;
- атомных и дизельных подводных лодках;
- морских лайнерах и паромах, а также теплоходах типа «река-море»;
- гражданских авиалайнерах и различной военной авиатехнике;
- гражданских и военных строительных объектах;
- железнодорожном транспорте и метрополитене городов Москвы, С.-Петербурга, Н.-Новгорода и т.д.;
- спецобъектах военно-промышленного комплекса;
- угольных шахтах глубокого залегания;
- нефтегазовых транспортных сетях и магистральных трубопроводах;
- городских, междугородных и федеральных автодорогах;
- магистральных высоковольтных линиях электропередач;
- водных и энергосетях, трансформаторных подстанциях, а также многочисленных объектах ЖКХ в городах, ЗАТО, поселениях городского типа и т.д.

² Затраты денежных средств на ликвидацию последствий, указанных в основном тексте данного обзора, имевших место в перечисленных отраслях и сложных объектах национального уровня различного назначения, за последние 20–25 лет (т.е. за время «перестроечных» процессов в стране) составляют весьма внушительную сумму. По некоторым оценкам специалистов в области надежности сложных систем, ежегодно они составляют величины порядка многих триллионов (!) рублей. Так, только в нефтегазовой отрасли, начиная со второй половины 90-х годов XX в., такие затраты составляют суммы порядка 500–800 млрд (Щелгунов Г.П. Рост катастроф можно остановить // Надежность и контроль качества и надежности. 1997. № 6. С. 44). В автодорожной отрасли из-за резкого отставания и развития инфраструктур дорожного хозяйства по сравнению с резким скачкообразным ростом числа автомобилей за последние 10–15 лет возникла проблема «пробок». Так, в г. Москве в 1960 г. было всего 148 тыс. автомобилей, а в 2010 г. их число составило около 4-х млн. (!) (Пикуленко А., радио «Эхо Москвы», 26.11.10 г.). Проблема «пробок» в последние годы присуща многим крупным городам всего мира. Их наличие в городах и подъездах к ним приводит к многочисленным ДТП, в которых погибают и серьезно травмируются многие тысячи людей. Так, в России за последние годы на дорогах в целом по стране погибает около 30 тыс. человек в год (это примерно 100 человек в день, что эквивалентно одной ежедневной серьезной авиационной катастрофе). При этом около 120 тыс. человек серьезно травмируются. Наличие «пробок» приводит к весьма значительным денежным издержкам. Так, в США в 2009 г. издержки в денежном выражении по стране в целом составили 750 млрд долл. (!). У нас в России, по словам А. Пикуленко, эти затраты никто не подсчитывал, но они (затраты) могут составлять величины

Во многих случаях эти аварии, катастрофы и серьезные происшествия в последние годы стали характерными и для многих ведущих стран мира. В основном они обуславливаются недостаточной надежностью создаваемой и эксплуатируемой сложной техники, а также целым рядом других важных причин. Указанные обстоятельства требуют радикальных и срочных мер не только на уровне законодательной власти и правительства нашей страны, но и на международном уровне. В числе первоочередных мер и шагов в качестве конкретных постановок задач по данной проблематике следует указать на необходимость подготовки и выпуска в свет обобщающих публикаций в виде общих и частных по видам техники обзорных работ и аналитических отчетов по важнейшим отраслям промышленности. Одним из таких аналитических обзоров общеплановочного плана с рядом конкретных предложений и рекомендаций и является настоящая статья. В контексте излагаемых материалов по данному обзору особое внимание обращено на ряд наиболее важных вопросов, непосредственно относящихся к проблематике обеспечения надежности и безопасности крупных объектов национального уровня, а также сложной наукоемкой техники, подлежащей разработке, опытному и серийному производству, а также эксплуатации (в том числе транспортировке, хранению и утилизации) в ближайшей, среднесрочной и более отдаленной перспективе XXI в. К таким вопросам отнесены:

- систематизация, обобщение и анализ основополагающих публикаций 60–80-х годов по проблематике надежности, выполненных ведущими учеными и специалистами применительно к различным ведущим отраслям промышленности СССР и России;

порядка 1–4 трлн руб. за тот же период. Многие затраты в денежном выражении по другим перечисленным выше отраслям в основном являются закрытыми данными. Но в целом по стране они составляют весьма внушительные суммы, соответствующие выше заявленным. Они вполне убедительны для того, чтобы руководство страны (и не только России) обратило самое пристальное внимание на проблему надежности и безопасности объектов национального уровня и сложной техники XXI в. Как отмечено в ряде работ последних лет, проблема надежности создаваемой и эксплуатируемой техники на национальных уровнях вставала и ранее во многих странах мира в 50–60-е годы XX в., в том числе в Японии, США, Германии, Великобритании и др., и успешно решалась в рамках соответствующих программ в 60–70-е годы. Примерно в эти годы, со сдвигом на 7–10 лет, данная проблема решалась на национальном уровне и в СССР. Каким образом она решалась и что конкретно было получено в результате практической реализации этой программы в 60–80-е годы, кратко, но достаточно исчерпывающе отмечается в основных разделах настоящего обзора. Постановка и решение конкретных проблем и задач применительно к различной технике в ведущих отраслях промышленности, в том числе и в отраслях оборонного комплекса страны, достаточно подробно описывается в многочисленных монографических изданиях, а также в публикациях последних лет, в том числе отечественных. Сегодня проблема надежности и безопасности создаваемой и эксплуатируемой техники XXI в. стоит существенно более остро и ее следует решать незамедлительно. При этом в отличие от 60–80-х годов данную проблему следует ставить и решать с учетом новых факторов, акцентируя особое внимание на человеческом факторе, а также на террористическом, криминальном, коррупционном, хозяйственно-экономическом и других аспектах, рассматриваемых в ряде работ и публикаций последних лет. В этой связи в заключительном разделе настоящего обзора предлагается более широкий спектр вопросов, задач и рекомендаций по проблематике надежности и безопасности объектов национального уровня и сложной техники, подлежащих решению в ближайшей, среднесрочной и более отдаленной перспективе XXI в., в том числе на международном уровне, с участием соответствующих зарубежных специалистов.

- анализ конкретных работ по проблематике надежности применительно к некоторым важным техническим направлениям (видам техники) с целью постановки на их основе новых актуальных задач по обеспечению надежности сложной наукоемкой техники XXI в.;

- создание информационной системы (как на бумажных, так и на электронных носителях) на национальном уровне по результатам проведения НИР и ОКР и их обсуждения в специализированных открытых и закрытых изданиях (публикациях), а также на отраслевых, межотраслевых, общероссийских и международных съездах, конференциях, круглых столах и других соответствующих мероприятиях;

- анализ основных причин и факторов, стимулирующих положительную динамику по количественному и качественному росту объемов НИР и ОКР, а также инициативных работ по договорам о научно-техническом сотрудничестве между предприятиями и различными организациями смежных отраслей и ведомств по проблематике надежности в 60–80-х годах и резкого их спада в 90-е годы XX в.;

- анализ положительной динамики, наметившейся в последние годы в формировании новых групп авторов, разрабатывающих и развивающих программно-целевой подход к проблеме обеспечения надежности новой сложной наукоемкой техники XXI в. в контексте формирования нового научно-методологического подхода к управлению качеством создаваемой продукции;

- необходимость восстановления на национальном уровне соответствующих подразделений и служб надежности, созданных в 60–70-е годы практически во всех ведущих отраслях промышленности СССР и России, которые в

значительной мере способствовали выходу создаваемой продукции двойного назначения на мировой уровень;

- организация на новом уровне общенационального образовательного процесса в порядке вузовского и послевузовского обучения по проблематике надежности в соответствии с новыми текущими задачами ведущих отраслей промышленности России с целью ее выхода на мировой уровень;

- подготовка на новом уровне специалистов-экспертов из правоохранительных и правоприменительных структур по проблематике надежности для целей более активного и результативного проведения экспертных исследований по авариям, катастрофам и серьезным происшествиям на объектах национального уровня и сложной техники XXI в.;

- создание системы государственного контроля со стороны правоохранительных и правоприменительных структур процессов создания, опытного и серийного производства, а также эксплуатации (в том числе транспортировки, хранения, утилизации) с точки зрения обеспечения надежности и безопасности объектов национального уровня и сложной техники XXI в.;

- создание в структуре Счетной палаты РФ и ее региональных отделений системы государственного надзора за целевым расходом основных видов ресурсов (денежных, трудовых, материальных, временных) в ходе разработки и реализации отраслевых, межотраслевых и национальных программ по проблематике надежности создаваемых и эксплуатируемых крупных объектов и уникальных технических систем¹.

2. Формирование проблематики надежности механиками – строителями 30–40-х годов XX в. и ее развитие в ведущих машиностроительных отраслях промышленности в СССР и России в 50–80-е годы

К началу 80-х годов теория надежности превратилась в обширное и вполне самостоятельное направление прикладной математики, а практика надежности выросла до уровней

проблемно ориентированных программ отдельных предприятий и отраслей промышленности по конкретным видам техники. Резко выросли объем и уровень исследовательских работ, посвященных тематике надежности. В зависимости от того, для решения каких задач спроектирован объект, восстанавливается он или не восстанавливается в процессе эксплуатации, предназначается ли он для одноразового или многократного применения, могут существенно различаться методы их количественного анализа.

Понятие количественного анализа надежности объекта, системы или отдельного технического устройства включает: оценку (т.е. определение некоторой количественной меры), контроль, подтверждение и обеспечение надежности.

Под *оценкой* надежности подразумевается вычисление количественных характеристик (показателей), например, оценки вероятности безотказной работы изделия (системы, технического устройства) и ее среднего квадратичного отклонения и (или) нижней и верхней доверительных границ в конкретных условиях функционирования изделия, оговоренных в нормативно-технической документации.

Под *контролем* надежности понимается совокупность правил, действий и процедур, позволяющих вынести решение о надежности изделия в целом и его составных частей, т.е. установить, удовлетворяются ли требования технической документации по надежности в количественном выражении или не удовлетворяются.

Под *подтверждением* надежности понимается практическая демонстрация надежности изделия в штатных условиях его эксплуатации или максимально к ним приближенных.

Под *обеспечением* надежности понимается совокупность организационно-технических мероприятий, направленных на поддержание уровней показателей надежности изделия в соответствии с требованиями технической документации на всех этапах его жизненного цикла.

Впервые вопросы надежности были затронуты в связи с использованием вероятностных методов при проектировании различных технических сооружений механиками-строителя-

¹ Применительно к последним двум пунктам весьма уместно отметить положительный опыт наличия хорошо структурированной системы военных представителей (военпредов) в структурах разрабатывающих и промышленных предприятий (НИИ, КБ, НПО, заводах) и воинских частей. Активное участие института военпредов во всех процессах (НИРах, ОКРах, опытном и серийном производстве, а также эксплуатации) представляло собой весьма эффективную управленческую функцию со стороны заказывающих управлений МО СССР, что в конечном итоге в период 60–80-х годов XX в. позволило осуществить выход отечественной техники двойного назначения на мировой уровень. Результаты этого процесса подтверждаются и в настоящее время, несмотря на весьма серьезные трудности перехода России на новые условия промышленно-хозяйственной деятельности.

ми. Эти работы были выполнены М. Майером и Н.Ф. Хоциаловым и относятся к концу 20-х годов XX в. Однако первые работы по надежности конструкций не получили достаточного признания в основном из-за отсутствия систематизированного статистического материала. Более или менее широкое внедрение статистических методов в строительную механику различных систем и технических сооружений стало осуществляться в период, относящийся к середине 30-х годов с появлением работ Н.С. Стрелецкого. В его книге изложен статистический подход к постановке вопросов надежности, характерный для периода 30–40-х годов. Однако серьезному развитию работ по надежности в строительной механике помешала Вторая мировая война. И только в 50–60-е годы появились ощутимые результаты в работах по надежности, которые были едва-едва намечены в 30–40-х годах.

Фактическое серьезное начало и развитие работ по надежности с появлением практически значимых результатов хорошо описано в книге В.В. Болотина и его обзорной статье. В них дана краткая, но достаточно исчерпывающая характеристика и отражено состояние вопроса по теории надежности в строительной механике, характерные для периода 50–60-х годов в самых разных направлениях: в расчетах на долговечность деталей машин, судовых конструкций, высотных конструкций (на действие ветра), в расчетах деталей на акустическую усталость, сейсмостойкость и ударостойкость сооружений, в исследовании микронеоднородности сред поликристаллов, армированных материалов и т.д.

Указанные работы были выполнены В.В. Болотиным, С.Д. Волковым, И.И. Воровичем, И.И. Гольденблатом, В.П. Когаевым, И.А. Николаенко, С.В. Серенсенем, Е.Г. Бугловым, Р.М. Шнейдеровичем, А.Р. Ржанициним, Н.С. Стрелецким, В.В. Екимовым, В.А. Ломакиным, А.М. Фройденталем и др. В книге В.В. Болотина содержится достаточно подробная библиография работ перечисленных авторов.

В работах перечисленных авторов были заложены принципиальные основы (методического, теоретического и практического характера) исследования и расчета надежности изделий механического типа. Они характеризуются своей практической направленностью и существенной значимостью для того периода. Работы этих авторов, а также многих других послужили хорошей естественной основой для развития математического аппарата применительно к новым задачам надежности сложных механических систем и устройств, которые возникли в 60–70-х годах в связи с интенсив-

ной разработкой ракетно-космической и радиолокационной техники, атомных станций, новой военно-морской техники, колесно-гусеничных машин и бронетехники, стрелково-пушечного вооружения для различных родов войск, а также ряда других важнейших технических направлений оборонного комплекса и ведущих отраслей промышленности нашей страны.

К основным недостаткам работ по надежности механических систем и устройств, содержащихся в разработках указанных авторов и относящихся к периоду 50–60-х годов, следует отнести:

- отсутствие системного подхода к проблеме надежности;
- использование в моделях надежности изделий частных случаев, базирующихся на рассмотрении «опасных» точек, сечений, площадок, т.е. оправданное и неоправданное использование моделей «слабого звена»;
- существенное упрощение моделей надежности, в частности, допущение о статистической независимости событий, отказов, неисправностей при количественном анализе сложных механических систем;
- базирование экспериментальных методов подтверждения надежности изделий в основном на модельных образцах.

Модели надежности, используемые в расчетах сложных механических систем и устройств, к концу 60-х годов и 70–80-х годах, во многих практических случаях уже были свободны от перечисленных недостатков.

В 60–70-е годы достаточно интенсивно проводились работы по исследованию механической надежности спецсистем, а также артиллерийского, ракетного и стрелково-пушечного вооружения сухопутных войск. Эти работы были выполнены Ю.В. Чуевым, Я.Б. Шором, В.Е. Зоткиным, А.В. Новиковым, Г.Б. Черняком, Л.Н. Рудинкиной и другими исследователями.

Основополагающие теоретические и практические результаты этих исследований были обобщены в целом ряде докторских и кандидатских диссертационных работ. Много полезных для теории и практики результатов приведено в широко известной монографии Я.Б. Шора «Статистические методы анализа и контроля качества и надежности». Целый ряд положений, изложенных в работах перечисленных авторов, используются многими специалистами в области надежности механических устройств и систем и в настоящее время. А таблицы, составленные Я.Б. Шором и Ф.И. Кузьминым, являются и на сегодняшний день востребованными при расчете показателей надежности механических, электро-

механических, радиоэлектронных и других систем. Эти таблицы весьма удачно дополняют известные строгие обширные статистические таблицы, составленные Н.В. Смирновым и Л.Н. Большевым. Полезными для практических расчетов оказались таблицы, разработанные Р.С. Судаковым, Н.А. Северцевым, В.Н. Титуловым и Ю.М. Чесноковым.

Особенно большой размах исследований в области надежности радиоэлектронного оборудования восстанавливаемых технических систем был развернут в 60–70-е годы в связи с интенсивным развитием в СССР вычислительной техники, а также разработкой сложной радиоэлектронной аппаратуры для различных систем управления, измерительных систем и широкого спектра датчикопреобразующей аппаратуры для ракетно-космической и авиационной техники, используемой как в оборонном комплексе, так и в народнохозяйственных целях. Основная часть задач по надежности этих систем, освещаемых в многочисленной литературе указанного периода, разрабатывалась по следующим направлениям: оптимальное резервирование, оптимальные проверки, оптимальные режимы профилактических и ремонтных работ и оптимальное управление запасами. В этих весьма важных направлениях работ принимала участие большая группа исследователей, среди которых следует особо отметить работы Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Н.П. Бусленко, Ю.К. Беляева, А.Д. Соловьева, В.А. Каштанова, Е.Ю. Барзиловича, А.М. Широкова, И.А. Ушакова, Б.А. Козлова, Г.В. Дружинина, И.М. Сендеева, В.С. Новикова, И.А. Рябинина, Б.П. Креденцера, Ф.И. Кузьмина и др. Их усилиями, а также многих других исследователей к середине 70-х годов основные задачи из перечисленных направлений работ были решены как в теоретическом, так и практическом плане.

Общая характеристика решенных задач, а также достаточно представительная библиография их авторов представлена в справочнике¹, на основе которого был разработан и издан более общий справочник по надежности технических систем². В нем содержится обобщающий материал не только по вопросам надежности радиотехнических и электронных систем, но и изделий машиностроения, электроэнергетики, гидротехнических сооружений, информационных систем, сетей магистральных газо-

и нефтепроводов. Авторами справочника были представлены и известные зарубежные авторы — Р. Барлоу и Ф. Прошан (США), профессора А. Штеллер и О. Франкен (ГДР), доктор технических наук К. Рейнеке (ГДР), кандидат физ.-мат. наук К. Айда Суанес (Республика Куба).

В ходе подготовки и выпуска данного справочника стало очевидно, что в одном томе практически невозможно охватить даже основные вопросы теории и практики надежности различных сложных систем и объектов и в первую очередь больших механических систем. Анализ направлений и разделов справочника показывает, что он явно тяготеет к вопросам исследования надежности радиотехнических и электронных систем. Примеры прикладных задач надежности применительно к электроэнергетическим системам, магистральным нефте- и газопроводам, информационным системам не делают данный справочник достаточно общим. Поэтому по рекомендациям руководителей ведущих отраслей промышленности страны, и в первую очередь оборонного комплекса, было предложено разработать и выпустить многотомный справочник более широкого плана, который содержал бы вопросы надежности и эффективности в основном сложной техники и который базировался на результатах работ в этой области, полученных в 60–80-е годы.

Такой справочник был разработан и выпущен в свет издательством «Машиностроение» в 1986–1990-х годах³. Его выпуску предшествовала серьезная подготовка на национальном уровне. Прежде всего в соответствии со специальными постановлениями правительственных органов по приказам министерств и ведомств ведущих отраслей промышленности на разрабатывающих и промышленных предприятиях (в НИИ, КБ, НПО и на заводах), и в первую очередь на предприятиях оборонного комплекса, были созданы специализированные подразделения и службы надежности. В них были направлены многочисленные группы молодых специалистов-выпускников из госуниверситетов Москвы, Ленинграда, Горького, Саратов, Казани, Днепропетровска и других городов, а также выпускников политехнических и других институтов. Эти молодые специалисты уже к концу 60-х — началу 70-х годов составили основное ядро «надежников» второго

¹ Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. М.: Сов. радио, 1975.

² Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др. / Под ред. И.А. Ушакова. М.: Радио и связь, 1985.

³ Надежность и эффективность в технике. Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986–1990.

поколения, которые под руководством «надежников» первого поколения 50-х годов провели многочисленные исследования и конкретные разработки в области надежности и эффективности создаваемой новой сложной техники.

В созданных подразделениях и службах надежности в эти годы был развернут широкий фронт работ по вопросам надежности самых разных видов вооружений и военной техники (В и ВТ), а также гражданской продукции, разрабатываемой и выпускаемой приборостроительными, радиоэлектронными и другими предприятиями нашей страны. Следует заметить, что в эти годы около 60% всей гражданской продукции выпускалось либо в оборонном комплексе, либо с его непосредственным участием.

Этот период времени характеризуется интенсивным развитием у нас в стране работ по созданию новых эффективных ракетных систем стратегического назначения, а также систем для ракетно-космических комплексов, ракет для войск противовоздушной обороны, ракет для военно-воздушных сил (ракет классов «земля — воздух», «воздух — воздух», «воздух — земля»), для военно-морских сил, сухопутных войск и др., а также новых самых разных видов В и ВТ. Среди основных значимых публикаций этого периода по вопросам надежности механических систем и устройств, к которым следует отнести многие из перечисленных видов В и ВТ, можно отметить работы Р.С. Судакова, А.М. Сурина, П.А. Лукьянова, Е.С. Переверзева, И.В. Апполонова, Ю.С. Саратова, С.Л. Федорова, Н.А. Северцева, В.К. Дедкова, В.С. Сафронова, А.И. Фролова, Н.Е. Саввушкиной, В.Я. Дзюбы, П.С. Куликова, В.И. Кукушкина, Н.М. Беляева, Д.Д. Никозакова, В.И. Перлика, В.Н. Фоменко, Э.И. Еренбурга, Ю.К. Малюгина, С.Н. Козлова и целого ряда других авторов. Работы перечисленных исследователей были посвящены надежности специзделий механического типа на базе моделей отказов, базирующихся на теории проектирования этих систем, достаточно полно разработанной и экспериментально подтвержденной на тот период времени.

В ходе этих исследований, продолжая совершенствовать методические подходы механиков — строителей 50–60-х годов, была показана необходимость значительного усложнения математического аппарата при разработке уточненных моделей отказов, достаточно точно описывающих реальные условия работы специзделий в штатных условиях их эксплуатации или максимально приближенных к ним, путем дополнительного имитационного моделирования на специальных стендах. Предложено

при исследовании и количественном анализе изделий и их составных частей (узлов, блоков, устройств и т.д.) использовать методы теории случайных функций и полей, достаточно хорошо разработанных для практических нужд еще в 50–60-е годы А.А. Свешниковым, В.С. Пугачевым, А.Н. Тихоновым, Б.В. Гнеденко и др.

Выведена проблема оценки параметрической и метрологической составляющих надежности, использования априорной информации не только в байесовской постановке и ряд других проблем, характерных для специзделий механического типа.

В целом работы 60–70-х годов по исследованию и количественному анализу надежности специзделий механического типа так или иначе в значительной степени были связаны с развитием оборонного комплекса страны и в первую очередь с созданием ракетно-ядерного щита в условиях «холодной войны» с западными странами с приоритетной направленностью против США и стран НАТО. Эти работы в значительной степени опирались на концепции «надежников» — механиков 30–40-х годов (Н.Ф. Хоциалова, Н.С. Стрелецкого, А.Р. Ржаницина и др.) и 50–60-х годов (В.В. Болотина, Я.Б. Шора, В.Е. Зоткина, Г.Б. Черняка и др.), но выполнены на существенно более высоком научном уровне, как в теоретическом, так и в практическом плане.

Основополагающим итогом работ по надежности сложных систем, изделий и технических устройств 60–70-х годов стало то, что отечественные образцы вооружения и военной техники по показателям надежности и эффективности стали конкурентоспособными на мировом рынке. Нашу военную технику и сегодня охотно покупают многие страны мира.

Другим важным итогом является разработка и выпуск в 1986–1990 гг. 10-томного энциклопедического справочника «Надежность и эффективность в технике» (изд-во «Машиностроение»). В выпуске данного справочника и подготовке к нему рабочих материалов и рукописей принимали участие много авторских коллективов, работающих в ведущих отраслях промышленности, Минобороны, Минвузе и АН СССР. Справочник разрабатывался под руководством редакционного совета, состоящего из широко известных академиков АН СССР и УССР: В.С. Авдуевского (пред.), В.И. Кузнецова, Н.Д. Кузнецова, В.А. Мельникова, В.П. Мишина, В.Ф. Уткина, К.В. Фролова, Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Б.Ф. Ломова. Одним из главных организаторов и фактическим научным руководителем, без которого данный справочник в его удачной комплектации просто бы не состоялся, был д.т.н., проф. Н.А. Се-

верцев, который являлся редактором-составителем одного из проблемных томов, а также заместителем Председателя редакционного совета всего справочника. Он собрал работоспособный коллектив как для создания всего справочника, так и коллективы редакторов — составителей по всем томам.

Выпуску данного справочника, которым практически закончена большая работа и подведен итог исследований и разработок большого коллектива «надежников» 60–70-х и первой половины 80-х годов, предшествовало издание большого числа книг, монографий и справочно-методических работ, включивших целый ряд докторских и кандидатских работ по надежности.

3. Работы по технической диагностике 60–90-х годов XX в. и первого десятилетия XXI в. и их место в проблематике надежности объектов национального уровня и сложной машиностроительной техники XXI в.

Неотъемлемой частью 10-томного справочника по надежности и эффективности в технике можно считать выпущенный в 1989 г. самостоятельный справочник «Технические средства диагностики» под общей редакцией чл.-корр. АН СССР В.В. Ключева. Ко всем разделам справочника приведена представительная библиография книг, монографий и методических руководств, а также составленных и опубликованных проблемно ориентированных справочников: «Вибрации в технике» (в 6 т.), «Испытательная техника» (в 2 т.), «Измерение температур» (пер. с нем.), «Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий» (в 2 кн.), «Рентгенотехника» (в 2 кн.) и др.

Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (ОНКТД) совместно с издательством «Машиностроение» на основе данного справочника, а также целого ряда новых разработок по данной проблематике в 2005–2006 гг. был издан справочник «Неразрушающий контроль» в 8 т. под ред. академика РАН В.В. Ключева. Данный справочник содержит практически все наиболее значимые результаты исследований и разработок в этой области за всю вторую половину XX в. и начало XXI в. Он включает сведения по основным методам неразрушающего контроля, техническим характеристикам отечественных и зарубежных приборов, технологии их эксплуатации, а также минимальные требования к персоналу неразрушающего контроля.

Исходная информация, содержащаяся в данном 8-томном справочнике, является чрез-

вычайно важной и полезной, а во многих практических случаях просто необходимой при количественном анализе надежности самых разных технических систем и устройств на этапах их производства, транспортировки (т.е. оценки технического состояния техники после и (или) во время транспортировки), хранения и эксплуатации. Эта информация также бывает полезна и (или) необходима при проектных оценках показателей надежности техники. Информация, получаемая с использованием средств технического диагностирования, может быть полезна, а в целом ряде случаев — при различных расследованиях причин аварийных ситуаций, возникающих при штатном и (или) нештатном функционировании техники, — просто необходима.

4. Состояние работ по проблематике надежности в 90-х годах XX в. и основные причины их резкого спада на отраслевых, межотраслевых и национальном уровнях, а также крупных предприятиях страны (НИИ, КБ, НПО, заводах)

90-е годы XX в. для «надежников» нашей страны можно считать практически не состоявшимися по причине так называемой перестройки и развала СССР, из-за которых практически перестали существовать специализированные подразделения и службы надежности, повсеместно созданные на разрабатывающих предприятиях (отраслевых НИИ, КБ, НПО) и заводах в 60–70-е годы.

В ведущих отраслях промышленности, в том числе и оборонного комплекса, резко упали объемы производства, из-за чего востребованность работ отраслевых НИИ и КБ также резко упала. Разорвались научные и деловые связи между коллегами — специалистами по надежности в бывших союзных республиках. Практически перестали издаваться книги, монографии и учебные руководства по надежности техники. Перестал издаваться весьма популярный в 60–80-е годы всесоюзный журнал «Надежность и контроль качества», редколлегия которого во главе с акад. АН УССР Б.В. Гнеденко состояла из ведущих специалистов в области теории и практики надежности различной техники.

Перестал функционировать постоянно действующий семинар по вопросам надежности в Московском доме научно-технической пропаганды (МДНТП) при Политехническом музее г. Москвы, которым через Всесоюзное общество «Знание» постоянно издавалась проблемно ориентированная литература в помощь многочисленным подразделениям и службам надеж-

ности разрабатывающих и промышленных предприятий всего СССР. Научным руководителем этого семинара был Б.В. Гнеденко, а руководителем методического кабинета при МДНТП и его душой был всем хорошо известный Я.М. Сорин. В МДНТП в эти годы постоянно устраивались чтения научных и популярных лекций по основополагающим вопросам теории и практики надежности. Эти лекции читали: Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев, И.А. Ушаков, а также практически весь авторский коллектив справочников по надежности.

Закончил свое функционирование постоянно действующий семинар по надежности при Институте машиноведения АН СССР, возглавляемый акад. АН СССР Н.Г. Бруевичем, на котором обсуждались проблемные вопросы надежности, а также докторские и кандидатские диссертационные работы по данной тематике. Труды данного семинара постоянно публиковались в журнале «Кибернетику на службу коммунизму», редакционную коллегию которого возглавлял акад. АН СССР А.И. Берг.

Перестала функционировать секция Научного совета АН СССР по проблеме «Научные основы технологического обеспечения надежности и ресурса в машиностроении», возглавляемая чл.-кор. АН СССР А.П. Гусенковым, чл.-кор. АН СССР Н.П. Беляниным и д.т.н., проф. И.В. Апполоновым.

Не набрав должную силу и значимость, перестал работать научный семинар по вопросам механической надежности сложных систем и объектов, который в 70-х годах собирал достаточно большое число участников (в отдельные годы до 300 человек) из разных городов страны: Москвы, Ленинграда, Омска, Днепропетровска, из городов Подмоскovie и других городов. В 1979 г. семинар собрал около 900 человек участников в Днепропетровске (ДГУ). Труды данного семинара, который был «приписан» к кафедре прикладной математики МГТУ им. Н. Баумана и в научном плане возглавлялся д.т.н., профессором Р.С. Судаковым, публиковались в тематических научных сборниках университета.

В качестве одного из последних «всплесков» работ по надежности 90-х годов можно считать разработку и выпуск отдельного достаточно объемного (примерно 60 печ. л.) тома по надежности многотомной энциклопедии «Машиностроение». Том базировался в основном на разработках 70–80-х годов и сведениях о них, опубликованных в различных издательствах СССР. В томе содержались: общая терминология и методология надежности техники, перспективы развития теории надежности машин, а

также особенности количественного анализа надежности различных систем.

При разработке данного тома энциклопедии были также использованы и новые результаты, полученные в 90-х годах и изложенные в публикациях. Однако объем таких публикаций по сравнению с 80-ми годами резко сократился. На этом можно считать законченной «звездную» работу «надежников» 2-го поколения, максимум результатов по ним был получен в основном в 60–70-е годы. А углубление и осмысливание этих результатов пришлось на 80-е годы.

Формирования «надежников» 3-го поколения пока, к великому сожалению, не произошло главным образом из-за событий 90-х годов. А рождению «надежников» 3-го поколения, по всей видимости, суждено состояться при решении последующих проблем и задач надежности, о которых речь пойдет в следующем разделе данной статьи.

5. О некоторых основополагающих направлениях проблематики надежности разрабатываемой, выпускаемой промышленностью и эксплуатируемой сложной техники и безопасности окружающей среды XXI в.

При рассмотрении состояния дел в области исследований и разработок по надежности техники в 90-е годы мы не ставили перед собой задачу подробного освещения содержания даже основных работ. Нам важно было акцентировать внимание на тенденции появления и развития системного кризиса из-за «перестроечных дел» этих лет, заключающегося в резкой дестабилизации экономических, технических, организационных, кадровых и других важных структур в разрабатывающих и промышленных организациях, в том числе и в оборонном комплексе страны.

Тенденция во второй половине 80-х годов и в 90-е годы к снижению должного внимания на правительственном уровне к вопросам надежности и безопасности техники (в том числе экономической и экологической безопасности) в последние годы XX в. и начале XXI в. обернулась серьезными катастрофами и авариями в военной и гражданской авиации, атомной и общей энергетике, на железнодорожном транспорте и автодорогах, нефтегазовых установках, заводах, в комплексах и на сетях нефтегазовых трубопроводов и т.д. В 60–70-е годы тоже имели место достаточно крупные и серьезные по последствиям катастрофы, аварии и происшествия при разработке и испытании натурной ракетно-космической и авиационной техники. Но тогда не было кризиса, тем более —

системного. Просто это были очень большие, но вполне преодолемые трудности, вызванные развитием оборонного комплекса и связанных с ним отраслей промышленности страны, которые к 80-м годам были вполне успешно преодолены.

Возвращаясь к происшествиям 90-х годов и начала XXI в., заметим, что только в нефтегазовой отрасли на магистральных сетях нефтегазовых трубопроводов, а также установках, заводах и комплексах России ежегодно происходили многие сотни крупных и средних аварий и катастроф. Во второй половине 90-х годов ежегодно происходило до 40 тыс. (!) разрывов нефтепроводов и утечек газа¹. Это приводило к неоправданной гибели и серьезному травмированию сотен и тысяч людей, непосредственно обслуживающих нефтегазовые объекты, а также населения, проживающего в непосредственной близости от этих объектов. При этом безвозвратно утрачивалось дорогостоящее технологическое оборудование, резко усложнялась экологическая и социальная обстановка в окрестности зон происшествий, наносился серьезный вред природе. Затраты денежных средств на ликвидацию последствий от происшествий ежегодно обходятся государству во многие десятки миллиардов рублей.

Основными причинами этих происшествий являются: низкие показатели надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости) технологического оборудования нефте- и газовых установок, заводов и комплексов, сетей магистральных трубопроводов; не всегда своевременное и качественное проведение ремонтных и регламентных работ; нарушение инструкций по технике безопасности при работе на нефтегазовых объектах.

Низкие значения указанных показателей надежности в существенной степени связаны с серьезной изношенностью технологического оборудования и сетей магистральных трубопроводов.

Есть еще одно очень важное обстоятельство: в телевизионном вечернем интервью В. Познера 5 января 2006 г. министр по чрезвычайным ситуациям С.К. Шойгу, в частности, заметил, что многие тысячи (!) километров газопроводов принадлежат неизвестно кому (ни государственным, ни частным компаниям), никем не охраняются и не контролируются.

Из всего сказанного следует, что в настоящее время в условиях становления в России рыночных отношений и развития таких отношений с мировым сообществом вопросы надежности и безопасности (в том числе и экологической)

сложной техники должны получить отдельный статус и решаться в рамках межрегиональных, федеральных и международных программ, поскольку названные выше отказовые и аварийные ситуации современной сложной техники свойственны многим странам мира — как развивающимся, так и развитым и передовым в техническом отношении.

Основой, например, российской национальной программы должна стать автоматизированная система управления процессами создания новой сложной техники с ориентацией на обеспечение необходимых значений показателей надежности (безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости), обеспечивающих безопасность людей, техники, животного и растительного мира, окружающей среды. Практически такую систему можно и нужно реализовать в общетехническом типовом проекте и ряде частных проектов по видам техники, содержание которых даны в ряде публикаций авторов статьи. Эти проекты должны базироваться на некоторых основополагающих разделах, к которым можно отнести:

- раздел с кратким изложением сущности и сопоставительным анализом возможных методологических подходов к управлению надежностью и выбору из них одного или нескольких наиболее перспективных и практически реализуемых подходов;

- раздел с изложенными основными положениями базовой концептуальной модели, содержащей общую методику автоматизированного управления показателями надежности создаваемых объектов, базирующуюся на выбранном подходе;

- раздел с содержательными постановками задач и соответствующим им формализованным представлением основных функций управления по процедурам планирования, контроля и регулирования применительно к конкретным объектам управления, т.е. к показателям надежности создаваемого объекта;

- раздел с описанием сформированного типового функционального базиса в виде формализованного комплекса функциональных задач по процедурам планирования, контроля и регулирования показателей надежности объекта;

- раздел с описанием сформированного типового системного базиса в виде типовых структур алгоритмического, информационного и программного (математического) обеспечения, а также конфигурации технических средств на основе персональных компьютеров и соответствующего интерфейса;

¹ Щелгунов Г.П. Рост катастроф можно остановить // Надежность и контроль качества, 1997, № 6. С. 44.

- раздел, содержащий методику решения оптимизационных контрольных задач, включающих методы и алгоритмы по рациональной топологии контрольных точек при выборе оптимальных интервалов на некоторых подконтрольных участках, обеспечивающих требуемые значения показателей надежности объектов;

- раздел, содержащий методику обеспечения стабильности параметров изделий и режимов технологических процессов, а также методику количественной оценки надежности и служебной пригодности дефектных изделий, изготовленных в условиях недостаточной стабильности технологических процессов при производстве изделий в опытных и серийных партиях;

- раздел с представленными разработками общесистемных вопросов и специальных задач, необходимых для эффективного управления процессами создания надежных и безопасных изделий;

- раздел с предложениями по технологии создания рабочих (технорабочих) проектов с обоснованием очередности по опытному и промышленному внедрению функциональных задач системы управления создаваемых объектов с требуемыми значениями показателей надежности.

Состав перечисленных основополагающих разделов проектов достаточно полно охватывает необходимый объем работ по обеспечению требуемой надежности и безопасности создаваемых объектов. В ходе практической реализации проектов следует выделить ряд базовых этапов, к которым относятся:

- установление наиболее вероятных тенденций статистического поведения показателей надежности на некотором интервале упреждения создаваемого изделия с использованием информации по эксплуатируемым изделиям-аналогам;

- разработка перспективных планов и (или) программ по обеспечению требуемых значений показателей надежности создаваемого изделия в соответствии с требуемыми условиями безопасности людей и окружающей среды;

- нормирование значений показателей надежности создаваемого изделия с проведением соответствующих оптимизационных расчетов по всем уровням его иерархической структуры (т.е. составным частям, агрегатам, узлам и т.д.);

- разработка необходимой информационной базы для решения всех задач управления по процедурам планирования, контроля и регулирования показателей надежности изделия для обеспечения необходимого уровня безо-

пасности (в том числе экологической безопасности окружающей среды);

- автоматизированный расчет и контроль показателей надежности изделия в целом и его составных частей на всех характерных стадиях, установленных нормами Федерального закона «О техническом регулировании»;

- анализ значений показателей надежности изделий с получением функциональных и (или) регрессионных зависимостей от факторов возмущающей среды;

- регулирование значений показателей надежности изделия и его составных частей при обнаружении тенденции к выходу их значений за установленные пределы на любом этапе его жизненного цикла;

- последовательная корректировка программы обеспечения надежности изделия для поддержания требуемых уровней соответствующих показателей.

Приведенный состав основополагающих разделов типового общетехнического проекта, а также частных проектов по видам техники поможет построить достаточно эффективную систему управления процессами создания, производства и эксплуатации изделий с проблемной ориентацией на управление показателями надежности объектов с целью обеспечения необходимой безопасности техники, людей и окружающей среды. А формализованные представления основных функций управления по процедурам планирования, контроля и регулирования, а также алгоритмизация этих функций и самих объектов управления (т.е. показателей надежности) помогут разработать эффективные диалоговые процедуры и тем самым осуществить системное управление в рамках интегрированной концепции АСУ и САПР.

Разработка и внедрение автоматизированной системы управления с ориентацией на программно-целевой подход с использованием функциональной модели позволит:

- постоянно отслеживать фактические уровни значений показателей надежности изделий на всех этапах их жизненного цикла путем организации соответствующих мониторингов в автоматизированном дискретном режиме;

- систематически и целенаправленно осуществлять оперативную реструктуризацию всех предприятий-участников конкретной программы обеспечения надежности данного вида техники;

- прогнозировать и планировать основные виды ресурсов (денежные, трудовые, материальные, временные) на осуществление целевых программ надежности по конкретным видам техники;

- использовать трудовые ресурсы квалифицированных специалистов, оказавшихся невостребованными из-за «перестроечных дел» 90-х годов;

- постоянно генерировать новые идеи для реализации их в текущих (плановых) программах перспективной сложной техники при обеспечении ее надежности;

- формировать эффективные временные трудовые коллективы для разработки и реализации новых перспективных проектов;

- разрабатывать инновационно-конверсионные программы для нужд народного хозяйства страны в сегодняшних экономических условиях.

При разработке и внедрении частных проектов применительно к конкретным видам техники в качестве приоритетных направлений следует отдать предпочтение проектам по изделиям для:

- ракетно-космической и авиационной техники;
- автомобильной промышленности;
- нефтегазовой отрасли;
- медико-фармацевтической промышленности;
- пищевой и перерабатывающей промышленности.

Авиакосмическая отрасль сегодня располагает весьма квалифицированными научными, инженерно-техническими и производственными кадрами, а также всем необходимым, чтобы в принципе создать общетехнический проект и ряд частных по некоторым видам изделий своей отрасли проектов и распространить в качестве инноваций данный опыт для других отраслей промышленности и в первую очередь для последующих из указанных выше четырех отраслей.

Автомобильная отрасль в наименьшей степени пострадала от «перестроечных дел» 90-х годов, сумела в значительной степени сохранить квалифицированные кадры и готова сегодня для восприятия новых концепций и идей, чтобы осуществить технический прорыв и выход со своей продукцией на мировой уровень (по показателям надежности) пусть даже с участием зарубежных компаний.

Создание отечественного конкурентоспособного по показателям надежности технологического оборудования для нефтегазовой отрасли, включая сети магистральных газонефтепроводов, диктуется сегодня крайней необходимостью из-за недопустимо низких уровней показателей надежности нефтегазовых объектов (установок, заводов и комплексов, а также сетей магистральных трубопроводов), серьезных и достаточно частых аварий и про-

исшествий, приводящих к гибели людей, утрате дорогостоящего оборудования, напряженной экологической обстановке в зонах происшествий и ежегодным многомиллиардным затратам денежных средств на ликвидацию последствий от происшествий и закупку, поставку и монтаж нового (в основном импортного) оборудования, утраченного из-за аварий и происшествий.

Медико-фармацевтическая, пищевая и перерабатывающая отрасли сегодня крайне нуждаются в:

- создании и производстве отечественного высоконадежного и эффективного технологического оборудования и запасных частей к нему для выпуска отечественной медтехники, лекарств и лекарственных препаратов, а также продуктов питания и различных напитков (алкогольных и безалкогольных);

- создании безопасных для здоровья населения страны продуктов питания и различных напитков, лекарств и лекарственных препаратов, доступных по цене широкому потребителю и в первую очередь низкооплачиваемому населению;

- разработке эффективных методов и средств для выявления опасных для здоровья людей подделок: лекарств, всех видов напитков, продуктов питания.

Все перечисленные четыре направления без поддержки отраслей оборонного комплекса, и в первую очередь ракетно-космической и авиационной отраслей, в ближайшие годы не смогут подняться и выйти из затруднительного положения, в которое они попали по причине «перестроечных дел» 90-х годов XX в.

6. Некоторые общие и частные итоги проведенных исследований и разработок по проблематике надежности второй половины XX в. в свете постановки новых актуальных задач по надежности сложной наукоемкой техники XXI в.

1. В работе даны краткий ретроспективный обзор и анализ основных работ по надежности и технической диагностике, выполненных ведущими отечественными учеными и специалистами в этой области в 60–90-е годы XX в.

Отмечено, что именно в эти годы теория надежности различных сложных объектов, механических систем и технических устройств превратилась в обширное и вполне самостоятельное направление прикладной математики, а практика надежности выросла до уровней проблемно ориентированных программ по обеспечению надежности конкретных видов техники как в отдельных крупных организа-

циях (НИИ, КБ, НПО, заводах), так и в целых отраслях промышленности страны. При этом резко и существенно выросли объем и научно-технический уровень работ, посвященных тематике надежности, которые отражены в многочисленных публикациях в виде научно-технических статей, брошюр, книг, монографий, учебно-методических и нормативно-технических руководств. Многие из перечисленных публикаций обобщены и представлены в указанных выше справочниках, охватывающих работы периода 60–80-х годов.

2. Отмечено, что именно 60–80-е годы XX в., которые сегодня многими политологами почему-то принято считать «застойными», имели место наивысшие достижения в области теории и практики надежности отечественной техники, и в первую очередь техники, создаваемой и выпускаемой ведущими отраслями военно-промышленного комплекса (ВПК) страны. Эти достижения получены благодаря хорошо разработанной и эффективно реализованной комплексной программе, осуществленной в соответствии со специальными постановлениями партии и правительства СССР. В ходе ее реализации во всех крупных разрабатывающих и промышленных организациях (НИИ, КБ, НПО, заводах) ведущих отраслей промышленности (с приоритетом — на предприятиях ВПК) была создана широкая сеть специализированных служб и подразделений качества и надежности. В ведущих вузах страны в рамках общеобразовательных учебных программ были введены отдельные спецкурсы по надежности для студентов. Для преподавательского состава также читались спецкурсы по надежности в рамках программ послевузовского обучения на факультетах повышения квалификации в вузах, а для ИТР НИИ, КБ, НПО и промышленных предприятий — в соответствующих отраслевых институтах повышения квалификации.

Итогом реализации национальной программы явилось то важное обстоятельство, что к концу 70-х годов наша отечественная машиностроительная продукция, и главным образом продукция ВПК страны, стала конкурентоспособной на мировом рынке по показателям надежности и другим ее важнейшим потребительским свойствам. И сегодня продукция ВПК хорошо востребована на мировом рынке спецтехники.

3. Отмечено, однако, что, начиная со второй половины 80-х годов, все 90-е годы и первое десятилетие XXI в. проблема надежности создаваемой и эксплуатируемой в стране техники становилась и становится все острее и острее. Отсутствие должного внимания к проблеме надежности и безопасности техники на прави-

тельстве уровне, а также на уровнях руководителей регионов, министерств и департаментов все указанные годы оборачивались и сегодня оборачиваются серьезными и достаточно многочисленными катастрофами, авариями и различными происшествиями на крупных промышленных объектах и в различных сложных системах из-за отказов в работе техники, нередко приводящими к немалым человеческим жертвам, утрате дорогостоящей техники и технологического оборудования, серьезным экологическим последствиям, большим затратам непредусмотренных бюджетом средств на ликвидацию последствий от происшествий и т.д.

Наиболее часто указанные происшествия имели место в военной и гражданской авиации, железнодорожном и автомобильном транспорте, атомной и общей энергетике, на гражданских и военных строительных объектах, нефтегазовых объектах и транспортных системах нефтегазопроводов и т.д. Так, со второй половины 90-х годов ежегодно имеют место многие десятки тысяч (!) утечек нефти и газа; ежегодно происходят многие сотни мелких, средних и крупных аварий и происшествий на нефтегазовых объектах, на ликвидацию последствий которых затрачиваются многие десятки миллиардов рублей. В последние годы на автодорогах страны погибают в среднем в год более 30 тыс. человек и более 120 тыс. человек серьезно травмируются. Эти цифры более чем впечатляют: они равнозначны тому, что ежедневно погибает примерно 100 человек (!), это эквивалентно, как заверяют эксперты, одной серьезной ежедневной авиакатастрофе.

Частые аварии, особенно в зимний период, на силовых подстанциях электроэнергетических систем приводят к крайне нежелательным отключениям электроэнергии в десятках и сотнях тысяч (!) домов и квартир, а также во множестве учреждений соцкультбыта (больниц, детсадов, магазинов и т.д.), что приводит к массе негативных последствий, которые в целом по стране и подсчитать в некотором суммарном эквиваленте просто невозможно.

Все это вместе взятое, а также далеко не полностью раскрытое (список подобных происшествий можно продолжать и продолжать) свидетельствует о недостаточной надежности техники сегодняшнего дня. Основной причиной такого положения явились так называемые перестроечные события 90-х годов, приведшие к резкой дестабилизации экономических, технических, организационных, кадровых и других структур на государственных разрабатывающих и промышленных предприятиях страны, в том числе и на предприятиях ВПК. Эта ос-

новная причина предопределила целый ряд других причин, подробно раскрытых в настоящей работе в аспекте проблем надежности техники сегодняшнего дня.

4. Сегодняшнее положение дел в стране в области обеспечения надежности и безопасности создаваемой и эксплуатируемой сложной техники отечественного (и не только отечественного) производства, штатное функционирование которой нередко приводит к указанным выше нештатным отказовым ситуациям и серьезным происшествиям, требует решения данной проблемы в рамках новой национальной программы, аналогичной той, которая осуществлялась в СССР в 60–70-е годы, но с существенной поправкой на создание и реализацию новых высоких технологий, широко разрабатываемых сегодня во всех ведущих странах мира, по которым Россия в настоящее время отстает примерно на два (!) порядка в машиностроительных отраслях.

Кроме того, необходима разработка соответствующих частных (региональных, отраслевых, комплексных межотраслевых) программ по конкретным видам техники, практическая реализация которых поможет вывести на передовые рубежи отечественную машиностроительную продукцию и сделать ее конкурентоспособной на мировом рынке по показателям надежности и другим важнейшим потребительским свойствам. Такие программы следует осуществлять на основе типовых технических проектов, структура которых в виде основополагающих разделов, а также типовых этапов их практической реализации предложена в настоящей работе, а также в других наших работах.

Разработка и реализация таких проектов (весьма неплохой задел по которым был осуществлен в 70–80-х годах в ряде ведущих отраслей ВПК страны) по конкретным видам приоритетной машиностроительной продукции из указанных выше отраслей страны может коренным образом изменить сложившуюся сегодня ситуацию по проблеме надежности и безопасности отечественной техники и ее конкурентоспособности. Для этого в настоящее время требуется только одно — политическая воля первых лиц страны и руководителей регионов, министерств, ведомств, департаментов.

5. Проводимые в настоящее время технические экспертизы по установлению причин и профилактике отказов в работе техники требуют принципиально нового подхода к решению проблемы обеспечения надежности и безопасности сложных объектов и систем.

Практически по всем серьезным происшествиям, как правило, открываются уголовные дела, но решение проблемы фактически пере-

дается в компетенцию разработчиков техники, ее производителям и эксплуатирующим структурам, т.е. заинтересованной стороне, что принципиально исключает объективное расследование и установление истинных причин происшествий. При этом экспертам из правоохранительных органов отводится второстепенная пассивная роль наблюдателей событий, в то время как положение дел в области надежности и безопасности создаваемой, производимой и эксплуатируемой сложной техники как в настоящее время, так и впредь требует активного и результативного инженерно-технического анализа именно со стороны государственных экспертов из правоохранительных органов. А таких (технически грамотных в области надежности техники) экспертов в правоохранительных органах сегодня либо просто нет, либо они к эффективным и результативным экспертизам не готовы. Их (экспертов) следует подобрать по профпригодности, обучить по специальным программам, а потом уже привлекать к активным рабочим экспертизам. И в национальных проектах по обеспечению надежности техники XXI в. это следует отразить и закрепить на законодательном уровне.

Однако уже сегодня эти вопросы можно и нужно ставить и решать незамедлительно, привязав их к действующему закону о техническом регулировании. Но в самой ближайшей перспективе проблему надежности техники XXI в. необходимо все-таки решать на национальном уровне в рамках комплексного многоуровневого нацпроекта, предварительно проведя общетехническую постановочную НИР в системе правоохранительных и правоприменительных структур федерального уровня по конкретным (приоритетным) видам техники XXI в. в рамках ведущих машиностроительных отраслей (ракетно-космической, авиационной, автомобильной, судостроительной, железнодорожной и т.д.).

7. Предложения по постановке и проведению проблемно ориентированных НИР и ОКР (НИОКР и НИОТР) по проблематике надежности и определению роли и места экспертных исследований с участием правоохранительных и правоприменительных структур при анализе отказовых ситуаций сложной техники XXI в.

Опубликованные в 80–90-х годах справочные руководства по надежности техники, а также вышедший в 2001 г. отдельный том по надежности машин из многотомной энцикло-

педии по машиностроению в значительной мере не отвечает потребностям экспертов, проводящих исследование причин отказов в работе техники XXI в. Это замечание следует отнести и к сравнительно недавно вышедшей монографии по надежности машин. Вместе с тем следует отметить, что все перечисленные руководства, несомненно, могут быть полезны при разработке руководств по надежности непосредственно для экспертов, которые сегодня крайне необходимы в решении проблемы обеспечения надежности и безопасности техники XXI в.

Анализ причин отказов в работе техники, а также исследование различных происшествий (разрушений, отключений, поломок и т.д.), имеющих место в последние годы, свидетельствует о том, что в целом ряде случаев (а нередко и в подавляющем числе случаев) либо частично, либо полностью отсутствует проектная документация, касающаяся инженерного анализа и конкретных оценок показателей надежности самых различных технических устройств, которые являются или потенциальными, или конкретными виновниками происшествий и отказовых ситуаций на крупных объектах и в сложных системах.

В свете изложенного представляются необходимыми следующие шаги.

1. Составление официального проблемно ориентированного аналитического обзора основных работ по надежности техники, выполненных отечественными учеными и специалистами по надежности в последние 2–3 десятилетия XX в. в СССР и первое десятилетие XXI в. в России, и постановка конкретных задач и проблемных вопросов по проблеме обеспечения надежности и безопасности техники XXI в.

2. Систематизация и обобщение работ по надежности, выполненных механиками (машиностроителями) и механиками-строителями 60–90-х годов, и изложение на этой основе общего методического подхода к проектному анализу надежности технических устройств (ТУ) механического типа и конкретных методик оценки показателей их надежности на ранних, средних и поздних стадиях этапа проектирования, экспериментальной отработки и освоения в производстве в опытных и серийных условиях.

В ходе обучения экспертов основам надежности создаваемой и эксплуатируемой новой сложной техники XXI в., а также составления для них специальных руководств для практической деятельности в процессе исследования причин отказов в работе и серьезных происшествий на сложных объектах и различных системах из-за недостаточной надежности конкретных ТУ необходимо обратить внима-

ние на ряд первостепенных вопросов и задач, к основным из которых следует отнести:

- формирование представительной группы (групп) экспертов для компетентного проведения исследований причин отказов в работе техники, а также решение специфических задач надежности и безопасности ТУ различных классов (типов, видов, конструктивных рядов). При этом желательно подготовить отдельные группы экспертов и следователей со специализацией по конкретным видам техники. Более того, применительно к тем техническим направлениям, которые являются проблемными в XXI в. в смысле их надежности и безопасности, следует отбирать группы государственных экспертов и следователей, имеющих высшее техническое базовое образование по конкретным видам техники. Именно такие группы экспертов и следователей нужно обучать основам надежности по специальным послевузовским программам;

- формирование проблемно ориентированных файлов в базах данных по аналогичным ТУ механического типа для целей: получения обобщенной статистически однородной информации по изделиям-аналогам; исследования причин отказовых ситуаций и различных серьезных происшествий; проектных оценок показателей надежности создаваемых и модернизируемых однотипных ТУ. Здесь представляется важным и уместным заметить то важное обстоятельство, что в целом ряде случаев (а иногда и в большинстве случаев) основными виновниками самых разных происшествий являются сравнительно несложные двух-, четырехуровневые ТУ механического типа, о чем свидетельствуют соответствующие исследования;

- оптимальное планирование проведения НИР и ОКР с точки зрения наилучшего формирования программы (программ) обеспечения надежности и безопасности создаваемых ТУ. При этом можно использовать методологию планирования разработок, принятую в теории принятия решений в условиях различных рисков (малых, средних, больших) по критериям типа Вальда, Севиджа и Гурвица, наиболее часто применяемых в тех случаях, когда заранее не вполне очевидны конечные цели, и их можно лишь предугадать с определенной долей вероятности;

- обеспечение стабильности значений показателей надежности ТУ в ходе их экспериментальной отработки и освоения в производстве с учетом особенностей оценки надежности и служебной пригодности ТУ, имеющих различные производственные дефекты и отклонения от требований нормативно-технической документации из-за нестабильности и (или)

недостаточной освоенности технологических процессов изготовления изделий;

- более активное использование многомерных моделей при исследовании и контроле показателей надежности ТУ при их проектировании, экспериментальной отработке и освоении в производстве с акцентом на оптимизацию топологии контрольных точек при построении адекватных моделей надежности по всем «критичным» типовым элементам и узлам создаваемых ТУ;

- построение моделей управления показателями надежности ТУ с целью достижения их значений, обеспечивающих надежность и безопасность техники XXI в. и ее конкурентоспособность по показателям важнейших потребительских свойств не ниже уровней передовых мировых образцов в данном классе (типе, виде, конструктивном ряде) изделий.

Для решения перечисленных вопросов и задач, а также им сопутствующих задач, структуризации организационных, технических, кадровых и других вопросов, их адаптации к нуждам эффективных экспертиз по исследованию отказовых ситуаций и различных происшествий на крупных объектах и в сложных системах из-за недостаточной надежности техники необходимо проведение специальных проблемно ориентированных постановочных НИР как в целом по проблеме надежности и безопасности техники XXI в., так и по конкретным видам техники. Общепроблемная постановочная НИР должна быть сформулирована примерно так: «Исследование состояния вопроса и разработка предложений по основным направлениям работ по обеспечению надежности и безопасности техники XXI в. и определение в этих направлениях роли и места судебных экспертных исследований по отказовым ситуациям ТУ».

8. Общие выводы по результатам проведенных исследований и разработок по проблематике надежности второй половины XX в. и предложения по обеспечению надежности и безопасности создаваемой, выпускаемой промышленностью и эксплуатируемой наукоемкой сложной техники XXI в.

По результатам исследований, обобщений и анализа основных работ второй половины XX в. по проблематике надежности, выполненных ведущими учеными и специалистами в данной области, наиболее значимые результаты которых следует отнести к 60–80-м годам, состав-

лен настоящий аналитический обзор. В ходе изложения данного обзора получены следующие выводы и рекомендации:

- систематизированы, обобщены и проанализированы основные результаты теоретических и практических исследований и разработок в области надежности крупных объектов национального уровня, а также сложной наукоемкой техники, изложенных в достаточно многочисленных публикациях 60–80-х годов XX в. по ряду ведущих отраслей промышленности, включая отрасли военно-промышленного комплекса (ВПК), создающих сложную технику двойного назначения;

- обобщен и проанализирован ряд конкретных разработок по проблематике надежности по некоторым важным техническим направлениям (видам техники) машиностроительного профиля и полученных по ним наиболее значимых результатов ведущими учеными и специалистами по надежности. Эти результаты могут быть использованы при постановке новых актуальных задач в программах обеспечения надежности и безопасности создаваемой и эксплуатируемой сложной техники в ближайшей, среднесрочной и более отдаленной перспективе XXI в.;

- показана необходимость восстановления и дальнейшего развития достаточно эффективной системы обмена текущей профессиональной информацией, сложившейся в 60–80-е годы на национальном уровне в области надежности создаваемой и эксплуатируемой сложной техники между специалистами разрабатывающих и промышленных предприятий (НИИ, КБ, НПО, заводов);

- указаны основные причины и факторы, стимулирующие положительную динамику в количественном и качественном росте объемов работ и числа участников в них по проблематике надежности создаваемой, выпускаемой в производстве и эксплуатируемой сложной наукоемкой техники 60–80-х годов. Также отмечены причины резкого спада всех видов работ по надежности в 90-е годы, в том числе из-за массового ухода специалистов по надежности (и в первую очередь докторов и кандидатов наук) в другие непрофильные отрасли, в бизнес, на пенсию, в эмиграцию в зарубежные страны и т.д.;

- отмечена положительная динамика в тенденции роста и формирования новых групп авторов (правда, пока что недостаточно многочисленных для охвата всей проблематики надежности сложной техники XXI в.), активно разрабатывающих в последние годы новые направления в развитии программных принци-

пов в управлении процессами создания новой сложной наукоемкой техники с ориентацией на обеспечение ее надежности и безопасности в новых специфических условиях создаваемых и эксплуатируемых сложных изделий и средств технологического оснащения (СТО) их производств;

- обращено внимание на необходимость восстановления на национальном уровне на принципиально новой основе сформировавшихся в 60–70-е годы в ведущих отраслях промышленности (НИИ, КБ, НПО, заводах) специализированных подразделений и служб надежности с более развитыми структурами в головных отраслевых разрабатывающих и промышленных предприятиях ВПК России для сопровождения всего комплекса работ по типовым стадиям и этапам жизненного цикла изделий в составе крупных объектов национального уровня и сложных наукоемких технических систем;

- сформулированы предложения с обозначением приоритетности по постановке новых актуальных задач и развитию работ по проблематике надежности с акцентом на обеспечение надежности и безопасности конкретных видов техники (по отраслям промышленности). При этом рекомендовано развивать эти работы в рамках программно-целевых инновационных концепций в ходе управления созданием и функционированием крупных объектов национального уровня и различной сложной техники с ведущей ролью головных отраслевых разрабатывающих и промышленных предприятий ВПК России, в которых, как правило, концентрируются профильные специалисты различных направлений, в том числе и специалисты в области надежности техники и специализированного технологического оборудования ее производств;

- особое внимание обращено на необходимость формирования на новой основе и постоянного обновления учебно-образовательного процесса по проблематике надежности, в том числе: в качестве самостоятельных обязательных спецкурсов для студентов технических, экономических и управленческих вузов; более развитых расширенных курсов (с учетом специфики отраслей промышленности) для аспирантов и докторантов со сдачей обязательных экзаменов в качестве кандидатского минимума; отдельных специализированных курсов по отраслям и направлениям научной и практической деятельности в порядке послевузовско-

го обучения и переподготовки всех работников разрабатывающих и промышленных предприятий (НИИ, КБ, НПО, заводов), включая руководителей подразделений типовых структур (групп, секторов, лабораторий, отделов, отделений, направлений, центров, малых предприятий и т.д.); отдельных специализированных курсов для работников (экспертов) правоохранительных и правоприменительных структур, а также работников (экспертов) Счетной палаты РФ и ее региональных структур¹;

- обращено внимание на необходимость подготовки на новой основе (с учетом специфики перехода на новые условия управления экономикой России в последние 15–20 лет) специалистов — экспертов из правоохранительных и правоприменительных структур» и счетной палаты РФ и ее региональных отделений для более активного и результативного проведения экспертиз по крупным авариям, катастрофам и серьезным происшествиям на объектах национального уровня и сложных технических системах XXI в. При этом отмечено, что в ходе проведения экспертных исследований по конкретным отказовым ситуациям и серьезным происшествиям в принятии соответствующих решений и разработке рекомендаций экспертные группы из этих структур должны играть доминирующую роль, а не занимать позицию стороннего наблюдателя с правом совещательного голоса;

- отмечена необходимость создания Государственной системы контроля со стороны правоохранительных и правоприменительных структур с соответствующей сетью их региональных отделений для надзора и сопровождения процессов создания, производства и эксплуатации крупных объектов национального уровня и сложных систем XXI в. в части обеспечения их надежности и безопасности (в том числе экологической безопасности). При этом указывается на положительный опыт эффективного функционирования в 60–80-е годы прошлого века института военных представителей (военпредов) практически во всех заказывающих управлениях МО и ВПК СССР. Военпреды осуществляли активный контроль и принимали непосредственное участие во всех процессах создания, выпуска в опытном и серийном производстве и эксплуатации техники двойного назначения. Это позволило стране в целом выйти на мировой уровень создаваемой и выпускаемой продукции ведущих отраслей

¹ Указанные курсы следует привязать в виде специального приложения к Государственному образовательному стандарту 06.11.00 – «Менеджмент», в котором обязательной спецдисциплиной является «Управление качеством». Типовая программа в объеме 105 учебных часов по этой дисциплине в настоящее время готовится к публикации.

промышленности (аэрокосмической, авиационной, судостроительной, атомной, машиностроительной и др.) уже в 60–70-е годы. По целому ряду технических направлений (видов техники) наша страна и сегодня сохраняет мировой приоритет¹;

отмечена необходимость создания Государственного надзора со стороны счетной палаты РФ и ее региональных отделений за целевым расходованием основных видов ресурсов (денежных, трудовых, материальных, временных) в ходе разработки и реализации отраслевых, межотраслевых и национальных программ по проблематике надежности создаваемых и эксплуатируемых крупных объектов национального уровня, а также сложных наукоемких технических систем и средств технологического оснащения (СТО) их производств в ближайшей перспективе, среднесрочной и более отдаленной перспективе XXI в.

Следует отметить, что сформулированные вопросы по проблематике надежности, а также приведенные предложения и рекомендации по обеспечению надежности и безопасности крупных технических объектов национального уровня и сложной наукоемкой машиностроительной техники XXI в. в более широком аспекте обсуждались в последние годы в целом ряде публикаций достаточно большого числа авторов, работавших ранее и работающих в настоящее время в ведущих отраслях промышленности (в НИИ, КБ, НПО, заводах), вузах и организациях РАН.

Наиболее значимые их публикации широко обсуждались на тематических семинарах, конференциях, круглых столах и других научно-практических мероприятиях отраслевого, межотраслевого, национального (государственного) и международного рангов. В целом ряде публикаций в числе авторов были специалисты-эксперты и ученые из правоохранительных структур. Участие этих авторов в исследованиях по проблематике надежности объясняется целым рядом причин, среди которых можно назвать три основные.

Во-первых, на все крупные аварии и серьезные происшествия на технических и других объектах национального уровня, а также в сложных технических системах, как правило, заводятся уголовные дела. Поэтому в соответствующих расследованиях по ним принимают непосредственное участие не только эксперты-чиновники (по долгу службы), но и серьезные ученые и профильные специалисты в области надежности.

Во-вторых, участие в данной проблематике в научно-методологическом и практическом аспектах авторов данной группы диктуется тем основным и немаловажным обстоятельством, что наметившаяся в последние 10–15 лет явно негативная тенденция в виде участвовавших крупных аварий, катастроф и серьезных происшествий на технических и других объектах национального уровня, а также сложных системах самого различного назначения влечет за собой весьма ощутимые и ничем неоправданные затраты основных видов ресурсов (денежных, трудовых, материальных, временных) на ликвидацию последствий, а также непосредственные потери и утраты дорогостоящего технического и технологического оборудования, различного имущества и др. Но в первую очередь перечисленные происшествия приводят к весьма многочисленным жертвам людей² и (или) их серьезному физическому и психическому травмированию, а также социальному напряжению как в стране в целом, так и в зонах происшествий.

В-третьих, как показывает многолетний опыт конструкторско-технологических исследований и разработок в рамках отраслевых и межотраслевых НИР и ОКР (НИОКР, НИОТР) применительно к конкретным видам техники, в ходе различных видов их испытаний при опытной отработке, серийном производстве и штатной эксплуатации по имеющим место отставкам ситуациям в подавляющем числе случаев не устанавливаются истинные и (или) наиболее вероятные причины их возникновения, а также не устанавливаются затраты ос-

¹ Вместе с тем следует отметить наметившуюся в последние годы негативную тенденцию возрастания затрат по рекламациям и претензиям по целому ряду продаваемой (поставляемой) в зарубежные страны сложной техники двойного назначения из-за ее недостаточной надежности. Это обстоятельство существенно снижает экономическую выгоду от продаваемой техники, а также способствует «утечке мозгов» наших специалистов в зарубежные страны.

² Следует отметить, что гибнет не только большое количество людей, но в том числе и множество отраслевых специалистов. Гибель и серьезное травмирование (физическое и психическое) классных специалистов в атомной и аэрокосмических отраслях промышленности, атомном и дизельном подводном флоте, экипажей в военной и гражданской авиации, шахтеров-профессионалов в угольных шахтах глубокого залегания и других отраслях в значительной мере замедляют дальнейшее развитие этих отраслей и способствуют возникновению и развитию кризисных явлений в стране в целом, усиливают тенденцию снижения численности трудоспособного населения из-за роста числа различных заболеваний (при крайне неадекватном медобслуживании) по причине участвовавших в последние годы происшествий, влекущих за собой серьезные экологические проблемы в зонах происшествий. Все это вместе взятое способствует протестным настроениям в самых широких слоях общества России.

новых видов ресурсов на ликвидацию причин и последствий их возникновения, а также не указываются последствия для страны в целом и для зон, в которых состоялись эти происшествия.

Указанные три основные причины объясняют вполне правомерное участие ученых и специалистов данной группы (к сожалению, пока что стихийно-добровольное, а не на основе соответствующих законодательных актов) во всех делах, касающихся надежности и безопасности крупных технических и других объектов национального уровня, а также сложной наукоемкой техники XXI в. и СТО ее производств. Именно это обстоятельство подчеркивается в целом ряде публикаций последних лет в изданиях национального уровня, а также в межотраслевых и отраслевых изданиях, в которых проводится генеральная линия, определяющая необходимость создания на национальном уровне специализированных групп экспертов (как нового института экспертов XXI в.), представляющих собой все основные правоохранительные и правоприменительные структуры, а также структуры счетной палаты и ее региональных отделений по аналогии с институтом военных представителей (военпредов), представляющих собой все ведущие заказывающие управления МО России.

Достаточно многочисленный состав военпредов, независимый от руководителей разрабатывающих и промышленных предприятий (НИИ, КБ, НПО, заводов), принимали в прошлом и принимают сегодня самое активное участие во всех процессах создания, производства и эксплуатации (в том числе транспортировки, хранения и утилизации) как образцов В и ВТ, так и сложной наукоемкой техники двойного назначения.

Эффективность функционирования института военпредов в СССР и России во второй половине XX в. (и особенно в 50–80-е годы) вполне обоснована тем, что отечественные образцы В и ВТ и созданная сложная техника двойного назначения с активным участием военпредов уже в 60–70-е годы вышли на мировой уровень высоких технологий, изделий товаров и услуг. В этом весьма немалая заслуга наших ведущих отечественных ученых в ранге академиков и чл.-корр. АН СССР и АН УССР (в том числе А.И. Берга, Н.Г. Бруевича, Б.С. Сотского, Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Н.П. Бусленко и др.). Именно они инициировали процесс создания многоуровневой государственной системы, в которую вошли созданные многочисленные службы и подразделения надежности во всех ведущих отраслях промышленности с доминирующей ролью разрабатывающих и промышленных предприятий ВПК страны.

С их же непосредственным участием был организован всеобуч по проблематике надежности на национальном уровне. Научно-методологическими центрами этого всеобуча стали дома научно-технической пропаганды в целом ряде крупных городов СССР во главе с Московским домом научно-технической пропаганды (МДНТП), в котором систематически в течение многих лет проводились научно-практические семинары и круглые столы отраслевых и межотраслевых рангов с широким освещением результатов их работы в печатных изданиях этих домов, а также центральной печати СССР и союзных республик (в Москве, Ленинграде, Свердловске, Киеве, Минске, Ташкенте, Днепропетровске, Харькове и других столичных и крупных городах СССР).

В этих же центрах была инициирована идея создания крупных научно-методических руководств силами широкой и многочисленной армии «надежников» (в основном 2-го поколения 60–80-х годов), которую возглавляли неформальные лидеры в ранге докторов и кандидатов наук. Ими были разработаны многочисленные отраслевые научно-методические руководства по проблематике надежности применительно к создаваемой сложной наукоемкой технике в аэрокосмической и ракетной отрасли (Роскосмосе), авиапроме, судпроме, автопроме, атомпроме, спецмашпроме и других ведущих отраслях промышленности СССР и России.

Многочисленный авторский коллектив, в состав которого входило немалое число «играющих тренеров» в ранге академиков и членов-корреспондентов РАН, докторов и кандидатов наук, а также крупных специалистов, стал ядром при подготовке рабочих материалов и выпуске в центральных издательствах национального уровня справочных руководств энциклопедического плана.

К таким руководствам следует отнести изданный издательством «Машиностроение» в 86–90-х годах 10-томный энциклопедический справочник «Эффективность и надежность в технике». К руководствам такого же уровня следует отнести 8-томный справочник «Не разрушающий контроль», изданный в 2005–2006 гг. Российским обществом по неразрушающему контролю и технической диагностике (ОНКТД) совместно с издательством «Машиностроение».

В основном тексте настоящего обзора достаточно подробно раскрывается состав всех томов данных руководств, их редакторов, а также основного состава авторского коллектива, ядро которого составили доктора и кандидаты наук, а также специалисты по проблематике надежности, неразрушающему контролю

и технической диагностике сложной машиностроительной техники второй половины XX в. Выпуску данных двух руководств в виде многотомных энциклопедических справочников национального уровня предшествовало большое число изданных отраслевых руководств применительно к ведущим отраслям промышленности и конкретной сложной технике машиностроительного, радиотехнического, электронного и другого профиля¹.

В ряде руководств в соответствующих разделах сформулированы основные принципы построения и функционирования отраслевых служб и подразделений надежности на конкретных разрабатываемых и промышленных предприятиях (НИИ, КБ, НПО, крупных заводах). В качестве основных задач отраслевым службам надежности предписывалось разрабатывать соответствующие научно-методологические документы и методики определения (расчета) и контроля надежности профильной продукции на всех этапах ее жизненного цикла (разработки, опытного и серийного производства, а также эксплуатации, в том числе транспортировке, хранении, утилизации).

Основополагающие вопросы общепланового плана по проблематике надежности, а также постановке новых актуальных задач и предложений по обеспечению надежности технических объектов на национальном уровне и сложной техники XXI в. сформулированы в работах последних лет, выполненных с участием новых групп авторов. Наиболее актуальные из них обобщены и представлены в настоящем аналитическом обзоре.

В завершающей части настоящей работы следует отметить, что ее материалы представляют собой научно-методологическую инновационную разработку, содержащую новую научную идею. Ее дальнейшая более детальная разработка и представление в форме общетехнического типового проекта, а также ряда ча-

стных межотраслевых и отраслевых проектов по конкретным техническим направлениям (видам техники и СТО их производств) в рамках международных, государственных, межотраслевых и отраслевых программ с участием крупных корпораций и промышленных предприятий (НИИ, КБ, НПО, заводов) предполагают ощутимую экономическую, политическую и социальную выгоду.

Эта выгода прежде всего может быть основана на существенном (в разы) сокращении затрат основных видов ресурсов (денежных, трудовых, материальных, временных) на ликвидацию последствий от аварий, катастроф и серьезных происшествий на объектах национального уровня, а также создаваемой, выпускаемой промышленностью и эксплуатируемой сложной наукоемкой техники XXI в. и СТО ее производств. При этом представляется целесообразным и наиболее эффективным разрабатывать и реализовывать эти программы в рамках различных технопарков.

Инновационные аспекты этих технопарков на уровне корпораций и отдельных крупных промышленных предприятий рассматриваются и обосновываются в работах А.Л. Горелика, А.Г. Тимушева, М.Д. Сафина².

Инновационные предпосылки к разработке и реализации таких программ к настоящему времени вполне подготовлены достаточно многочисленной группой авторов и представлены в целом ряде публикаций.

В этих публикациях приведены общеметодологические концепции, а также конкретные методы, модели и типовые алгоритмы применительно к проблематике надежности и безопасности создаваемой сложной техники и СТО ее производств в условиях функционирования интегрированных АСУ и САПР в разрабатываемых и промышленных предприятиях (НИИ, КБ, НПО, заводах) ведущих машиностроительных и других отраслей России.

¹ В частности, к таким отраслевым руководствам следует отнести научно-методическое издание в 22 книгах. Руководство создавалось достаточно большим коллективом авторов. К его разработке привлекался целый ряд профильных специалистов из подразделений надежности НИИ, КБ, НПО и заводов аэрокосмической отрасли под общим методологическим руководством специалистов из головного отраслевого отдела надежности, возглавляемого д.т.н., проф. Рембезой. Указанное руководство разрабатывалось в течение целого ряда лет в 70–80-е годы. В подготовке статистической информации, необходимых материалов, разработке общих и частных методик и расчетов по ним на ЭВМ принимал участие целый ряд специалистов по надежности из отраслевых НИИ МО и ВМФ СССР. Аналогичные отраслевые научно-методические руководства и (или) обширные отраслевые и межотраслевые монографии по проблеме надежности в эти годы создавались и в других ведущих отраслях промышленности, вузах и организациях АН СССР.

Наиболее важные и значимые результаты исследований и разработок по проблематике надежности, обобщенные в достаточно большом числе докторских и кандидатских диссертационных работ и различных отраслевых руководствах, были представлены в соответствующих монографиях, изданных в издательствах «Машиностроение», «Судостроение», «Радио и связь», АН СССР, Госстандарта СССР и др., а также издательствах вузов (МВТУ, МАИ, МИЭМ и др.).

² Горелик А.Л. О классификации технопарков // Вопросы оборонной техники. Научно-технический сборник. Сер. 3. 2010. Вып. 5–6 (360–361). С. 95–99; Апполонов И.В., Горелик А.Л., Разумовский В.А., Хариев Н.И. Вопросы специальной информационной поддержки задач проектного анализа и надежности разрабатываемой продукции машиностроительного профиля // Вопросы оборонной техники. Научно-технический сборник. Сер. 3. 2020. Вып. 5–6 (360–361). С. 47–76.

Апполонов И.В., Хариев Н.И.

**Апполонов Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор, главн. научн. сотрудник ЦНИИС
Хариев Насир Имирасланович, канд. технических наук, ведущий эксперт ГУ РФЦСЭ при Минюсте России**

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ТЕХНИКИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ XXI В.

Приведен краткий обзор и дан анализ основополагающих результатов исследований и разработок ведущих отечественных ученых и специалистов в области надежности и технической диагностики, выполненных во второй половине XX в. в различных отраслях промышленности, Минвузе и Академии наук СССР и России. Раскрыты основные причины роста показателей надежности создаваемой и выпускаемой сложной наукоемкой отечественной техники в 60–70-е годы и резкого их спада в 80–90-е годы XX в. и первого десятилетия XXI в., проявившегося в тенденции к увеличению количества отказов в работе различной техники, нередко приводящих к серьезным происшествиям на крупных объектах национального уровня и в сложных системах. Указан целый ряд конкретных отраслей и видов техники, где имели место наиболее резонансные происшествия и серьезные отказовые ситуации. Приведены предложения по обеспечению надежности создаваемой техники XXI в. в рамках программно-целевого принципа, предусматривающего создание системы (подсистемы) управления надежностью и представления ее в виде общетехнического типового проекта, а также в ряде частных проектов по приоритетным видам техники машиностроительного профиля.

Ключевые слова: оценка, контроль, подтверждение и обеспечение надежности, управление качеством.

Appolonov I.V., Hariev N.I.

RELIABILITY AND SECURITY OF COMPLEX HIGH-TECH DUAL-USE TECHNOLOGY OF THE 21ST CENTURY

A brief analytical overview and an analysis of the fundamental results of research and development leading national scholars and experts in the field of reliability and technical diagnostics, performed in the second half 20 - century in various industries, Ministry of Higher Education and the Academy of Sciences of the USSR and Russia are given. The main reasons for the growth of reliability created and produced a complex high-tech domestic machinery in 60–70 years and a sharp decline in their 80–90 years of 20th-century and first decade of the 21st century, manifested in the rising trend of failures in the work of various equipment often leading to serious accidents on major facilities at the national level and in complex systems are revealed. Indicated a number of specific industries and types of equipment where there have been more resonant accidents and serious situation. Formed proposals to ensure the reliability of equipment produced by the 21 th century under the program-oriented principle, provides for a system (subsystem) reliability management and reporting it as a general technical standard project, as well as several private projects on priority technology mechanical engineering mechanical.

Keywords: assessment, monitoring, validation and maintenance of reliability, quality control.

e-mail: hariev@mail.ru.