

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ  
ВАЗИРЛИГИ  
ИСЛОМ КАРИМОВ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА  
УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**



International  
Organization for  
Standardization



International  
Electrotechnical  
Commission



**ХАЛҚАРО АНЖУМАН  
«Жаҳонда стандартлаштириш ва техник жиҳатдан  
тартибга солиш ҳолати ва ривожланиш истиқболлари»**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«Состояние и тенденции развития стандартизации и  
технического регулирования в мире»**



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

**13-14 Октябрь, 2022  
Ташкент, Узбекистан**

4. Рехтен А. В. Струйная техника. Основы, элементы, схемы. «Машиностроение», Москва, 1980.

УДК 001.893:65.011.56:658.562

## БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

**Соколовский С.С., Соломахо В.Л.**

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь,

**Цитович Б.В.<sup>2</sup>,**

Белорусский государственный институт повышения квалификации  
по стандартизации, метрологии и управлению качеством, Минск, Республика Беларусь

***Аннотация.** Проведен анализ существующих подходов к автоматизации процессов метрологического обеспечения производства и на этой основе определены базовые принципы создания интегральных систем автоматизированного проектирования методик выполнения измерений.*

***Abstract.** The analysis of the existing approaches to the automation of the processes of metrological support of production has been carried out, and on this basis the basic principles for the creation of integrated systems for the computer-aided design of measurement procedures have been determined.*

Попытки автоматизации метрологического обеспечения производства начались с появлением в метрологических службах персональных компьютеров. Первые программные продукты этого направления носили громкое название «АРМ Метролог» (автоматизированное рабочее место метролога) и были направлены на учет наличия и местонахождения средств измерений, причём основное внимание уделялось соблюдению сроков их поверки. Безусловная ценность этих программ состояла в освобождении руководящих специалистов-метрологов от рутинной механической работы, но подобные программы имели только то отношение к метрологии, что они обеспечивали компьютерный учёт в определённой области деятельности метрологических служб.

В основные функции программы «АРМ Метролог» обычно входили:

1. Компьютерный учет наличия, движения и состояния средств измерений. Формирование графиков поверки средств измерений.
2. Планирование метрологического контроля и ремонта средств измерений. Контроль проведения их метрологического и технического обслуживания.
3. Анализ состояния и применения средств измерений. Накопление и обработка статистики отказов по результатам поверок.

Такое применение «АРМ Метролог» должно полностью отвечать требованиям современных нормативных документов по метрологии, что безусловно способствует обеспечению единства измерений. Дополнение пакета программ учёта средств измерений программами обработки результатов измерений, в том числе при поверке и калибровке средств измерений, сегодня широко распространено в подразделениях территориальных органов Госстандарта Республики Беларусь.

Решение важных учётно-расчётных задач, тем не менее, не обеспечивает полноту компьютерной поддержки работы рядового метролога, значительная часть которой заключается в разработке методик измерений, в том числе для измерительного контроля параметров готовящейся к выпуску новой продукции.

Разработка методик измерений параметров готовящейся к выпуску новой продукции может осуществляться ещё на этапе её проектирования, например в рамках общего комплекса работ, выполняемых при проведении метрологической экспертизы и метрологической проработки изделий. Если метрологическая экспертиза имеет целью выявление недостатков объекта для последующей организации метрологического обеспечения производства таких объектов, то метрологическая проработка изделий направлена на профилактику таких недостатков объекта ещё на этапе его проектирования.

Необходимость метрологической проработки изделий машино- и приборостроения на этапе их проектирования очевидна – неконтролепригодность параметров может существенно задержать начало производства объекта, его выпуск и внедрение в народное хозяйство. Осуществлению метрологической проработки изделий существенно мешает отсутствие квалифицированных специалистов. Значительную помощь в массовом проведении таких работ может оказать создание для разработчиков изделий и экспертов-метрологов программных продуктов, направленных на оказание компьютерной поддержки проведения метрологической экспертизы и обеспечения контролепригодности параметров.

Оптимальным вариантом решения такой задачи представляется создание и апробация экспертной системы, обеспечивающей компьютерную поддержку проведения метрологической проработки изделий, подлежащих запуску в производство.

В случае если система будет направлена на обеспечение функциональной метрологической экспертизы объектов, то обязательной становится также информационная поддержка оптимизации норм точности функциональных параметров с учетом качества объекта и возможности метрологического обеспечения его производства.

Исходя из предполагаемого использования автоматизированных систем метрологического обеспечения для изделий машино- и приборостроения, можно ожидать, что абсолютное большинство их параметров, подлежащих экспертизе, составляют геометрические параметры изделий. Практика проведения функциональной метрологической экспертизы разнотипных объектов, относящихся к сфере машино- и приборостроения позволяет предложить общие принципы построения компьютерных автоматизированных систем метрологического обеспечения (рисунок 1).

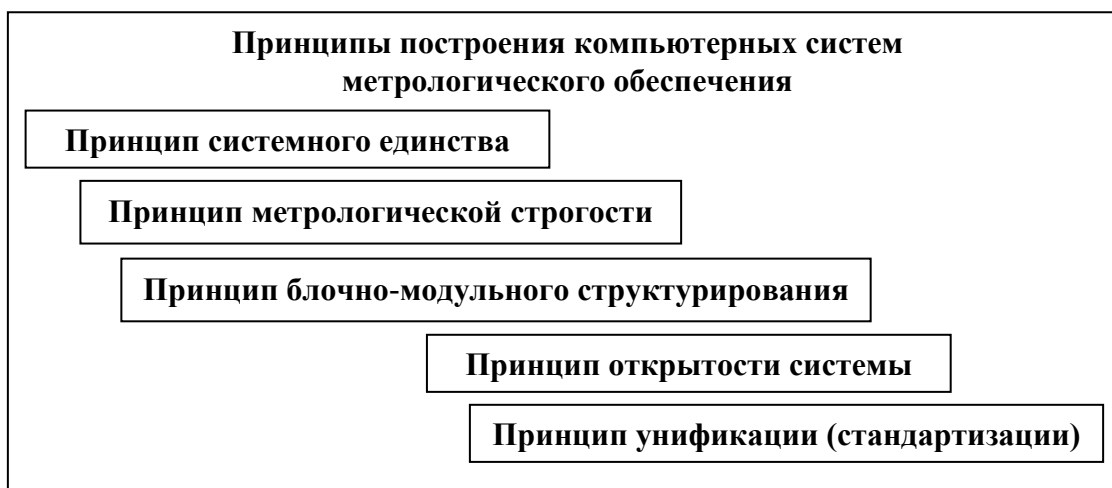


Рисунок 1 – Принципы систем метрологического обеспечения

Далее представим более подробное представление содержания каждого из принципов.

**1. Принцип системного единства**, который заключается в обязательном применении при построении системы и подсистем описания объектов единых норм и правил, требований, условных обозначений, определений, принятых в системе обеспечения единства измерений, включая нормативные документы в области метрологического обеспечения производства. Однородность программного, лингвистического и информационного обеспечения, также является одним из условий использования этого принципа.

**2. Принцип метрологической строгости** заключается в том, что автоматизированная система метрологического обеспечения позволяет пользователю учитывать не только инструментальные и субъективные погрешности, «погрешности условий», вызванные воздействием влияющих физических величин, но и методические составляющие погрешности при использовании предлагаемых методик выполнения измерений. В отличие от инструментальных погрешностей, «погрешностей условий», субъективных погрешностей, оценки которых могут быть получены непосредственно в процессе разработки методики измерений, методическая составляющая погрешности измерений, обусловленная идеализацией объекта измерений, однозначно не прогнозируется. Для её оценки необходимо проведение экспериментальных исследований точности технологического процесса изготовления объекта измерений.

**3. Принцип блочно-модульного структурирования** задач контроля и обработки результатов требует, чтобы разрабатываемая структура системы предусматривала возможность автономной разработки блоков и модулей частных программ, объединяемых в программный комплекс метрологического обеспечения. Наряду с определением приоритетов в разработке программного обеспечения на основе заранее установленных иерархий и последовательности решения задач метрологического обеспечения и/или экспертизы однотипных параметров данный принцип позволяет рационализировать процесс создания программных продуктов.

Структурированные данные (блоки информации) должны включать сведения о разноточностных параметрах объектов контроля, способах задания параметров в документации; схемах и средствах измерения параметров и т.п.

**4. Принцип открытости системы** обеспечивает возможность внесения в систему разработчиком и пользователем дополнений, например, таких как новые теоретические разработки, информация о вновь аттестованных специальных средствах и методиках

выполнения измерений, новых метрологически узаконенных универсальных средствах измерений, внесённых в Государственный реестр. Наряду с принципом блочно-модульного структурирования реализация этого принципа позволяет дополнять систему необходимыми элементами и блоками вплоть до построения универсальной автоматизированной системы метрологического обеспечения.

**5. Принцип унификации (стандартизации)** – один из основополагающих принципов при создании автоматизированных систем метрологического обеспечения проектирования изделий. Он обеспечивается выполнением комплекса работ по унификации и стандартизации объектов контроля, схем, средств и методик измерений, номенклатуры геометрических параметров и способов их задания на чертежах деталей, типовых расчетов составляющих погрешности измерений и т.д. Реализация этого принципа возможна на базе систематизации унифицированных блоков информации.

В области разработки методик измерений геометрических параметров имели место разного уровня попытки унификации и даже стандартизации некоторых элементов, используемых в методиках измерений. Приходится признать, что их востребованность в производстве далека от возможного уровня применения. Причины такого состояния заключаются в нежелании значительной части метрологов уделять приоритетное внимание измерениям (измерительному контролю) геометрических параметров, несмотря на их доминирующую номенклатуру.

Наряду с ГОСТ 8.010 – 2013 «Межгосударственный стандарт. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения», который распространяется на измерения любых физических величин, есть ряд нормативных документов по стандартизации, которые имеют более узкую направленность. К таким НД, не имеющим убедительных аналогов в иных областях измерений, можно отнести:

ГОСТ 8.050 – 73 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия выполнения линейных и угловых измерений».

ГОСТ 8.051 – 81 «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

РД 50-98 – 86 «Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051-81)».

Очевидно, что ГОСТ 8.050 можно использовать только при измерениях ограниченной номенклатуры параметров, поскольку влияющие величины при других измерениях могут существенно отличаться. Что касается ГОСТ 8.051, область его распространения только на измерения линейных размеров до 500 мм не мешает ему содержать достаточно общие метрологические соотношения, которые можно успешно использовать для назначения допустимых погрешностей при измерительном приёмочном контроле любых параметров, для которых назначены двухпредельные ограничения (параметров с допусками), а также для назначения допустимых погрешностей при арбитражной перепроверке результатов измерительного контроля. К сожалению, для контроля любых других параметров, в том числе и геометрических (контроль формы и расположения поверхностей, контроль линейных размеров свыше 500 мм) приведенная в стандарте информация может использоваться только для построения аналогов, поскольку в областях измерений большинства других физических величин подобных стандартов просто нет.

РД 50-98 можно рассматривать как продолжение ГОСТ 8.051, поскольку в стандарте нормируются допустимые погрешности измерений, а в РД 50-98, несмотря на неудачное название, содержится краткая информация об аттестованных методиках измерений

геометрических параметров с указанием приписанных значений погрешностей измерений. Этот документ был использован для создания компьютерной программы, разработанной для выбора методик измерений геометрических параметров в ходе метрологического обеспечения машиностроительного производства [1].

Разработанная компьютерная программа имела очевидный недостаток, вытекающий из сути РД 50-98: в ней не учитывалось значение возможной методической составляющей погрешности измерений из-за идеализации объекта измерений (см. принцип 2, изложенный выше). Чтобы избавиться от этого недостатка новую программу следует ориентировать на работу в диалоговом режиме, причём для его информационного обеспечения необходимо непосредственно в ходе разработки корректного варианта программы проводить исследования точности технологических процессов изготовления объектов измерений. Исследованию подлежат типовые технологические искажения объектов при обработке и их количественные оценки. Получаемая таким образом информация может быть положена в основу разработки отдельного программного модуля, ориентированного на оценивание методических погрешностей измерений.

Кроме этого, следует отметить, что с момента введения в метрологическую практику нормативного документа РД 50-98 прошло достаточно много времени и за этот период парк средств измерений пополнился большим количеством новых, современных средств, обладающих более широкими метрологическими возможностями. Поэтому очевидно, что при использовании данного нормативного документа в качестве основы, при разработке нового программного продукта, информацию, содержащуюся в исходном документе, потребуется дополнить отсутствующими новыми средствами измерений, основываясь на Государственный реестр средств измерений.

При разработке подобного программного модуля, для обеспечения высокой эффективности его использования, важным также является учёт некоторых недостатков РД 50-98. Использование этого нормативного документа в большинстве случаев позволяет применять широкую номенклатуру вариантов (иногда явно избыточную) подходящих по точности конкурирующих средств измерения, для решения поставленной измерительной задачи. Однако в документе отсутствуют рекомендации для выбора наиболее эффективного варианта средства измерения из возможной номенклатуры. Для оптимизации решения можно задействовать квалиметрическое оценивание конкурирующих вариантов по совокупности определяющих свойств (экономических, эргономических и пр.) с выходом на комплексные показатели качества соответствующих измерений. Для выполнения такой процедуры желательно использование специально разработанного автономного программного модуля соответствующей направленности.

Разработанный с учётом изложенных выше рекомендаций обобщённый программный продукт может быть легко интегрирован в глобальную систему автоматизированного проектирования методик выполнения измерений геометрических параметров деталей (размеров, а также отклонений формы и расположения поверхностей). При должном методическом обеспечении с доработанной программой сможет работать пользователь, обладающий достаточной метрологической квалификацией, не имеющий специальной подготовки и углублённого опыта работы с персональным компьютером.

Компьютерные программы, разрабатываемые для автоматизированных систем метрологического обеспечения проектирования объектов в части измерений и контроля геометрических параметров деталей позволят дополнить автоматизированное рабочее место инженера-метролога компьютерной поддержкой для автоматизации метрологического

обеспечения проектирования объектов и их производственного обеспечения в части измерений и контроля геометрических параметров деталей.

### Литература

1. Использование вычислительной техники для метрологического обеспечения машиностроительного производства / И.Б. Борд, С.С., С.С. Соколовский, В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович. // Измерительная техника, М., Издательство стандартов: 1992, №9.

## ТЕСТОВАЯ ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Мухамедханов Улугбек Тургунович,**

д.т.н, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов» Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2

**Мирзаев Дилшод Аминович,**

доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры «Радиотехнические устройства и системы», Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, 1000095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская,

**Тураев Хуршид Салим угли,**

докторант кафедры «Автоматизация производственных процессов» Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова, 1000095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская,

**Кузиев Зокир Жуманазар угли,**

докторант кафедры «Радиотехнические устройства и системы» Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, 1000095, Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. Университетская, 2,

***Аннотация:** Проанализировано современное состояние теории и практики оценивания надёжности программного обеспечения вычислительных машин, сетей и систем и выявлены тенденции их дальнейшего развития и совершенствования. Приведены понятия надёжности программного обеспечения и его характеристики. Даны сравнительные характеристики надёжности аппаратных и программных средств систем управления. Осуществлена сравнительная классификация моделей надёжности программного обеспечения.*

***Ключевые слова:** надёжность функционирования программного обеспечения, тестирование программного обеспечения, жизненный цикл программной продукции.*

***Annotation:** The current state of the theory and practice of evaluating the reliability of computer software, networks and systems is analyzed and trends in their further development and improvement are identified. The concepts of software reliability and its characteristics are given. Comparative characteristics of reliability of hardware and software are given. Comparative classification of the software reliability model is carried out.*

***Keywords:** reliability of software operation, software testing, product lifecycle.*

В современную эпоху со стремительного роста программно-аппаратных средств промышленной автоматизации существенно усложняется процедура достоверной и точной оценки показателей надёжности систем управления. При этом особое внимание уделяется созданию цифровых технологий и средств реализации научных и практических задач, которые непосредственно связаны растущим спросом на программное обеспечение систем и

|                                                                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Соколовский С.С., Цитович Б.В., Соломахо В.Л. Базовые принципы и перспективы автоматизации процесса разработки методик выполнения измерений.....                                                                               | 146 |
| Мухамедханов У.Т., Мирзаев Д.А., Тураев Х.С., Кузиев З.Ж. Тестовая оценка надёжности программного обеспечения автоматизированных систем управления.....                                                                        | 151 |
| Исматуллаев П.Р., Жабборов Х.Ш. Дон ва дон маҳсулотлари намлигини ўлчаш ўзгарткичларини экспериментал тадқиқи.....                                                                                                             | 154 |
| Муминов Х.Д., Матякубова П.М., Файзуллаева У.Д., Методы исследования эффективности системы управления в современных условиях.....                                                                                              | 160 |
| Исматуллаев П.Р., Рахматов Д.И., Мусаева З.Д., Методика калибровки измерительных каналов автоматизированных систем управления технологическими процессами.....                                                                 | 164 |
| Машарипов Ш.М., Кудратов Ж.Х. Оценка метрологического обеспечения и качества при измерении параметров нефтепродуктов при верификации методов измерений.....                                                                    | 167 |
| Ахмедов Б.М., Рашидов А.С. Аналитик ўлчашлар ноаниқлигини баҳолаш усуллари.....                                                                                                                                                | 170 |
| Машарипов Ш.М., Кудратов Ж.Х. Оценка промежуточной прецизионности при определении качества нефтепродуктов и их метрологического обеспечения.....                                                                               | 175 |
| Шарипов Г.Н., Тураева Н.М., Эшмурадов Д.Э. Вопросы повышения метрологической надёжности средств измерений.....                                                                                                                 | 178 |
| Валиев Р.А., Искандаров С.Т. Вопросы по обеспечению достоверности межлабораторных сличительных измерениях физико-химических величин (на примере вязкости жидких сред).....                                                     | 184 |
| Авлиякулов Н.Н., Таиров Б.Б., Негбоев А.А. Условия измерений метрологического обеспечения производства.....                                                                                                                    | 187 |
| Таиров Б.Б., Авлиякулов Н.Н., Кодирова Ш.С. Достоверность результатов измерений с учетом метрологических свойств средств измерений.....                                                                                        | 190 |
| Мамажонов А.А., Абдужабборов О.О., Абдумаликов А.А., Пенополиуретанни кўпиклантириш технологик жихозини имконият кўрсаткичини аниқлаш.....                                                                                     | 193 |
| Кречетова Е.В., Чикмарев А.Д. Исследование работоспособности элетроемкостного метода для клеевых соединений и обработка и совершенствование программного обеспечения для определения характеристик математических моделей..... | 200 |
| Umarxodjayeva Z.N., Abduqahhorov F., Soliddinov A. Xoll effekti asosidagi datchiklar tahlili.....                                                                                                                              | 203 |
| Рахимов А.К., Бобоев Ғ.Ғ., Исследование метрологических характеристик ультразвукового счетчика газа.....                                                                                                                       | 208 |
| Muxammad Aminov A.D., Qurbonov A.P. Korxonaning metrologik ta'minot muammolari.....                                                                                                                                            | 210 |
| Эргашов Қ.М., Эркабоев А.Х. Эҳтимоллар назариясини маҳсулотларни синашда қўлланилиш самарадолиги.....                                                                                                                          | 212 |
| Миралиева А.К., Муминов Х.Д. Анализ качества поверки средств измерений.....                                                                                                                                                    | 216 |
| Миралиева А.К., Муминов Х.Д. Машинасозлик соҳасида техникавий хужжатларнинг метрологик экспертизасининг масалалари.....                                                                                                        | 220 |
| Isroilov F.M., Qosimov O.F., An optoelectronic device that noninvasively measures blood oxygen saturation.....                                                                                                                 | 224 |
| Шермурадова М.Ф., Рахматов Д.И., Қаландаров А.Ф. Ўлчаш воситаларини калибрлаш жараёнини автоматлаштиришнинг аҳамияти ва афзалликлари.....                                                                                      | 228 |
| Беккулов Ж.Ш., Математическое моделирование процесса сушки калийных удобрений в барабанной сушилке.....                                                                                                                        | 230 |