

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему Разработка критериев модернизации испытательного
оборудования
метрологической лаборатории

выполне на Арбузовым Владиславом Евгеньевичем
фамилия, имя, отчество студента в творительном падеже

по направлению подготовки/
специальности 27.03.01 Стандартизация и метрология
код наименование направления подготовки/
специальности

наименование направления подготовки/ специальности
направленности Метрология, стандартизация, сертификация
наименование направленности

наименование направленности

Руководитель

доцент, к.т.н.
Р.Н.Целмс
должность, уч. степень, звание
инициалы, фамилия

Студент группы
№

М661



В.Е. Арбузов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2020

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. История метрологии.....	6
1.1. Краткая история метрологии.....	6
1.2. Периоды развития Российской метрологии.....	7
1.2.1 Метрология Киевской Руси XI-XII веков. Первый период.....	7
1.2.2 Русь конца XIII - начала XV века. Второй период.....	8
1.2.3 Становление и укрепление Московского государства XV-XVII веков. Третий период.....	9
1.2.4 Метрологическая деятельность с 1700 по 1800 год. Четвертый период.....	10
1.2.5 Возникновение метрической системы.....	12
1.2.6 Метрическая система с 1900 года по настоящее время. Шестой период.....	14
1.3. Метрология в Российской Федерации.....	17
1.4. Перспективы развития метрологии в России.....	22
Вывод по первой главе.....	24

Глава 2. Модернизация испытательного оборудования метрологической лаборатории.....	26
2.1. Описание модернизируемой метрологической лаборатории.....	26
2.2. Проблемы автоматизации метрологических лабораторий.....	29
2.3. Необходимость внедрения ПО для автоматизации поверки.....	31
2.4. Причины существования небольшого количества ПО, позволяющих автоматизировать поверку.....	33
2.5. Программное обеспечение для автоматизации поверки	37
2.5.1. UNITESS.....	37
2.5.2. FLUKE MET\CAL.....	40
2.6. Сравнение UNITESS и FLUKE MET\CAL.....	42
2.7. Решение проблем автоматизации.....	55
Вывод по второй главе.....	57
Глава 3 Техничко-экономическое обоснование предлагаемой технологии.....	59
Вывод по третьей главе.....	64

Заключение.....66

Список использованных источников.....69

Введение

В настоящее время экономическое развитие России зависит от конкурентоспособности отечественной продукции, которая зависит, в свою очередь, от качества поверки и уровня испытательных лабораторий. Специфика электроизмерительных лабораторий требует системы признания их компетентности.

Каждая испытательная лаборатория должна быть конкурентоспособной, подтверждать качество проводимых ею испытаний, быть независимой, беспристрастной, неприкосновенной и технически компетентной.

Метрологическая лаборатория выполняет поставленные перед ней цели и задачи на самом высоком уровне качества на том простом основании, что заявляет о наличии:

- эталонов единиц величин, СИ, вспомогательного оборудования для обеспечения поверки в заявленной области аккредитации;
- необходимого производственного помещения, отвечающего требованиям методик поверки, санитарных норм, требованиям охраны труда и охраны окружающей среды;
- квалифицированного персонала с соответствующим уровнем образования, подготовкой, опытом работы, профессиональными знаниями и навыками;

– финансовых ресурсов, необходимых для поддержания помещения в состоянии, отвечающем требованиям, установленным критериями аккредитации, а также для обучения и повышения квалификации работников, наличия и актуализации используемых документов, выполнения иных работ, необходимых для обеспечения поверки.

Но, вследствие увеличения доли автоматизации практически всех метрологических процессов, назрела необходимость в более пристальном внимании к новым техническим средствам, которые день ото дня все настойчивее заменяют труд человека.

В помощь этому процессу приходит повсеместное внедрение системы менеджмента измерений, что позволит охватить весь имеющийся парк технических средств, а, главное, выйти на новый, более высокий, технически грамотный уровень управления имеющимися средствами. Также эта система поможет достичь наибольшей достоверности получаемых результатов измерений, напрямую влияющих на требуемое высокое качество.

Глава 1. История метрологии

Метрология – это наука об измерениях, методах, средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Слово «метрология» образовано от греческого μέτρον – мера и λόγος – наука [1, 17 с.]

Основным понятием метрологии является измерение, то есть совокупность операций, выполняемых с помощью специальных технических средств, для определения количественного значения величины.

Единство измерений – это такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы [1, 23 с.].

Утверждение типа средств измерений – одна из важнейших форм государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Объектами метрологии являются единицы величин, средства измерений, эталоны и методики выполнения измерений.

Важнейшая задача метрологии заключается в усовершенствовании эталонов, разработке новых методов точных измерений, обеспечении единства, а также необходимой точности измерений.

1.1. Краткая история метрологии

Метрология, как наука, зародилась еще в древности, поскольку различные измерения на всем протяжении развития человеческого общества играли важнейшую роль

как во взаимодействии одного человека с другим, так и со всем окружающим миром. Постепенно устанавливались единые положения, касаемые, как размеров, форм, различных свойств предметов и явлений, так и методов и правил их сравнения, а наименования единиц измерения и их размеры появлялись, в основном, с ориентацией на единицы, которые находились «под руками и ногами». Так, во II. веке до н. э. в древнем Вавилоне измеряли время в минах, что приравнялось примерно к двум астрономическим часам. Со временем, мина превратилась в знакомую нам минуту.

Огромное значение предавалось и поддержанию единства установленных мер; возникали эталонные или, по-другому, образцовые меры. К ним относились бережно и хранили в надежных местах как особо ценные предметы.

Довольно продолжительный период метрология была описательной наукой, касающейся многообразия мер их соотношений.

Со временем, в связи с бурным развитием естественных наук и появлением большого количества передовых средств измерений, метрология стремительно поднялась на следующий качественно новый уровень [2, 32-33с.].

1.2. Периоды развития Российской метрологии

1.2.1 Метрология Киевской Руси XI-XII веков.

Первый период

Много лет назад, в Древней Руси еще не знали ничего о метрологической службе, но в результате исследований, были обнаружены характерные признаки того, что уже тогда проводилась ежегодная поверка немногочисленных

измерительных приборов, а также было обнаружено доказательство использования образцовых мер, которые хранились в церквях и монастырях. Причем, в то время образцовой мерой длины считали «золотой пояс Великого князя Святослава Ярославича».

Довольно бурное строительство, занятие торговлей и различными ремеслами способствовали созданию системы мер, отвечающих потребностям того времени:

- изменилась система мер длины, в которую включили: версту, равную 1066,8 м, сажень, равную 2,13 м, локоть, приравненный к 0,42 м и пядь, равную 0,18 м;

- разрабатывались меры для измерения объема жидкостей и сыпучих продуктов: 1 кадь приравнивали к двум половникам, четырем четвертям и, соответственно, восьми осьминам, что означало 839,71 дм. кв. [7, 67 с.]

Для измерения жидких веществ, применяли бочку емкостью в десять ведер, а также корчагу - ведро, в которое помещалось 24 фунта воды, что равнялось около десяти килограммам. Вес всего остального измеряли, используя или берковец, или пуд, а также гривну, гривенку или золотник.

Были введены и правила взвешивания, положившие запрет, при осуществлении которого прикасаться гирь и весов, то есть не нарушить баланс при взвешивании.

Знаковым событием можно также рассматривать изданный новгородским князем Всеволодом в 1136 году Устав «О церковных судах и о людях, и о мерилах торговли». Этот Устав определил незыблемые правила, которые касались всех мерил честной торговли, он означал недопущение, как перевешивать, так и недовешивать, а также обязывал каждый год сообщать об их наличии.

Любому человеку, нарушившему эти незыблемые правила, грозило серьезное наказание вплоть до смертной казни.

Эти нововведения и события вполне можно рассматривать как становление единства измерений в эпоху Киевской Руси [6, 42с.].

1.2.2 Русь конца XIII - начала XV века. Второй период

В этот период Киевская Русь оказалась раздробленной, что сказывалось на многих процессах жизнедеятельности людей. И, хотя все еще продолжали пользоваться все теми же мерами, но возникали новые дополнительные меры площади и длины, например: волок и гон.

На исходе XIV века вошла в обиход новая мера площади, представлявшая собой квадрат со сторонами, равные десятой части версты, то есть равнялись сто пятьдесят сажен. Впоследствии эта мера была названа десятиной.

В те годы также предпринимались и попытки выполнить измерение времени. И в этой связи, в 1404 году, по приказу великого князя Московского Василия I в Кремле были установлены башенные часы. Практически такие же часы были установлены и в Пскове, и в Новгороде.

Вследствие раздробленности и серьезной разобщенности Руси, возникла серьезная опасность гибели принятой метрологической системы измерения веса и длины. [7, 74с.]

1.2.3 Становление и укрепление Московского государства XV-XVII веков. Третий период

XV век – в этот период значительно укрепились международные связи и Русь сплотилась вокруг Московского княжества. Наряду с этими событиями, все отчетливее наблюдалось ослабление татаро-монгольского ига.

Государством стала претворяться в жизнь политика, направленная на упорядочение единиц измерения, в связи с чем, система мер и весов становилась более понятой, полной и законной. Но меры по унификации единиц измерения в то время применялись в основном, как правило, к городам, торгам, ярмаркам и другим различным торговым заведениям.

21 декабря 1550 года Иваном Грозным был издан главнейший метрологический документ в те годы – Двинская. Это была грамота о совершенно новых вводимых печатных мерах объема, касающихся сыпучих веществ, получившая название осьмины. Это был имеющий историческое значение документ, потому как вводил новую систему мер и весов, которая должна была опираться на местные органы власти, а также устанавливал должный порядок передачи точных значений единиц измерения от образцовых мер к рабочим. В государстве стали брать за эталон московские образцовые меры, вследствие чего медные экземпляры были отправлены к соцким, старостам и целовальникам в города на хранение. К тому же, предписывалось, используя эти меры, изготавливать деревянные клейма, то есть копии для использования и обиходе. Меры, которые использовали как пример, были отданы на хранение в приказы Московского государства.

Во время правления царя Ивана Васильевича Грозного стала формироваться государственная метрологическая служба, а также и система обеспечения единства измерений, вследствие чего были разосланы московские указы о внедрении единых мер и образцов государственных мер.

Наблюдения за мерами и их проверка осуществлялись двумя городскими учреждениями: померной избой и большой таможенной, а в провинции надзор проводил личный состав воеводских и земских изб вкуче со старостами, целовальниками и другими доверенными людьми. Существовала и весьма жесткая дисциплинарная, предусматривавшая ответственность, так, за произошедшее целенаправленное повреждение контрольных мер, полагалось серьезное наказание - вплоть до смертной казни.

Что касается мер, используемых в то время, так использовались такие меры веса, как: пуд, фунт, гривна, а также литр.

В качестве угловых мер, применяющихся для определения направления относительно стран света и лежащего между ними угла, были приняты румбы, которые равнялись $1/32$ части окружности и градусы, равнявшиеся $1/360$ части окружности.

Подытожив все вышесказанное, можно сделать вывод, что в XV веке в Московском государстве была предпринята серьезная попытка установить единство весов и мер. [8, 91 с.]

1.2.4 Метрологическая деятельность с 1700 по 1800 год. Четвертый период

В 1700 году Петр I издал указ, гласивший о том, что день делится на две одинаковые части, по двенадцать часов каждая, причем, началом дня было указано считать полночь. Об этом стали оповещать народ производимым из бастиона Петропавловской крепости каждый день в полдень, то есть ровно в 12 часов, выстрелом из пушки.

При этом великом правителе были налажены отношения с Европейскими странами. Он способствовал расширению как научных, так и культурных, промышленных, а также торговых связей с Западом. Особо необходимо подчеркнуть и то, что именно при Петре I начали закупать средства измерений за границей, что означало серьезные изменения, имевшие цель передового вооружения как военно-морского флота, так и Российской армии в целом.

В 1725 году русский император Петр I открыл Российскую академию наук, в ведении которой находились как образцовые меры, так и копии эталонов фунта и туаза, которая стала заниматься воспроизведением угловых единиц, а также единиц времени и температуры. Этим серьезным научным заведением также были выпущены методические рекомендации по правилам применения единой системы в разнообразных измерениях.

В тот богатый на реформы период, русская система единиц длины пополнилась двумя английскими единицами - футами и дюймами, а за единицу площади был принят квадратный метр. Эти единицы совершенно были необходимы для контрольно-измерительных лабораторий, находящихся при военных заводах, изготавливавших оружие. К

тому же, было крупное поступление заказов на строительство судов и из-за рубежа.

Вопросами единых мер, равно как и вопросами метрологического сопровождения в торговой стези занималась комерц - коллегия, а вопросы по использованию навигационных и угломерных приборов, а также компасов курировала адмиралтейств-коллегия, а за время, равно как и за измерительные приборы шахт, заводов и монетных дворов несли ответственность Берг-коллегии, в этой связи и возникла идея объединить все центры в один единый метрологический центр.

Так, в 1736 году решением Сената была создана Комиссия по мерам и весам, руководителем которой был назначен граф М.Г. Головкин, занимавший в то время должность директора монетного двора.

В качестве первых мер длины срочно были изготовлены медный аршин и деревянная сажень, а за меру жидкости приняли ведро Московского Каменноостского питейного двора, эталонном веса же стала позолоченная бронзовая гиря, единицей веса которой являлся фунт.

В это же самое время произошло расширение имеющихся малых мер, направленных на повышение точности производимых измерений. Русские меры длины стали теперь мало чем отличаться от зачастую использовавшихся принятых английских мер.

Результат всех этих событий, имевших место быть во время царствования Петра I и после, прочно был закреплен в метрологии. [9, 59 с.]

1.2.5 Возникновение метрической системы.

Пятый период с 1800 по 1900 год.

В XVII веке во Франции феодалы имели свои собственные меры, содержали таможни и собирали пошлину. Поэтому рационализация системы мер являлась серьезным вопросом. И в этот непростой период французским астрономом Г. Мутоном была выдвинута идея построения системы на десятичной основе, которая смогла быть реализована только после французской революции.

8 мая 1790 года Учредительное собрание издало указ о реформе системы мер, и парижская академия наук принялась разработкой соответствующих предложений. В работе приняли участие и ряд комиссий: одна из них, во главе с Лагранжем, выступала за десятичную единицу кратных и дольных единиц, другая, которую возглавлял Лаплас, была за взятие $1/40.000.000$ части земного меридиана за единицу длины. Единица площади в результате была приравнена к одному квадратному метру, а за единицу объема m^3 приняли единицу массы равную килограмму, это означало массу кубического дециметра чистой воды взятой при температуре $4^\circ C$.

На основе этого и была построена известная ныне метрическая система, задуманная, изначально, международной.

Уже в следующем году, 26 марта 1791 года, Учредительное собрание Франции одобрило предложения Парижской академии наук.

Национальный Конвент признал реформу мер и весов одним из величайших благих деяний революции и

постановил то, что она должна быть обязательно доведена до конца.

Через четыре года, 7 Апреля 1795 года, Конвент выпустил закон о введении метрической системы во Франции, а еще через следующие четыре года комиссары: Лагранж, Кулон, Деламбр и Лаплас, проделав невероятно сложную работу, дали определение единицы длины и массы. Данная метрическая система была рекомендована к использованию всем государствам. А платиновые прототипы метра и килограмма, утвержденные законом, были определены на хранение в архив Франции,

В России также начинает работать международная метрологическая организация, и, наконец, происходит централизация метрологической деятельности.

В 1835 году был принят указ «О системе российских мер и весов», утвердивший эталоны длины и массы. За эталон длины был взят платиновый фунт, соответствующий весу бронзово-позолоченного фунта 1747 года и платиновая сажень, равная 7 английским футам.

К 1842 году было сооружено в специально построенных зданиях на территории Петропавловской крепости хранилище для образцовых мер и весов.

Через семь лет был опубликован серьезный труд Ф.И. Петрушевского «Общая Метрология», отмеченный Императорской академией с присвоением Демидовской премии. [11, 123 с.]

Позже, в 1869 году, когда прототипами килограмма и метра заинтересовались во всем мире, видные петербургские академики Г.И. Вильд, Б.С. Якоби и О.В. Струве вышли с предложением к парижской академии наук

изготовить новые международные прототипы и обеспечить их копиями другие государства. Благодаря чему, в мае 1875 года утверждается Метрическая конвенция и России достаются платиноиридиевые эталоны единицы массы № 26 и 12, а также эталоны единицы длины № 28 и 11. Эти эталоны были определены в образованное депо образцовых мер и весов.

С 1892 по 1918 год, в так называемый менделеевский период, происходит всплеск развития метрологии, как науки. Ее весьма активно внедряют в народном хозяйстве, а образцовые эталоны меры и весов размещают теперь в главной камере одного из первых в мире метрологических научно-исследовательских институтов.

С 1899 года в стране наряду с древнерусской и британской таможенной систем стали пользоваться и системой Д.И. Менделеева. [11, 125 с.]

1.2.6 Метрическая система с 1900 года по настоящее время. Шестой период

С 1917 года начинают происходить серьезные изменения в метрологии:

- 14 сентября 1918 года Советом народных комиссаров было принято постановление «О введении международной метрической системы мер и весов»,

- была создана государственная метрологическая служба и утверждено «Положение о главной палате мер и весов», и обозначена уголовная ответственность за его нарушение,

- введена обязательная Всероссийская проверка мер и весов, утверждены единые сборы за проверку.

В довольно непростое время гражданской войны, когда повсюду была разруха, для выполнения декрета от 14 сентября 1918 года, было намечено выполнить немало сложных мероприятий, таких как:

- заменить огромное количество линейных мер и гирь новыми, разработанными и выпущенными в кратчайшие сроки,

- обеспечить их поверку с постановкой клейм, для этого было образовано множество дополнительных проверочных лабораторий;

- создать новые эталоны единиц метрической системы и средств передачи информации о размерах этих единиц для полного оснащения этих учреждений;

- пересмотреть всю техническую документацию,

- изготовить большой объем необходимого измерительного инструмента,

- подвергнуть серьезной ревизии все средства измерений на действующих предприятиях;

- постепенно внедрить в жизнь метрическую систему, обучая население пользоваться этой системой, выпускать все больше технической литературы, преодолевая тем самым застой мышления и старые привычки. [11, 129 с]

Целых девять долгих лет понадобилось, чтобы решить поставленную перед главной палатой мер и весов важнейшую государственную задачу - осуществить новую метрическую реформу.

В 1925 году вследствие принятия Парижской резолюции, заключенной 20 мая 1875 года, получила признание «Международная метрическая конвенция», в результате чего было установлено международное единство

и усовершенствована метрическая система, действующая на всей территории СССР.

К 1927 году государственная служба мер и весов действовала во всей стране, а международные связи СССР в области метрологии вышли на качественно новый уровень. Метрическая реформа была практически выполнена, вследствие чего палаты мер и весов были созданы во всех союзных республиках.

Далее в течение пяти лет были осуществлены и другие крупные меры по совершенствованию метрологической службы и стандартизации. Так, 23 ноября 1929 года был принят указ об уголовной ответственности за несоблюдение обязательных норм и «Положения о мерах и весах».

К началу войны в СССР был достигнут довольно высокий уровень метрологического обеспечения народного хозяйства. И даже переброска многих промышленных предприятий на восток, полномасштабное изменение ассортимента продукции, к которому пришлось прибегнуть вследствие перепрофилирования промышленности на военный лад, не повлекло нарушений в системе обеспечения единства измерений и взаимозаменяемости.

Со временем, в период с 1970 по 1980 год практически во всех министерствах и большинства ведомств, а также на крупных промышленных предприятиях были созданы ведомственные метрологические службы - отделы главного метролога, которые были наделены широкими полномочиями в области единства измерений.

Кроме того, была разработана и внедрена государственная система стандартизации. Государственная метрологическая служба, состоявшая из почти десятка

учреждений и более двухсот пятидесяти территориальных органов, управлялись Госстандартом СССР и 15 республиканскими управлениями. Организационные принципы и основные задачи метрологической службы были регламентированы структурой метрологической службы, которую установил государственный стандарт СССР 1973 года и основной ГОСТ 1.25-76 «ГСС. Метрологическое обеспечение. Основные положения». [11, 131-132 с]

1.3. Метрология в Российской Федерации

В 1992 году на территории бывшего Советского Союза были созданы независимые государства, что привело к необходимости поиска новых форм сотрудничества в области стандартизации, сертификации и метрологии. Так, 13 марта 1992 года правительства государств-участников СНГ подписали соглашение о ведении согласованной работы в области стандартизации, сертификации и метрологии, тем самым признав огромную важность совместных усилий.

Вновь созданному межгосударственному совету по стандартизации, сертификации и метрологии предстояло организовать стандартизацию, а также сертификацию и метрологию на межгосударственном уровне.

Началом формирования российской системы стандартизации принято считать подписание соглашения и разработку государственных стандартов Российской Федерации.

Серьезным знаковым событием в истории стандартизации стало принятие в 1993 году Закона РФ «О стандартизации», разрешившее вопрос о мерах защиты интересов потребителей на государственном уровне. Таким образом, вследствие разработки и применения нормативных документов по стандартизации, был совершен переход от всеобщей обязательности соблюдения норм, установленных законодательством СССР к стандартам, как к обязательно выполняемым, так и рекомендуемым к применению. Такое положение вещей просуществовало еще 10 долгих лет.

Следующий период развития метрологии пришелся на период с 1992 по 2001 годы. В это время достаточно бурно происходили следующие события:

- в соответствии с принятым соглашением от 13.03.1992 года продолжалось развитие межгосударственной стандартизации;

- были выставлены приоритеты, касающиеся развития государственных стандартов на продукцию и услуги, требовавшие обязательной сертификации;

- успешно внедрялись международные стандарты ИСО 9000, происходило слияние российских стандартов с международными. Эти мероприятия внедрялись в связи с возникшей необходимостью освоения международного рынка и подготовкой к вступлению в ВТО, а также вследствие создания собственных систем качества, которые бы соответствовали принятым во всем мире стандартам.

01.07.2003 года вступивший в силу Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 года положил начало реорганизации системы стандартизации, которая была так важна для принятия России в ВТО и, соответственно, снятия технических барьеров в торговле.

В своем Послании, приуроченном к Всемирному дню метрологии директор Международного бюро мер и весов Эндрю Уоллард подчеркнул, что:

«Метрологи призваны служить обществу через совершенствование и гармонизацию измерений, проводимых во всем мире. Это призвание подчеркивается сегодняшним лозунгом: «Мир метрологии на службе у всего мира», а мы продолжаем приносить масштабную пользу во все сферы жизни общества». [11, 157-158с.]

1.2 Современная метрология

Современная наука и производство насыщены средствами измерений, точность которых показывают их уровень развития. Это затрагивает многие серьезные сферы деятельности, касаясь, как транспорта, энергетики, медицины, так и сферы обеспечения обороноспособности и безопасности государства.

Высокоэффективная система обеспечения единства измерений невозможна без наличия высококвалифицированных специалистов. Именно такие метрологи и работают в метрологических службах федеральных органов исполнительной власти в области обороны и безопасности государства, на приборостроительных предприятиях и в государственных научных метрологических институтах, а также в государственных региональных центрах.

На сегодняшний день Россия обладает полноправным членством в Международной организации законодательной метрологии и является участником Международной метрической конвенции.

В настоящее время различные измерения проводятся на всех стадиях выпуска продукции и выполняются достаточно точно, поскольку серьезно влияют на многое: и на уровень развития обороноспособности и энергетики, а также промышленности, науки, транспорта и здравоохранения.

Успешное внедрение системы обеспечения единства измерений достигается при повышении точности, достоверности, объективности и согласованности результатов измерений.

Следует подчеркнуть, что на сегодняшний день Российская Федерация имеет довольно высокий уровень развития эталонной базы, что подтверждается достаточно точными результатами сличений государственных первичных эталонов с международными эталонами, а также с национальными эталонами зарубежных стран.

На сегодняшний день эталонная база Российской Федерации составляет 164 государственных первичных эталона единиц величин. Это число включает в себя порядка 60-ти тысяч эталонов единиц величин, информация о них содержится в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. [12, 40 с.]

Необходимо отметить, что наряду с сохранением ведущих позиций выпуска, также создаются и новые высокоэффективные стандартные образцы для метрологического обеспечения измерений как в металлургической промышленности, так и в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и газовой промышленности, причем сегодня область метрологии расширена тепловыми, световыми, механическими, электрическими, магнитными и многими другими явлениями.

Вследствие увеличения объема метрологических работ и их серьезного значения для развития науки, техники и промышленности, возникают метрологические институты.

Своей целью современная метрология ставит установление единицы измерения, воспроизведение их в виде наиболее точных образцов – эталонов и разработку методик выполнения точных измерений.

Главное практическое применение метрологии состоит в выполнении поверочных работ, которые означают передачу

точных значений единиц эталонов к рабочим мерам и измерительным приборам, что серьезно влияет на деятельность науки, техники и промышленности.

В отличие от зарубежных стран, метрологическая служба в Российской Федерации осуществляется в рамках единой сферы управления, которая в обязательном порядке стандартизована. Несмотря на то, что существуют огромное количество отличных один от другого видов деятельности.

Наряду с описанными выше аспектами, на современную метрологию влияет и законодательство, в соответствии с которым все измерения регулируется следующими правовыми актами:

- статьей 71 Конституции Российской Федерации, которая устанавливает, что стандарты, эталоны, метрическая система и исчисление времени находятся в ведении Российской Федерации,

- статьей 4 Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». В соответствии с этой статьей обеспечение единства измерений возлагается на государственные органы, с соответствующей системой государственного управления,

- нормативными документами восьмого комплекса общетехнических систем национальной системы стандартизации, которая состоит почти из 2000 документов, из которых 500 имеют установленные нормы. [12, 57с.]

Следовательно, метрологическая деятельность починена системе государства и права, а также государственного управления, поэтому, имея свои специфические правила, должна соотносить свою деятельность с существующей государственной системой.

В соответствии с Метрической конвенцией было создано Международное бюро измерений и весов и разработана основа для международного сотрудничества в области науки об измерениях. Были также определены принципы его практического применения в промышленности, торговле и общественных интересах.

Первоначальная цель Метрической конвенции, заключающаяся в обеспечении единства измерений во всем мире, остается такой же важной на сегодняшний день, каковой являлась и в 1875 году.

Президент Академии Наук СССР Анатолий Петрович Александров в свое время очень точно заметил, что метрология есть важнейшая сторона сложного процесса усовершенствования технологии и качества продукции. Он сказал, что именно метрология необходима для обнаружения областей несогласованности в научных исследованиях и потому обнаруживает те области, в которых можно ждать принципиальных сдвигов в науке. Александров утверждал, что только страна, имеющая передовое приборостроение и метрологию, может быть передовой в науке. [1, 352 с.]

Однако, все же, приходится признать, что на текущий момент по некоторым областям измерений, таким как: давления, силы, массы, длины, вязкости, угловые измерения, радиометрия и фотометрия, Россия отстает от ведущих стран мира.

Также остаются очень низкими темпы создания стандартных образцов для обеспечения единства измерений в области фармацевтики, клинической диагностики, качества продуктов питания, нормоконтроля и экологии.

В данный момент отсутствуют механизм и методология исследования и прогнозирования потребностей государства и общества в измерениях, к тому же существует критическая зависимость эталонной базы от технических средств и комплектующих иностранного производства.

Позиции федерального государственного метрологического надзора за последние годы значительно пошатнулись. А организация надзора во многом отличается от надзора в европейских странах.

1.4. Перспективы развития метрологии в России

В настоящее время в международных метрологических организациях работают высококвалифицированные российские специалисты, что способствует усилению авторитета страны за рубежом и повышению конкурентоспособности российских товаров на международных рынках. Огромное значение имеет при этом стабильность экономики, а так как Россия является промышленно развитой страной, то невозможно обойтись без внедрения в важнейшие сферы деятельности передовых технологий, основанных на современных достижениях науки, техники и информатизации.

Естественно, что и в будущем, так же, как и в наши дни, в любой высокотехнологичной и наукоемкой сфере деятельности будет актуально проведение высокоточных измерений.

Единство измерений должно быть достигнуто за счет продуктивного функционирования системы обеспечения единства измерений в совокупности законодательных и различных нормативно - правовых актов, нормативно-

технических и методических документов в области обеспечения единства измерений. Все это должно будет осуществляться при участии системы обеспечения единства измерений, широкой эталонной базы и объемного парка средств измерений.

Необходимо решать следующие, стоящие перед Российской Федерацией, задачи:

- создание механизма прогнозирования потребностей экономики и общества в измерениях;
- обновление законодательства Российской Федерации в области обеспечения единства измерений для его соответствия потребностям общества и государства;
- развитие эталонной базы Российской Федерации;
- развитие метрологического обеспечения в области обороны и безопасности государства;
- развитие Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли, Государственной службы стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, Государственной службы стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в соответствии с современными потребностями экономики;
- повышение уровня метрологического обеспечения приоритетных направлений развития науки, технологий и техники;
- повышение уровня информатизации и автоматизации функционирования системы обеспечения единства измерений, включая выполняемые работы и услуги;

- решение задач по импортозамещению в части производства средств измерений, стандартных образцов, эталонов;
- повышение эффективности федерального государственного метрологического надзора;
- решение кадровых проблем. [6, 298 с.]

Государству необходимо в полной мере принять на себя ответственность за обеспечение единства измерений, что в итоге позволит осуществить признание результатов измерений и испытаний, осуществленных в нашей стране, а это возможно, ведь в наличии имеется довольно сильная метрологическая отрасль, действующая по четким международным принципам и правилам. Также немаловажно и то, что наша страна находится на современной постиндустриальной инновационной стадии развития, когда результаты измерений, выполняемых с наилучшей возможной точностью, используются на всех стадиях жизненного цикла любой высокотехнологичной продукции, начиная от проектирования и заканчивая утилизацией, а это, в свою очередь, обуславливает передовое развитие обеспечения единства измерений.

Россия и дальше должна стремиться использовать опыт передовых стран, благодаря чему развитие системы обеспечения единства измерений выйдет на новый, качественный уровень и сможет стать одной из наиболее высокотехнологичных сфер экономики, оказывающей стимулирующее воздействие на развитие других ее элементов.

Основопологающим направлением развития системы обеспечения единства измерений было и остается

удовлетворение потребностей государства, частного бизнеса и общества в достоверных результатах измерений в Российской Федерации.

Все эти задачи поставлены в документах стратегического планирования Российской Федерации.

В условиях реализации социально-экономического развития Российской Федерации количество измерений в стране будет только возрастать, а общество будет предъявлять все более высокие требования к достоверности и сопоставимости результатов измерений, прежде всего в областях, связанных с повышением качества жизни, развитием новых технологий, обеспечением обороноспособности и безопасности государства.

Метрология завтрашнего дня – это всецело программируемые высокоточные измерения. Метрология повсеместно будет оснащена высококлассным программным обеспечением, а метрологическое обеспечение станет полностью автоматизированным.

Вывод по первой главе

Метрология, как наука, зародилась еще в древности и весьма продолжительный период являлась описательной наукой, касающейся широкого многообразия мер их соотношений.

В течение шести долгих периодов, начинающихся с Киевской Руси XI-XII века и по наше время, происходило становление единства измерений и бурное развитие метрологии, которое, впрочем, могло и погибнуть, вследствие периода раздробленности и серьезной разобщенности Руси. Но Русь смогла сплотиться вокруг

Московского княжества. Получили толчок в развитии естественные науки, стали появляться новые средства измерений и проводится ежегодная поверка многочисленных измерительных приборов, а также для поддержания единства установленных мер, стали возникать эталонные или, по-другому, образцовые меры, к которым относились бережно и хранили в надежных местах, как особо ценные предметы. При Петре I были налажены отношения с Европейскими странами, способствовавшие расширению как научных, так и культурных, промышленных, а также торговых связей с Западом, в связи с чем метрология поднялась на высочайший качественно новый уровень.

Огромный вклад в метрологию внёс и Дмитрий Иванович Менделеев. При нём было положено начало организации метрологического института в Москве (в настоящее время - Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии - ВНИИМ). В последствие, такие же метрологические институты были открыты во многих странах мира. А с 1899 года в стране наряду с древнерусской и британской таможенной систем стали пользоваться и системой Д.И. Менделеева.

Преимущества метрической системы мер долго побуждали передовых учёных отказаться от старорусской системы, и метрическая система была окончательно введена как обязательная в России в 1918 году.

В настоящее время современная метрология опирается на физический эксперимент высокой точности, призванный удовлетворить потребностей государства, частного бизнеса и общества в достоверных результатах измерений в

Российской Федерации. Все эти задачи поставлены в документах стратегического планирования Российской Федерации.

Глава 2. Модернизация испытательного оборудования метрологической лаборатории

На сегодняшний день практически все сферы человеческой деятельности затронуты информационными потоками. И хороший метролог должен уметь уверенно пользоваться информацией о новых измерительных инструментах и методах измерения. Будучи хорошо осведомленным в своей профессии, он знает, где и в каких документах искать дополнительную информацию для наиболее верного решения различных возникших на производстве метрологических проблем.

Одним из важнейших разделов прикладной измерительной техники является раздел о методах повышения точности измерений и, поскольку перед метрологами зачастую встает достаточно сложная задача повышения точности технических измерений, им необходимо научиться демонстрировать уверенность в различных методах повышения точности измерений, понимая, что от этого напрямую зависит и экономический результат.

В ФЗ от 26.06.2008 № 102 «Об обеспечении единства измерений» и во многих документах государственной системы единства измерений содержится много расплывчатых формулировок и положений, которые можно по-разному трактовать. Поэтому наиважнейшим умением любого метролога должна быть способность составить квалифицированный и четкий запрос в Госстандарт России о

разъяснении той или иной формулировки, содержащейся в используемом документе.

2.1. Описание модернизируемой метрологической лаборатории

Помещения, в которых проводится поверка, в том числе по месту размещения поверяемых СИ, соответствуют производственной площади, характеру и объему выполняемых работ.

Лаборатория электроизмерительного инструмента должна быть оснащена оборудованием и расходными материалами для правильного проведения испытаний и измерений. Все оборудование, используемое в лаборатории, средства измерений и методики должны соответствовать требованиям стандартов ГОСТ и нормативных документов.

Окружающая среда, в условиях которой проводятся измерения, не должна влиять на результаты измерений. Помещения для проведения измерений должны быть защищены от повышенных температур, пыли, влажности, шума, вибраций, электромагнитных излучений и соответствовать требованиям измерений, санитарным нормам и правилам (СанПин), требованиям по безопасности и охране труда. Помещения должны быть просторными, чтобы исключить риск порчи оборудования лаборатории и возникновения разного рода опасных ситуаций. Сотрудники лаборатории должны в них свободно передвигаться и точно работать.

Ежедневно до начала поверочных работ поверители проводят измерения температуры, влажности, атмосферного

давления в помещениях, где размещены постоянные рабочие места по поверке. Результаты измерений заносятся в журнал учета условий окружающей среды, при этом регистрируются измеренные значения, время измерений, средства измерений, фамилия поверителя, выполнившего измерения. Допускается устанавливать другую периодичность измерений, а также не проводить измерения в дни, когда выполняются поверочные работы и условия окружающей среды регистрируются в протоколах поверки, свидетельствах о поверке.

Поверители, в том числе при выполнении работ в местах размещения поверяемых СИ, проводят измерения всех регламентированных методикой поверки показателей условий поверки. Периодичность контроля показателей определяется методикой поверки или, если методика поверки периодичность не регламентирует, измерения проводятся перед началом работ по поверке, а в процессе проведения выполняется периодический контроль нахождения показателей в пределах допустимых значений. Результаты измерений, выполненных перед началом работ по поверке, регистрируются в протоколах поверки, свидетельствах о поверке.

В помещениях электроизмерительных лабораторий должны быть оснащены необходимым оборудованием для проведения измерений и всеми необходимыми источниками энергии, и устройствами.

Для поддержания порядка и чистоты в электроизмерительной лаборатории предпринимаются профилактические меры.

Оборудование, используемое в лаборатории - автоматизированное рабочее место UniTess (АРМ) по поверке цифровых мультиметров и РЧ вольтметров в автоматическом режиме и с помощью машинного зрения.

Поставляемый комплект АРМ (автоматизированное рабочее место) предназначен, разработан и адаптирован для поверки РЧ вольтметров и цифровых мультиметров с использованием в качестве эталона Fluke 5730A-230 с усилителем 5725-230. АРМ осуществляет управление эталонными СИ по интерфейсам, считывает показания с поверяемых СИ, производит необходимые расчеты погрешностей и неопределенностей по типу А и В.

Программное обеспечение должно быть сертифицировано на соответствие: ГОСТ Р 8.654-2015, МИ 2955-2010 (разд.6.4, 6.5,6.6), ГОСТ28195-89 (табл.1, п.2.3,3.5,3.6), ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 (п.п. 3.1.3, 3.1.5, 3.2, 3.3.1, 3.3.3, 4.2.2), ГОСТ ИСО МЭК 14764-2002 (п. 6.3, 6.10, 8.3), ГОСТ Р ИСО 9127-94 (п. 6.3-6.5), ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 (прил. А, п.п. А2.1.1, А2.2, Ф2.3), ГОСТ 19.105-78, ГОСТ 19.502-78, ГОСТ19.503-79, ГОСТ 19.505-79, иметь бессрочную лицензию с бесплатными обновлениями, иметь открытую архитектуру и гибкие настройки, возможность самостоятельно менять методики поверки, с учетом вновь поступивших СИ, давать возможность пользователю ограничивать объем измерений, загружать ранее полученные результаты, частично перезапускать скрипт, при необходимости проводить поверку одного СИ в течение нескольких дней, автоматически объединяя результаты, давать возможность корректировать скрипт во время его выполнения без перекомпиляций и потери результатов.

Программное обеспечение позволяет выполнить поверку СИ с соблюдением требований методик поверки, составить и зарегистрировать протокол поверки (в формате MS Word в режиме защищенного просмотра), то есть защищает от измерения и фальсификации результатов поверки СИ.

Год выпуска АРМ не ранее 2018 года.

Комплектация АРМ имеет следующий состав:

- лицензия UniTess АРМ на одно рабочее место,
- лицензия UniTess Vision на одно рабочее место,
- комплект драйверов,
- комплект скриптов для поверки вольтметров Agilent 34401А, Agilent 34405А, Agilent 34420А, Fluke 8846А, Agilent 34410, Agilent U3401 А, В7-78/1, В7-65, В7-82, В7-73 по интерфейсу,
- комплект скриптов для поверки цифровых мультиметров Fluke 87V, Fluke 175, Fluke 177, Fluke 179, Fluke 287, Fluke 289, APPA-107, APPA-109, APPA 107N, APPA-109N, APPA-303, APPA-305, APPA-505, APPA-97R, APPA-98II, APPA-62, APPA-62T, APPA-106, APPA-93N, APPA-82, MY64, Agilent U1251A, Agilent U1252A, Agilent U1253A, Agilent U1401B, TY720 с помощью модуля «машинного зрения»;
- бокс с камерой и подсветкой;
- GPIB-USB конвертер;
- RS232-USB конвертер;
- кабели интерфейсные USB, GPIB, RS232, Ethernet.

[20]

2.2. Проблемы автоматизации метрологических лабораторий

а) Ограниченное время эксплуатации программного обеспечения и неоправданно высокая стоимость.

Вследствие того, что в поверку поступают различные типы СИ: сегодня одни, а завтра другие, возникает сложность автоматизации метрологического обеспечения. При приобретении новых эталонных средств или при изменении перечня поступающих в поверку СИ, актуальность разработанного программного обеспечения, зачастую, теряется. Также часто меняются формы свидетельств и протоколов, что, как я считаю, приводит к дополнительным тратам на модернизацию и приходится обращаться в компанию – разработчики выпускать новое программное обеспечение.[21]

б) Сложность проведения валидации программного обеспечения.

Все программное обеспечение, которым пользуются в метрологической лаборатории, должно быть валидировано. Исходя из системы качества ИСО 17025, лаборатория должна быть уверена в правильности применяемых методов измерений. При наличии исходников это весьма непростая задача. А если нет исходных кодов, то проверка правильности работы программного обеспечения вообще практически невозможна.

в) Сложность управления приборами и высокие риски при отладке программного обеспечения.

Поскольку в любом программном обеспечении возможны ошибки, всегда есть опасность выбора неверных режимов эксплуатации и даже поломки дорогостоящей техники. Например, некоторые вольтметры до трети команд, поступающих по интерфейсу, могут вообще игнорировать.

Так, когда на вольтметр посылается команда для установки диапазона 700 вольт, эта команда может не выполняться. Причем, если на калибраторе устанавливается точка поверки 650 вольт, то вольтметр вообще может выйти из строя. Таких ситуаций при отладке первых версий ПО может быть очень много, а некоторые СИ вообще не имеют никаких интерфейсов.

г) Несовместимость различных АРМ, различные форматы протоколов и интерфейсов пользователя.

Наиглавнейшее качество внедрения АРМ – взаимозаменяемость сотрудников. Это невероятно актуально, так как появляется возможность руководителю лаборатории использовать любого сотрудника за АРМ без дополнительного обучения. Но программное обеспечение различных производителей имеет различные пользовательские интерфейсы, разный функционал и различные формы отчетности. Причем каждому АРМ требуется обучение, а взаимозаменяемость сотрудников отсутствует. И, к сожалению, один из важнейших плюсов автоматизации теряется. Кроме того, хотелось бы видеть универсальный продукт, который способен автоматизировать все процессы в лаборатории – от бюро приемки до склада и выдачи заказчику протоколов.

д) Сложность внедрения и психологические барьеры.

Этот этап внедрения можно считать одним из самых сложных и ответственных, так как необходимо вести диалог со специалистами с различным опытом и взглядом на процессы. Не секрет, что до сих пор у некоторых сотрудников присутствует боязнь компьютеров, поскольку у поверителей возникает опасение, что это грозит увольнением или

снижением зарплаты. Полагаю, что именно по этим причинам сотрудники сопротивляются автоматизации и не желают осваивать новые направления в метрологии. [5, 51-58с.]

2.3. Необходимость внедрения ПО для автоматизации поверки

Необходимость внедрения автоматизации в поверочную и калибровочную деятельность метрологических служб было продиктовано современностью с её бурно меняющимися требованиями. И теперь, когда:

- современные технические средства являются более «гибкими» и способны решать намного более сложные задачи в измерении, чем раньше. Они, к тому же, обладают широкими возможностями автоматического управления, а сопровождающая документация к ним уже содержит описание возможных вариантов программирования и автоматизированного управления;

- современной эталонной базой вполне можно управлять автоматически посредством компьютера;

- выпускаемые приборы для поверки, калибровки постоянно совершенствуются, при этом усложняются методики поверки, калибровки, естественно, ведущие к увеличению затраченного на работу времени;

- метрологическая лаборатория накапливает со временем довольно большой объем информации, хранящейся в бумажном виде. И, даже если работа поставлена прекрасно, все же на поиск необходимой информации, если таковая понадобится, уходит немало времени;

– так как современные приборы с каждым днем конструктивно становятся все сложнее и сложнее, то результатом деятельности поверителя становится быстрая усталость, утомляемость, а это резко негативно сказывается на качестве выполнения поверочных или калибровочных работ. [3, 258-260с.]

В настоящее время программы, с которыми приходится работать метрологам, далеко не универсальные, а также не предназначены для выполнения сложных операций. Ко всему прочему, программное обеспечение, предназначенное для того, чтобы полностью автоматизировать деятельности поверителя, является, как правило, лишь единичным продуктом, то есть, будучи разработанным, непосредственно для конкретного набора эталонов и поверяемых и калибруемых средств измерений. В связи с чем, если возникнет необходимость изменить аппаратную часть или порядок работы программы, придется вызывать специалиста от изготовителя. Для создания же более совершенного программного продукта необходимо будет затратить большее количество времени и сил.

Вследствие того, что метрологические операции имеют свои значительные специфические отличия от других работ в решении конкретных задач, поставленных перед программным обеспечением, то для успешного осуществления поверочной и калибровочной деятельности, должны быть предусмотрены:

- учет всех метрологических характеристик эталонов,
- связь средств измерений непосредственно с эталонами,

- учет неопределенности проводимых при поверке измерений,
 - обеспечение различных форм представления информации в виде протоколов, свидетельств о поверке, сертификатов о калибровке, графиков,
 - архивное хранение данных о поверке, калибровке.
- [3, 270-271с.]

Для достижения требуемой высокой скорости и надежности различных метрологических процессов, напрямую зависящих от автоматизации поверки и калибровки средств измерений, для прослеживаемых и надежных результатов, а также для достижения необходимого качества работы метрологических лабораторий и высокой производительности, на заданном уровне, вполне достаточно использование в процедуре поверки автоматизирующего программного обеспечения.

Вследствие того, что это высококлассное уникальное программное обеспечение, удовлетворяющее требованиям всех международных стандартов, довольно универсально и является несложным в использовании продуктом, предназначенным для оптимизации процедуры поверки и калибровки, а также систематизации и корректности полученных в итоге результатов, оно позволяет еще и значительно упростить и ускорить все достаточно трудоемкие метрологические операции.

К тому же, немаловажен и тот факт, что при использовании программного обеспечения, не нужно никаких дополнительных программ, выполнения различных настроек и документирования системы.[19]

2.4. Причины существования небольшого количества ПО, позволяющих автоматизировать поверку

Зачастую на начальных этапах разработчикам приходится решать множество возникающих проблем, не позволяющих предоставлять пользователям программные решения с достаточным уровнем качества и функциональности за минимально возможные средства и сроки. Эти проблемы я рассмотрю далее.

Одной из наиважнейших проблем, являются довольно большие затраты на разработку программного обеспечения. Это происходит вследствие того, что услуги программистов стоят дорого. Хотя совершенно понятно, что разработка программного обеспечения не может быть дешевой, поскольку для наиболее эффективной работы программиста необходимо обеспечить ему обслуживающую инфраструктуру, такую как бизнес-аналитики для постановки задачи, менеджеры проекта для обеспечения должного качества и соблюдения сроков, тестирование для выявления ошибок. В итоге, к и так довольно-таки высокой стоимости работы программиста добавляются еще и огромные накладные расходы.

Следующей, требующей скорейшего решения, проблемой считается процессы разработки и отладки, ведь нередко они занимают довольно длительный период, так как, например, для отладки приходится повторять измерения множество раз, последовательно устраняя ошибки и реализуя пожелания заказчика. Ведь во многих случаях всего лишь одна опция измерений может быть достаточно

продолжительной – от 5 минут до 9 часов. Причем простые замечания программист может устранить на месте, а вот для исправления сложных замечаний может уйти далеко не один день. Но даже при устранении простых замечаний приходится останавливать процесс измерений, вносить правки в исходный код и перекомпилировать приложения.

Так же, огромное значение также имеет и стандартизация архитектуры. По причине того, что отдельные программисты могут реализовать одну и ту же задачу самыми разными способами. А, к сожалению, в довольно-таки длительном процессе выполнения поставленной задачи, меняется многое, в том числе и сами программисты, например, один программист увольняется, а на его место приходит работать другой. Поэтому следующей очень важной задачей считается строгая стандартизация. Стандартизировать следует:

- подход к интерфейсу пользователя,
- подход к базовому функционалу,
- способы взаимодействия с приборами и обработку ошибок,
- этапы разработки,
- документирование.

Если не придерживаться стандартизации, то каждое решение будет не только совершенно отличаться от предыдущего, но и повлияет на совместимость составных частей комплекса. Это повлечет множество проблем, таких как: невозможность долгосрочного сопровождения в виду сложности и высокой стоимости, невозможность модернизации продукта сотрудниками, не являющимися непосредственными разработчиками.

У науки метрологии своя специфика, не понятная программистам. Не секрет, что практически невозможно найти программиста, хотя бы отдаленно знакомого со спецификой метрологии. Заказчику приходится детально объяснять методики измерений, особенности и, наконец, само понятие бюджета неопределенности. Как правило, это очень не нравится заказчику, который ожидает, что с ним будут работать уже подготовленные специалисты. Понятно, что для заказчика это лишние затраты времени дорогостоящих специалистов, которые он рассматривает как непроизводительные.

На сегодняшний день довольно острой можно считать проблему сложности проведения валидации программного обеспечения (метрологической аттестации).

Согласно системе качества специалисты лаборатории метрологии обязаны убедиться в правильности применяемых методов измерений. Но валидировать применяемое программное обеспечение, написанное на языке программирования C#, практически невозможно. Кроме того, процесс обработки данных программой непрозрачен – так как не видно, какие процессы протекают «внутри» программы. Можно, конечно, воспользоваться режимом отладки в среде разработки, но это может делать только сам разработчик и для «не программиста» это практически невозможно. Так же, можно продумать систему логов, например с интерфейса управления прибором. Однако, эти способы сложны и носят формальный характер. Особенно остро вопрос валидации стоит в испытательных лабораториях метрологии при проведении сертификационных испытаний,

так как лаборатория метрологии несет юридическую ответственность за их результаты. [3, 369-370 с.]

Нередко работники сталкиваются и со сложностью управления приборами, а также с невозможностью самостоятельно отладить работу программного обеспечения.

В настоящее время приходится работать с приборами самых разных поколений - от спроектированного ещё в Советском Союзе калибратора-вольтметра В1-28 до ультрасовременного векторного генератора сигналов Rohde & Schwarz SMBV 100A. Понятно, что эти приборы используют различные интерфейсы. А, поскольку, в любом программном обеспечении, могут быть ошибки, всегда существует проблема поломки дорогостоящей техники, в том числе, и из-за неправильно выбранного способа эксплуатации.

К сожалению, довольно большое количество СИ, приходящих в поверку, вообще не имеет интерфейса для подключения к компьютеру.

Возникающие сложности при внедрении программного обеспечения, носят еще и психологический характер.

Так, при внедрении любого решения приходится сталкиваться с совершенно разными сотрудниками заказчика, разным уровнем мотивации и компетенции. Ведь, часто рядовые сотрудники не имеют даже базовых навыков работы с компьютером. Понятно, что решение об автоматизации, естественно, принимает руководство, а работать приходится с рядовыми сотрудниками. Поэтому, нужно быть готовым к борьбе с нежеланием перемен и откровенным саботажем.

2.5. Программное обеспечение для автоматизации поверки

2.5.1. UNITESS

Компания UNITESS предлагает комплексные решения по автоматизации: это как регистрация образцов и СИ, назначения и выполнения работ, автоматизированное управление приборами и составления протоколов\свидетельств, так и выдача заказчику. В итоге разработана собственная эффективная концепция автоматизации измерений в метрологических лабораториях.

UniTesS имеет следующую структуру:

- UniTesS DB – это широкая база данных лаборатории, в которой находится полная информация о выполненных работах, эталонах/СИ, структуре организации, сотрудниках, документах и т.д., помогающая обеспечивать как производственный процесс, так и электронный документооборот;
- UniTesS Manager– это программа, обеспечивающая доступ сотрудников к базе данных в зависимости от их полномочий. Она как позволяет регистрировать новые задания, формировать отчеты по базе данных, контролировать ход работ, так и проводить администрирование и настройку;
- UniTesS APM – это автоматизированное рабочее место, предназначенное для автоматизированного выполнения поверок, испытаний оборудования различного предназначения и калибровок СИ;

– UniTesS Vision – это опция машинного зрения, которая считывает показания с экрана приборов в случае отсутствия интерфейсов управления. [22]

База данных UniTesS DB является основой системы UniTesS и предназначена:

- для хранения результатов работы;
- для проведения анализа данных;
- для обеспечения производственного процесса;
- для осуществления электронного документооборота.

UniTesS DB (рис.1) – современный качественный продукт, который содержит довольно широкий спектр информации, в полном объеме характеризующей все аспекты для успешной деятельности метрологической лаборатории.



Рис.1 UniTesS DB

– Данные об образце включают в себя: модель, производитель, серийный номер, код СИ, данные об оплате, время регистрации и возврата, сроки исполнения, отдел, ответственное лицо, движение образца.

– Данные о выполненных работах включают в себя: историю протоколов, кто и когда выполнил, кто и когда

проверил/утвердил, фотографии (образца, с экрана приборов), отсканированные и загруженные материалы, комментарии сотрудников.

– Данные для автоматизации, это: скрипты для UniTesS APM, шаблоны протоколов, реестр видов работ.

– В реестр собственных эталонов и СИ входят: производитель, поставщик, отдел/ответственный, данные о поверках/калибровках/тех. обслуживании, данные по затратам.

– Реестр документов заполнен: методиками поверки, калибровки, измерений, метрологической аттестации, руководствами по эксплуатации, причем пользователь имеет возможность самостоятельно дополнительно вводить любые типы документов.

– Структура организации/лаборатории: отделы, должности, сотрудники.

– Справочники: перечень и данные заказчиков и производителей.

– Персональные настройки пользователей.

– Настройки полномочий по доступу к данным.

База данных UniTesS DB поддерживает следующие этапы производственного процесса (некоторые опционально):

- а) регистрация образца;
- б) определение вида работ;
- в) назначение исполнителей и сроков;
- г) выполнение работ;
- д) контроль выполнения работ;
- е) проверка и утверждение протоколов;
- ж) возврат образца и выдача протоколов.

Программное обеспечение UniTesS Manager, совместно с базой данных UniTesS DB, предназначено для организации электронного документооборота, автоматизации производственного процесса, контроля над выполнением работ и анализа результатов деятельности лаборатории.

Рабочее место специалиста UniTesS APM

Программное обеспечение UniTesS APM (рис.2) предназначено для автоматизированного выполнения проверок и калибровок СИ, а также испытаний оборудования различного назначения. Кроме того, UniTesS APM позволяет реализовать любые методики измерений и может работать с любыми приборами по интерфейсам: USB, RS232, GPIB/КОП, Ethernet.[20]

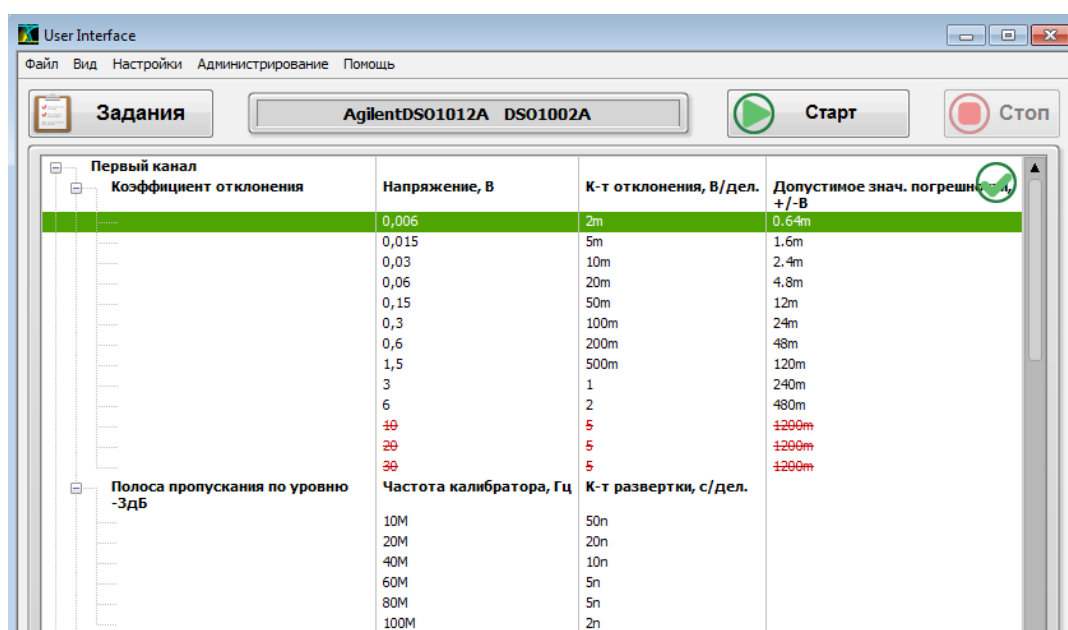


Рис.2 Рабочее место специалиста UniTesS APM

UniTesS Vision (рис.3) – это модуль машинного зрения для UniTesS APM, автоматизирующий проверку/калибровку приборов без интерфейсов управления.



Рис.3 UniTes Vision

2.5.2. FLUKE MET\CAL

Рассмотрим подробно структуру программного обеспечения MET\CAL. Эта структура представляет собой ряд функций:

- базу данных MET\BASE;
- средство управления базой данных MET\TRACK;
- программу, реализующую выполнение процедур автоматизированной поверки MET\CAL Run-Time;
- инструмент формирования шаблонов отчетов CrystalReports.

Базы данных MET\BASE состоит из SQL-сервера, обеспечивающего надежное и безопасное хранение данных калибровок и учетных данных по оборудованию.

Структура базы данных адаптируется ко многим требованиям метрологической службы, за счет создания дополнительных пользовательских таблиц, которые могут содержать информацию, учитывающую специфику конкретной организации.

Программа MET\TRACK позволяет вести учет поступающих в поверку СИ: вести карточку СИ, записи о

поверке/калибровке, истории калибровок, а также результаты калибровочных испытаний, клиенте, сервисном обслуживании, координатах местоположения СИ. Все данные хранятся в MET/TRACK с использованием уникального номера оборудования, который присваивается при первичном введении информация о приборе в базу данных.

Что касается калибровок, выполненных вручную либо в другой системе, то их результаты можно добавить в MET/TRACK и таким образом хранить, и отслеживать информацию по всему метрологическому оборудованию в одном месте.

По каждому ремонту или профилактическому обслуживанию можно ввести детали, включая стоимость работы и запасных частей. К тому же можно составить план проведения периодических сервисных мероприятий.

Это позволяет видеть полную картину затрат на эксплуатацию по всему отслеживаемому оборудованию.

В MET/TRACK предусмотрены функции, обеспечивающие правильность ввода данных, обеспечивающие ввод названий прибора или другой информации каждый раз с использованием одного и того же определения или термина.

Программное обеспечение MET/CAL Run-Time.

Данное программное обеспечение обеспечивает взаимодействие компьютера и подключенных устройств, учитывая характеристики эталонной базы, выполняет протоколирование результатов поверки и их последующую запись в базу данных.

Программное обеспечение CrystalReports.

Это ПО, предназначенное для перевода информации в формате, удобном для анализа и отчетов. Оно позволяет,

работая с одной базой данных, формировать различные шаблоны отчетов: протоколы поверки, свидетельства о поверке или извещения о непригодности и т. д.

Регулировка (adjusting) средства измерения.

Для регулировки устаревших аналоговых приборов необходимо вскрывать корпус. Архитектура современных СИ позволяет выполнять регулировку без проведения этой процедуры. В ходе регулировки прибора в его память записываются номинальные значения параметров элементов измерительной цепи, что обеспечивает заявленную производителем точность измерения. При регулировке, так же как и при поверке, используют эталонные мультиметры и калибраторы.

При использовании программного обеспечения Fluke MET/CAL с готовыми автоматизированными процедурами регулировки некоторых приборов, взаимодействие с пользователем происходит с помощью специальных диалоговых окон. Следовательно, если иметь необходимую эталонную базу, то можно самостоятельно перепрограммировать СИ средствами метрологической службы.

2.6. Сравнение UNITESS и FLUKE MET\CAL

В настоящее время на рынке представлены несколько аналогичных решений автоматизации рабочих мест от именитых брендов с богатой историей. Начиная разработку системы UNITESS, компания предполагала ориентироваться на готовые решения типа NI Labview, NI TestStand, Fluke Metcal, Transmille ProCal, детально анализировать их преимущества и недостатки.

NI Labview не подходит, ввиду того, что не решает ни одной из упомянутых проблем, и, по сути, является всего лишь визуальным представлением языка СИ, хотя разработка в NI Labview идет, бесспорно, быстрее, не требуя особого документирования, но не позволяет стандартизировать процесс и прогнозировать результат. Поэтому Labview широко используется для разработки разнообразных модулей и драйверов к UniTesS APM.

Рассматривая NI TestStand, можно решить, что это отличное мощное масштабируемое решение, и он мог бы стать основой для системы UNITESS, но оказалось, что в данном продукте совершенно не предусмотрена возможность редактирования методики измерений непосредственно работниками, а это в свою очередь может привести к утрате ключевого преимущества.

TransmilleProCal – это очень узкоспециализированный продукт для электроизмерений. Для простых решений, например для поверки Agilent 34410 с помощью Fluke 5520, он очень удобен, но не позволяет двигаться дальше.

Продукту Fluke Metcal более 30 лет. Многие компании-интеграторы пытались внедрять Metcal в лаборатории РФ на протяжении 15 лет, но по различным причинам не смогли развить это направление.

Анализ технических и функциональных возможностей главного конкурента UNITESS APM–Fluke Metcal и сравнение в таблице 1.

Таблица 1 Анализ технических и функциональных возможностей

№	Наименование параметра	UnitesS	MetCal
1	Назначение	Все виды измерений, от поверки манометров до ГЛОНАСС навигационных приёмников. Сертификационные испытания. Автоматизация контроля качества на производственной линии.	Поверка СИ, электро- и радиоизмерения.
2	Условия лицензирования	Бессрочная.	Каждая новая версия требует затрат.
3	Поддержка СИ	В7, Г4, Н4, В1-28, В1-18 , Fluke, Transmille, Agilent, R&S, Tektronix , Lecroy и т д. Однотипные приборы имеет одинаковые команды, контроль исполнения и ошибок.	Fluke. Поддержка остальных СИ возможна при использовании «родных» команд управления через программный интерфейс NI VISA. Обработка ошибок для приборов серии В7 и Н4 практически невозможна из-за недоработанного интерфейса
4	Сертификат РФ	Есть ГОСТ Р 8.654-2015, МИ 2955-2010, ГОСТ 28195-89,	Нет.

№	Наименование параметра	UnitesS	MetCal
		ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2 000, ГОСТ ИСО МЭК 14764- 2002, ГОСТ Р ИСО 9127-94, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, ГОСТ 19.105-78, ГОСТ 19.502-78, ГОСТ 19.503-79, ГОСТ 19.505-79	

Продолжение таблицы 1

5	Интерфейс пользователя на русском языке	Есть	Есть. Но этот интерфейс содержит ошибки и Metcal с ним работает некорректно, что фактически исключает его использование.
6	Документация на русском языке	Полный комплект документации пользователя и разработчика.	Только основные презентационные материалы.
7	Машинное зрение	Есть. Считывает с любых экранов и шкал.	Нет
8	Простой интерфейс пользователя	Есть упрощённое представление скрипта в виде дерева на русском языке с указанными точками проверки \ испытаний.	Нет.
9	Управление объемом измерений	Есть. Пользователь может ограничивать объем измерений, загружать ранее полученные результаты, частично перезапускать скрипт.	Нет. Полностью выполняются все процедуры.
10	Многоэтапные измерения	Есть. Вы можете проводить поверку одного и того же СИ в разные дни и автоматически склеивать результаты.	Нет.
11	Коррекция скрипта во время его	Есть. Эта возможность позволяет на лету вносить правки без	Нет.

	выполнения	перекомпиляций и потери результатов. Скорость отладки значительно увеличивается.	
--	------------	--	--

Продолжение таблицы 1

12	Возможность исправления шаблона протокола.	Есть. Шаблон в формате MS Word. Очень просто редактировать.	Есть. Используется <u>CrystalReports</u> . Высокая сложность освоения по сравнению с MS Word.
13	Контроль ошибок при управлении приборами.	Есть. Все драйвера UniTesS отслеживают не только ошибки интерфейса, но и ошибки выполнения.	Есть только для приборов Fluke.
14	Поддержка IVI драйверов.	Есть Вы сможете очень просто управлять всеми приборами с IVI драйверами.	Нет. Для прибора "не Fluke" вы можете использовать только нативные команды управления, без контроля ошибок выполнения.
15	Стандартизованная архитектура скриптов.	Четкая архитектура позволяет быстро разобраться с алгоритмами работы. UniTesS требует наличия комментариев для ключевых функций.	Нет. Каждый волен писать процедуры как захочет. Комментарии по желанию.
16	Техническая поддержка	Техническая поддержка от разработчика на русском языке	Зависит от интегратора
17	Внедрение	Профессиональная команда внедрения с широкими компетенциями по различным измерениям	Зависит от интегратора
18	Обучение	Обучение сотрудников	Зависит от

	заказчика на месте по эксплуатации и модернизации скриптов.	интегратора
--	---	-------------

Функционально UniTesS соединяет в себе множество как автоматизированных, так и не автоматизированных рабочих мест для выполнения поверочной и калибровочной процедур, а также рабочие места руководителя, ответственных по качеству и СИ, метролога, экономиста и другие.

UniTesS обладает довольно гибкой системой контроля доступа, причем каждая отдельно взятая лаборатория легко может реализовать свою схему работы системы. Например, один сотрудник может только регистрировать образцы, другой имеет право назначать работы и сроки, третий обладает возможностью контролировать и получать отчетность, четвертому работнику предоставлено право лишь только выполнение работы, а пятый имеет доступ к функции проверки, подписанию или утверждению результатов.

Общепризнанным постулатом на сегодняшний день является то, что применение клиент-серверной архитектуры не только реально обоснованно, но и довольно желательно, к тому же, впрочем, во многих случаях, является и единственно возможным.

Полномасштабное внедрение в жизнь централизованного сервера базы данных на любом предприятии сделает возможным создание любого количества рабочих мест, и все они будут оснащены возможностью свободного доступа к различным предоставленным функциям.

Помимо этого, решается и такая довольно сложная проблема, как никогда остро стоящая в наше время, как

организация удаленной работы с базой данных. При этом пользователи получают возможность доступа к нужной информации в базе данных с любого рабочего места. Стоит отметить, что при этом информация всегда остается актуальной.

UniTes Manager в удобной форме выводит на экран информацию из базы данных, а также позволяет фильтровать по различным критериям, сортировать, причем «подсвечивает» цветом в соответствии с персональными настройками пользователя.

UniTes Manager (рис.4) выводит на экран пользователю перечень персональных задач, такие как: выполнить работу, проверить или утвердить протоколы. (рис.5)

Каждая задача в зависимости от своего статуса может иметь один из трех видов: быть нормальной, горячей либо просроченной.

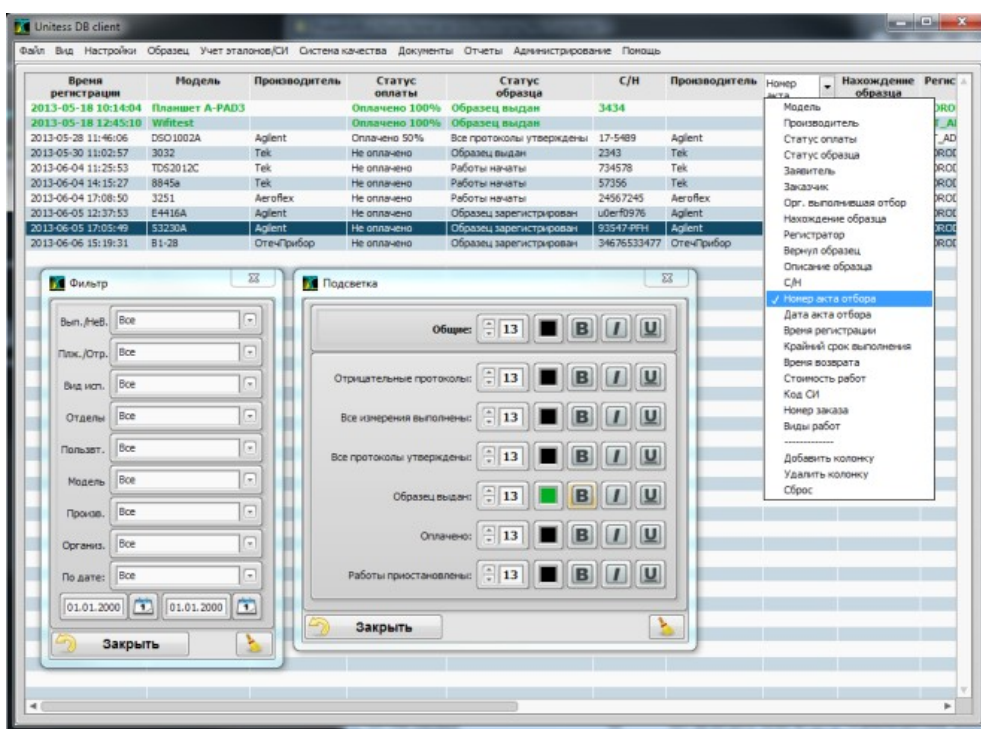


Рис.4 UniTes Manager

Сразу после добавления образца в базу данных, информация о нём становится доступной всем пользователям. Руководитель получает возможность определять ответственных исполнителей и устанавливать срок выполнения работы. Поставленную задачу исполнитель видит сразу же после ее постановки в списке персональных задач.

Важным свойством UniTesS Manager является то, что есть возможность просмотреть всю информацию об образце (рис.8), которая состоит из:

- данных о выполненных работах;
- истории протоколов;
- кто и когда выполнил;
- кто и когда проверил/утвердил;
- фотографий, материалов в любом формате;
- комментариев сотрудников;
- отслеживания движения образца по предприятию.

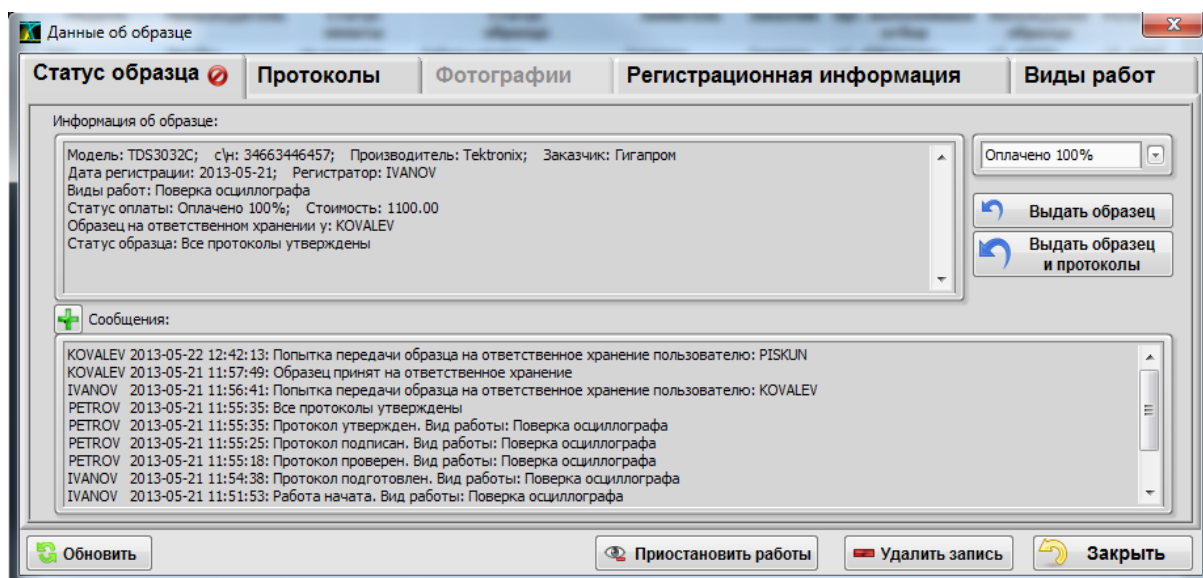


Рис.8 Информация об образце

UniTesS APM состоит совокупности ряда операций, описанных в файле или, по-другому - скрипте. Скрипт - это

файл, содержащий в текстовой форме последовательность действий для выполнения методики измерений.

Скрипты для UniTesS APM разрабатываются с использованием языка программирования UnitesScriptLanguage. Этот язык разработан специально для автоматизации в метрологии, он упрощён для более быстрого освоения, служит для возможности реализовать все функции, необходимые для автоматизации: управление приборами, математические расчеты, сравнения, отправку данных в отчет и так далее. Это позволяет при разработке скрипта не думать о типах данных, взаимодействии с базами данных и формировании отчета, причем имеется собственный язык программирования, позволяющий стандартизировать процесс разработки автоматизированного рабочего места.

Для любого исполнителя UniTesS APM является вполне доступным для понимания программным обеспечением с довольно несложным интерфейсом, (рис.9) всего с тремя кнопками: «получить список заданий», «начать работу» и «приостановить работу».

Вид работы	Модель	С/Н	Производитель	Статус протокола	Статус оплаты	Статус образца	Крайний срок возврата образца
Поверка измерителей мощности	E4416A	uDerf0976	Agilent	работа не начата	Не оплачено	Образец зарегистрирован	
Поверка калибраторов	B1-28	34676533477	ОтелПрибор	работа не начата	Не оплачено	Образец зарегистрирован	
Поверка мультиметров	8845a	57356	Tek	работа не начата	Не оплачено	Образец зарегистрирован	
Поверка частотомеров	53230A	93547-PFH	Agilent	работа не начата	Не оплачено	Образец зарегистрирован	

Рис.9 Интерфейс UniTesS APM

После того, как был произведен выбор задания, на экран выводится список измеряемых параметров с точками и допусками. Удобно, что на данном этапе работником может быть выполнена корректировка объема поверки. Затем необходимо произвести нажатие кнопки «Старт», после чего программа предложит пользователю заполнить данные для отчета (рис.10):

Параметр	Значение
Влажность	
Давление	
Каналы для диапазона 2,4ГГц	1, 6, 13
Каналы для диапазона 5ГГц	
Напряжение питающей сети	
Нормативный документ 1	СТБ 1788-2009 «Оборудование широкополосного беспроводного
Нормативный документ 2	СТБ 1692-2009 «Электромагнитная совместимость. Оборудовани
Нормативный документ 3	МВИ.МН 3453-2010 «Оборудования широкополосного беспровод
Стандарт	IEEE 802.11 b/g/n
Температура	
Частота питающей сети	

Рис.10 Данные для отчета

Введенные данные напрямую будут внесены в протокол. К примеру, можно занести условия проведения измерений, или эталоны.

Далее UniTesS APM сама управляет эталонами и поверяемыми приборами, затем считывает показания, рассчитывает неопределенность, сравнивает с порогом и составляет отчет. Отчетные данные можно вывести на экран сообщения/запросы для пользователей, например: перекоммутировать схему, подключить приборы и т.д.

Если полученный результат не удовлетворяет установленным нормам, то UniTesS APM предложит либо подтвердить значение, либо повторить измерение (рис.11).

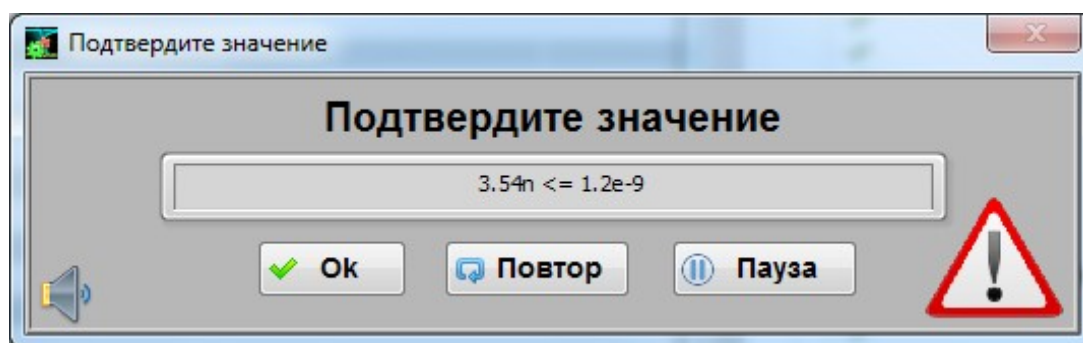


Рис.11 Подтверждение или повтор измерения

После того, как был выполнен скрипт, на экран выводится итоговое заключение, после чего можно создать протокол в либо в формате Word либо в формате PDF. Следующим шагом все результаты измерений передаются в базу данных.

В некоторых случаях возможно использование и UniTesS АРМ с частичной автоматизацией. Применение этого формата возможно, если в лаборатории используются приборы без интерфейсов управления, при этом пользователю в режиме диалога выводятся схемы подключений, а также текст и запрашиваются данные с приборов.

Диалоговый режим частично автоматизирован, следовательно, имеет ряд преимуществ, таких как:

- имеет довольно невысокую стоимость разработки;
- способен увеличивать производительность до 50 %;
- обладает автоматическим созданием протоколов;
- не требует высокой квалификации пользователя;
- автоматически производит расчет неопределённости.
- предоставляет возможность применения любых методик.

АРМ возможно применять для поверки или калибровки таких приборов, как:

- мультиметры, вольтметры или клещи,
- осциллографы,
- блоки питания,
- анализаторы спектра,
- генераторы НЧ, ВЧ,
- частотомеры,
- измерители мощности,
- линейно-угловые СИ.

Также АРМ используют для подтверждения соответствия, например:

- измерение параметров радиointерфейсов радиооборудования: LTE, UMTS, GSM, cdma 2000, WiFi, Bluetooth проверяют на соответствие зарубежным и отечественным нормативным документам;

- измерение уровня помех (emission);
- испытания на устойчивость (immunity);
- испытания на безопасность.

Возможно и такое сочетание, как UniTesS APM + Opt. Debug.

Помимо решения сложнейших задач, перечисленных выше, UniTesS APM поддерживает режим отладки для коррекции, а также разработки новых скриптов. Эти функции известны всем тем, кто занимается программированием. При помощи режима отладки скрипта, можно легко изменять логику работы, методику, контрольные точки и допуски.

UniTesS APM позволяет выполнять и другие различные функции, например:

- реализовывать сложные методики с применением большого количества эталонных средств;
- управлять приборами по нескольким интерфейсам: USB, RS232, GPIB и Ethernet;
- в случае отсутствия интерфейсов с помощью имеющегося модуля машинного зрения UniTesS VISION можно считывать и распознавать показания с экранов приборов;
- управлять устаревшими приборами по интерфейсу КОП (например, В1-28);
- формировать отчеты в форматах Word и PDF;
- реализовать различные режимы работы: автоматический, полуавтоматический или диалоговый.

При помощи UniTesS VISION (рис.12) возможно считывать показания с экранов приборов с индикаторами различного типа: как жидкокристаллических, светодиодных, газоразрядных, семисегментных, так и графических.

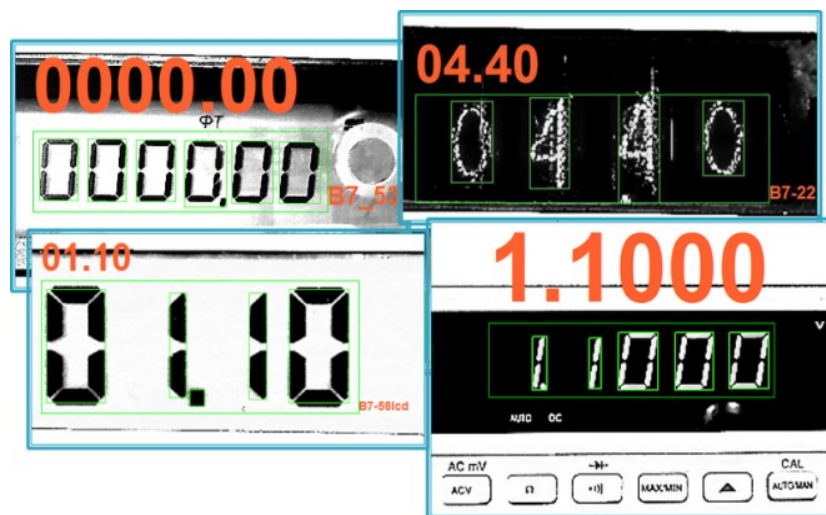


Рис.12 UniTesS VISION

Считывание показаний (рис.13) проходит в четыре шага:
 1 шагом производится фиксированная задержка между установкой точки на эталонном оборудовании и началом считывания;

2 шаг состоит в алгоритмизации сходимости, когда определяется момент установки показания на экране прибора;

На 3 шагу происходит выборка и расчет среднеквадратического или среднего арифметического значения;

Четвертым шагом выполняется подтверждение отрицательного результата в случае выхода значения за границы допуска.

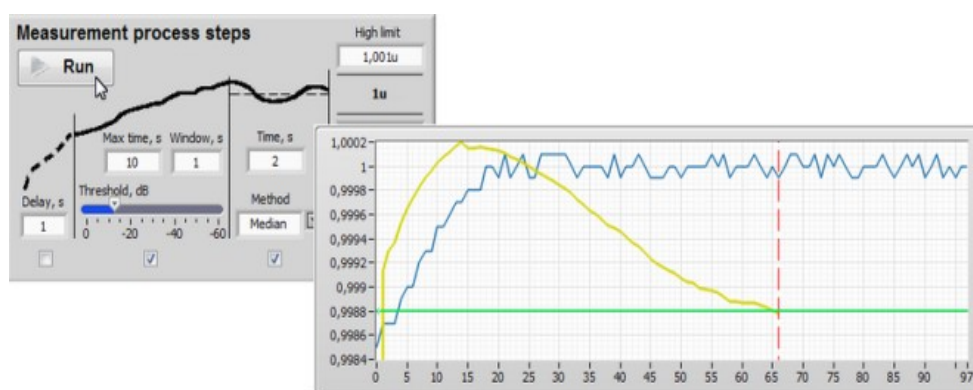


Рис.13 Считывание показаний

2.7. Критерии модернизации метрологического оборудования

а) Для успешного решения ограниченного времени эксплуатации программного обеспечения и его неоправданной высокой стоимости, возможно использовать систему UniTesS, состоящую из различных скриптов с подробными описаниями действий по работе с СИ, точными расчетами и допусками. Ведь вследствие того, что данные скрипты открыты для работы, метролог может как самостоятельно менять методики, так и добавлять новые типы СИ. Причем немаловажен тот факт, что используются скрипты с упрощённым языком программирования, и

поэтому стоимость разработки софта становится значительно меньше.

б) Сложность проведения валидации программного обеспечения.

Все программное обеспечение, которым пользуются в метрологической лаборатории, должно быть валидировано. Исходя из системы качества ИСО 17025, лаборатория должна быть уверена в правильности применяемых методов измерений. При наличии исходников это весьма непростая задача. А если нет исходных кодов, то проверка правильности работы программного обеспечения вообще практически невозможна.

Проблема в сложности проведения валидации программного обеспечения: программы UniTesS прошли процедуру сертификации, и соответствуют всем необходимым ГОСТам в РФ. Более того, имеется возможность пройти скрипт шаг за шагом, посмотреть все промежуточные данные и самостоятельно убедиться в правильности выполнения методики.

в) Сложность управления приборами и высокие риски при отладке программного обеспечения.

Поскольку в любом программном обеспечении возможны ошибки, всегда есть опасность выбора неверных режимов эксплуатации и даже поломки дорогостоящей техники. Например, некоторые вольтметры до трети команд, поступающих по интерфейсу, могут вообще игнорировать. Так, когда на вольтметр посылается команда для установки диапазона 700 вольт, эта команда может не выполниться. Причем, если на калибраторе устанавливается точка поверки 650 вольт, то вольтметр вообще может выйти из строя. Таких

ситуаций при отладке первых версий ПО может быть очень много, а некоторые СИ вообще не имеют никаких интерфейсов.

г) Решение сложности управления приборами и высоких рисков при отладке программного обеспечения решается разработкой строго типизированной структуры драйверов: команда – ожидание выполнения – проверка ошибок прибора\интерфейса. При разработке скриптов UniTesS можно не думать о возможных ошибках, так как все данные обрабатывает драйвер.

Решение проблемы заключается в том, что все АРМ UniTesS имеют универсальный интерфейс, а методики поверки определяются только загруженным скриптом.

д) Сложность внедрения и психологические барьеры, отчасти, что этим вопросам найдено решение - простейшие интерфейсы пользователя UniTesS АРМ и подробные инструкции по ходу проводимых измерений. К тому же, сотрудники компании обеспечили пусконаладочные работы и модернизацию по требованиям заказчика, разработав программу обучения по эксплуатации и разработке скриптов АРМ.

Вывод по второй главе

Стремительно меняющиеся требования современного мира диктуют необходимость внедрения автоматизации в поверочную и калибровочную деятельность метрологических служб. Решить этот вопрос можно с помощью внедрения в метрологических лабораториях АРМ по поверке и калибровке средств измерений.

В настоящее время на рынке представлены несколько аналогичных решений автоматизации рабочих мест от именитых брендов с богатой историей. Сравнивая их, можно сделать вывод, что APM UNITESS превосходит по многим параметрам Fluke MET\CAL.

Система менеджмента и автоматизации в лаборатории UniTesS обладает достаточно широкими возможностями, поскольку учитывает достаточно серьезные аспекты метрологической деятельности, расширяет возможности метрологической базы данных, менеджера задач, электронного документооборота, автоматизации рабочих мест, следовательно, может стать прочной основой для любой лаборатории.

UniTesS, автоматизируя процессы поверки и калибровки, способствует более эффективному выполнению измерений, упрощая регистрацию результатов и вывод необходимых записей, значительно повышает производительность и пропускную способность.

С UniTesS нет необходимости вести и администрировать несколько баз данных и программных продуктов.

Программное обеспечение UniTesS сможет удовлетворить даже очень требовательных сотрудников, независимо от возраста и квалификации, поскольку имеет простой интерфейс пользователя, который всегда подскажет, что делать дальше, поможет сохранить результаты работы и получить необходимую информацию.

Несложный язык программирования UniTesSScript метрологи освоят без специальной подготовки и смогут самостоятельно разрабатывать новые автоматизированные комплексы собственными силами.

При использовании системы UniTesS ни один сотрудник не сможет сказать, что он «не знал» или «не видел» поставленных задач, так как руководитель без труда сможет просмотреть историю образца, проанализировать текущую загрузку подразделений/сотрудников и изменить приоритеты работ.

В целом программный продукт UniTesS призван повысить качество и скорость оказываемых услуг для привлечения новых клиентов, что, в свою очередь, принесет дополнительную прибыль.

Глава 3 Техничко-экономическое обоснование предлагаемой технологии

В метрологической службе поверка является одним из основных видов деятельности. С каждым годом увеличивается количество поверяемых средств измерений, большой объем работ делает актуальным вопрос увеличения производительности труда, а возрастающие требования к точности и быстродействию средств измерений вызывают необходимость автоматизации процесса измерений при проведении поверки с использованием средств вычислительной техники.

Поставляемый комплект АРМ (автоматизированной рабочее место) Unitess предназначен, разработан и адаптирован для поверки РЧ вольтметров и цифровых мультиметров с использованием в качестве эталона Flucke5730A-230 с усилителем 5725-230. Стоимость такого комплекта составляет от 317 205 рублей.[20]

АРМ осуществляет управление эталонными СИ по интерфейсам, считывает показания с поверяемых СИ, производит необходимые расчеты погрешностей и неопределенностей по типу А и В.

Программное обеспечение сертифицировано на соответствие: ГОСТ Р 8.654-2015, МИ 2955-1010 (разд. 6.4, 6.5, 6.6), ГОСТ 28195-89 (табл. 1, п. 2.3,3, 5, 6), ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 (п.п. 3.1.3, 3.1.5, 3.2, 3.3.1, 3.3.3, 4.2.2), ГОСТ ИСО МЭК 14764-2002 (п. 6.3, 6.10, 8.3), ГОСТ Р ИСО 9127-94 (п. 6.3-6.5), ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 (прил. А, п.п. А 2.1.1, А 2.2, Ф 2.3), ГОСТ 19.105-78, ГОСТ 19.502-78, ГОСТ 19.503-79, ГОСТ 19.505-79, имеет бессрочную лицензию с

бесплатными обновлениями, открытую архитектуру и гибкие настройки, возможность самостоятельно менять методики поверки, с учетом вновь поступивших СИ, дает возможность пользователю ограничить объем измерений, загружать ранее полученные результаты, частично перезапускать скрипт, при необходимости поверку одного СИ в течении нескольких дней, автоматически объединяя результаты, дает возможность корректировать скрипт во время его выполнения без перекомпиляций и потери результатов.[23]

Программное обеспечение позволяет выполнить поверку СИ с соблюдением требований методик поверки, составить и зарегистрировать протокол поверки (в формате MS Word в режиме защищенного просмотра), т.е. защищает измерения от изменения и фальсификации результатов поверки СИ.

Стоимость поддержки конкурентного ПО MET/CAL Fluke Calibration MET/SUPP-RN-GOLD от разработчиков Fluke (Флюк) составляет 439212 руб. Эта сумма составляет стоимость одного АРМ (стоимость одного АРМ Unitess от 317 205), что показывает экономическую выгоду, но помимо ее, также присутствует практическая выгода. ПО MET/CAL Fluke Calibration MET/SUPP-RN-GOLD подразумевает однолетнее членство на поддержку и услуги, по истечению этого срока его нужно продлевать, что влечет за собой финансовые потери. Напротив - покупка Unitess АРМ подразумевает под собой бессрочную лицензию с обновлениями и поддержкой.

В один день в лабораторию приходят одни типы СИ, а завтра другие, поэтому автоматизация невозможна в целом. При приобретении других эталонных средств или при измерении поступающих на поверку СИ актуальность имеющегося ПО теряется. Также часто меняются формы

свидетельств и протоколов. Это приводит к дополнительным затратам на модернизацию ПО. [10, 102 с.]

В АРМ UniTess используются специальные скрипты, в которых описана вся последовательность действий по управлению СИ, расчетам и допускам. За счет них, продлен жизненный цикл программного обеспечения (длинный жизненный цикл).

Скрипты эти открыты для пользователя и можно самостоятельно добавлять методики, исходя из этого – добавлять новые типы СИ.

Любое ПО, используемое в электроизмерительной лаборатории должно быть валидировано. Согласно системе качества ИСО 17025 лаборатория должна применять правильные методы измерений.

Комплекс программ UniTess сертифицирован и соответствует всем стандартам в РФ. Так, пользователь может пройти шаг за шагом, посмотреть все промежуточные данные и самостоятельно убедиться в правильности применения и выполнения методики. Таким образом, преимуществом данной АРМ является легкость проведения валидации ПО.[20]

Еще одним показателем экономической выгоды АРМ UniTess являются низкие риски при отладке ПО и легкость управления приборами.

Так как в любом программном обеспечении есть ошибки, то всегда есть вероятность выбора неверных режимов эксплуатации и порчи дорогостоящей техники. Большое количество СИ вообще не имеет никаких интерфейсов.

Универсальность. Один из самых больших преимуществ внедрения АРМ – взаимозаменяемость сотрудников. Любой

руководитель лаборатории хочет иметь возможность посадить любого сотрудника за АРМ без особых хлопот по обучению. Но программное обеспечение различных производителей имеет различные пользовательские интерфейсы, разный функционал и отличающиеся формы отчетности. Каждый АРМ требует отдельного обучения, нет взаимозаменяемости сотрудников. И один из плюсов автоматизации теряется. Кроме того, есть желание видеть универсальный продукт, который способен автоматизировать все процессы в лаборатории – от бюро приемки до склада и выдачи заказчику протоколов.

Разработка и внедрение проектов АРМ напрямую зависят от финансовых инвестиций, затрат рабочего времени и условий труда.

Финансовые инвестиции на автоматизацию представляют собой капитальные затраты на разработку и внедрение проекта и эксплуатационные текущие расходы, такие как:

- затраты на внедрение, монтаж и установку технических средств;
- цена необходимых технических средств, оборудования, инвентаря, затраты на ремонт и обслуживание;
- вложения в дополнительное обучение;
- оплата проектных работ, расходов на постановку и алгоритмизации задач;
- затраты на электроэнергию;
- содержание помещений;

– сопровождение программного обеспечения: поддержание в работоспособном состоянии, обновление и замена версий;

– сопровождение информационной базы: восстановление целостности, архивирование и резервное копирование, антивирусная защита и управление доступом;

– стоимость расходных материалов: бумаги, краски, картриджей для принтера. [10 с.]

Полный эффект от внедрения АРМ в денежном показателе выразить невозможно. Но можно видеть ряд не менее важных показателей эффективности АРМ, которые можно получить в результатах производственно-хозяйственной деятельности за счет повышения уровня управления, оперативности принимаемых решений, т. е. косвенным путем. Это повышение качества, оперативность, точность, детальность и актуальность информации, сокращение сроков решения отдельных задач, снижение времени, затрачиваемого на подготовку документов и скорости выдачи выходных документов, принятие важных управленческих решений, получение принципиально новых аналитических возможностей. Кроме того, усиление контроля, предотвращение злоупотреблений, снижения влияния кадровой «текучки» на производственные показатели, повышение качества труда за счет сокращения рутинных операций и совершенствование работы аппарата управления. [4, 8-9 с.]

Экономическая эффективность АРМ определяется экономией в результате более активного воздействия управленцев на производство и затратами на создание и эксплуатацию автоматизированных рабочих мест. Оценить

эффективность применения АРМ можно с помощью прямых и косвенных показателей. Прямые (или экономические) показатели дают оценку автоматизации в денежном выражении, включают в себя определение затрат на разработку и эксплуатацию АРМ, т.е. определение полной стоимости владения АРМ, определение денежного потока, высвобожденного за счет АРМ. Косвенные показатели позволяют оценить эффект применения АРМ в конкретной предметной области деятельности (табл. 2). [13, 258 с.]

Таблица 2 Потенциальный эффект применения автоматизированных рабочих мест

Сфера воздействия	Результат
Управление	<ul style="list-style-type: none"> – сокращение количества уровней управления; – снижение административных расходов; – высвобождение работников среднего звена управления и упразднение ряда функций; – освобождение работников от рутинной работы за счет ее автоматизации; – высвобождение времени для интеллектуальной деятельности; – получение рациональных методов решения управленческих задач за счет внедрения математических методов и интеллектуальных систем; – повышение производительности труда; – экономия времени; – повышение квалификации и профессиональной грамотности управленцев;
Продажи	<ul style="list-style-type: none"> – увеличение конкурентного преимущества; – уменьшение издержек, увеличение прибыли

Продолжение таблицы 2

Информационная система	<ul style="list-style-type: none"> – совершенствование структуры потоков информации и системы документооборота в фирме; – эффективная внутрифирменная координация с помощью электронной почты; – обеспечение достоверности информации; – прямой доступ к информационному продукту
Производство	<ul style="list-style-type: none"> – сокращение времени на проектирование и производство; – расширение свойств продукции и сферы ее возможного применения; – уменьшение затрат на производство продуктов и услуг; – предоставление потребителям уникальных услуг; – рационализация материально-технического снабжения
Маркетинг	<ul style="list-style-type: none"> – уменьшение затрат времени на распространение изделий; – отыскание новых рыночных ниш; – возможность идентификации потребителей изделий; – поддержка продаж; – более эффективное взаимодействие с заказчиками (наглядность, скорость передачи сообщений); – повышение способности гибко реагировать на спрос и оперативно удовлетворять новые желания потребителей.

Вывод по третьей главе

Эффективность АРМ включает не только экономический эффект от внедрения и функционирования АРМ, но и такие характеристики, как надежность, простота обращения,

легкость модификации, тиражируемость инженерных решений, снижение затрат на разработку и эксплуатацию.

Выработка критериев оценки ожидаемого эффекта затруднена вследствие масштабов большого предприятия. И, если стоимость оборудования, программ, затрат на ремонт, простои серверов и обучение можно учесть, то вычисление эффективности действий нескольких тысяч сотрудников, особенно, если функции, которые они выполняют, различаются, является достаточно сложной задачей. Следовательно, чем детальнее и тщательнее будет разработана концепция создания и внедрения АРМ на конкретном предприятии, тем больше возможность повысить его эффективность в процессе эксплуатации. Все это означает, что хорошо налаженная эксплуатация, базирующаяся на системе стандартов, позволяет оптимизировать функционирование АРМ, а значит, и получить реальную отдачу от сделанных в информационные технологии инвестиций.

Дать окончательную оценку эффективности проекта автоматизации можно лишь после внедрения с предшествующим тщательным сбором данных об автоматизируемом участке деятельности, анализом возможных альтернатив, детальным проектированием и апробации АРМ.

Заключение

Метрология, как наука, зародилась еще в древности и весьма продолжительный период являлась описательной наукой, касающейся широкого многообразия мер и соотношений.

Стремительно меняющиеся требования современного мира диктуют необходимость внедрения автоматизации в поверочную и калибровочную деятельность метрологических служб.

Таким образом, в данной дипломной работе мною были разработаны критерии модернизации метрологического оборудования на предприятии на примере системы UNITESS.

Система менеджмента и автоматизации в лаборатории UniTesS обладает достаточно широкими возможностями, поскольку учитывает достаточно серьезные аспекты метрологической деятельности, расширяет возможности метрологической базы данных, менеджера задач, электронного документооборота, автоматизации рабочих мест, следовательно, может стать прочной основой для любой лаборатории.

UniTesS, автоматизируя процессы поверки и калибровки, способствует более эффективному выполнению измерений, упрощая регистрацию результатов и вывод необходимых записей, значительно повышает производительность и пропускную способность.

С UniTesS нет необходимости вести и администрировать несколько баз данных и программных продуктов.

Программное обеспечение UniTesS сможет удовлетворить даже очень требовательных сотрудников,

независимо от возраста и квалификации, поскольку имеет простой интерфейс пользователя, который всегда подскажет, что делать дальше, поможет сохранить результаты работы и получить необходимую информацию.

Несложный язык программирования UniTesScript метрологи освоят без специальной подготовки и смогут самостоятельно разрабатывать новые автоматизированные комплексы собственными силами.

В целом программный продукт UniTesS призван повысить качество и скорость оказываемых услуг для привлечения новых клиентов, что, в свою очередь, принесет дополнительную прибыль.

Эффективность АРМ включает не только экономический эффект от внедрения и функционирования АРМ, но и такие характеристики, как надежность, простота обращения, легкость модификации, тиражируемость инженерных решений, снижение затрат на разработку и эксплуатацию.

Выработка критериев оценки ожидаемого эффекта затруднена вследствие масштабов большого предприятия. Дать окончательную оценку эффективности проекта автоматизации можно лишь после внедрения с предшествующим тщательным сбором данных об автоматизируемом участке деятельности, анализом возможных альтернатив, детального проектирования и апробации АРМ.

Также в дипломной работе:

- рассмотрена история становления метрологии со времён Киевской Руси и до наших дней

- проведён анализ нормативной, научной и методической литературы, относящейся к модернизации испытательного оборудования;
- произведён выбор программного обеспечения для автоматизации поверки средств измерений;
- разработаны критерии модернизации метрологической лаборатории;
- технико-экономически обоснованы предлагаемые технологии.

В настоящее время современная метрология опирается на физический эксперимент высокой точности, призванный удовлетворить потребностей государства, частного бизнеса и общества в достоверных результатах измерений в Российской Федерации. Все эти задачи поставлены в документах стратегического планирования Российской Федерации.

Список использованных источников

Научная литература

1. **Аристов, А. И.** Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев. - М.: Инфра-М, 2017. - 432 с.
2. **Берновский, Ю. Н.** Стандартизация: Учебное пособие / Ю.Н. Берновский. - М.: Форум, 2017. - 252 с.
3. **Дастин, Э.** Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; Пер. с англ. М. Павлов. — М.: Лори, 2017. — 567 с.
4. **Дехтярь, Г. М.** Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие / Г.М. Дехтярь. - М.: Инфра-М, 2018. - 16 с.
5. **Иванов, А. А.** Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. — М.: Форум, 2016. — 224 с.
6. **Иванов, И. А.** Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник / И.А. Иванов, С.В. Урушев и др. - СПб.: Лань, 2019. - 356 с.
7. **Качурина, Т. А.** Метрология и стандартизация: Учебник / Т.А. Качурина. - М.: Academia, 2018. - 127 с.
8. **Колчков, В. И.** Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник / В.И. Колчков. - М.: Форум, 2017. - 288 с.
9. **Крюков, Р. В.** Стандартизация, метрология, сертификация. Конспект лекций / Р.В. Крюков. - М.: А-Приор, 2009. - 192 с.

10. **Латышенко, К. П.** Автоматизация измерений, контроля и испытаний. Курсовое проектирование / К.П. Латышенко, В.В. Головин. — М.: МГУИЭ, 2016. — 196 с.

11. **Лифиц, И. М.** Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: Учебник для бакалавров / И.М. Лифиц. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 411 с.

12. **Метрология, стандартизация и сертификация:** Учебник / Под ред. В.В. Алексеева. - М.: Academia, 2016. - 256 с.

13. **Плотникова, И. Ю.** Стандартизация и подтверждение соответствия: Учебник / И.Ю. Плотникова. - М.: Academia, 2018. - 464 с.

14. **Райкова, Е. Ю.** Стандартизация, подтверждение соответствия, метрология : учебник для прикладного бакалавриата / Е. Ю. Райкова. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 349 с.

15. **Сергеев, А. Г.** Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Г. Сергеев, В.В. Терегеря. - Люберцы: Юрайт, 2015. - 838 с.

16. **Скопичев, В. Г.** Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия. Лабораторный практикум: Учебное пособие / В.Г. Скопичев. - СПб.: Лань, 2015. - 320 с.

17. **Тамахина, А. Я.** Стандартизация, метрология, подтверждение соответствия. Лабораторный практикум: Учебное пособие / А.Я. Тамахина, Э.В. Беспланеев. - СПб.: Лань, 2015. - 320 с.

18. **Шишмарев, В. Ю.** Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.Ю. Шишмарев. - РнД: Феникс, 2019. - 429 с.

Электронные ресурсы

19. **Кохан, А. П.** Эффективность автоматизированного рабочего места: критерии оценки и методы повышения. [Электронный ресурс]. URL: <http://belisa.org.by/pdf/PTS2005/213-218.pdf> (дата обращения: 12.05.2020)

20. **Общее описание системы менеджмента и автоматизации в лаборатории UniTesS.** [Электронный ресурс]. URL: <https://unitess.ru/download/obshchee-opisanie-sistemy-menedzhmenta-i-avtomatizacii-v-laboratorii-unitess.html> (дата обращения: 12.05.2020)

21. **Общие проблемы автоматизации поверочных лабораторий.** [Электронный ресурс]. URL: <https://unitess.ru/download/obshchie-problemy-avtomatizacii-poverochnyh-laboratoriy-0.html> (дата обращения: 11.05.2020)

22. **Зачем мы разработали UniTesS** [Электронный ресурс]. URL: <https://unitess.ru/download/zachem-my-razrabotali-unitess.html> (дата обращения: 16.04.2020)

23. **Метрологическая аттестация программного обеспечения** [Электронный ресурс]. URL: <https://unitess.ru/download/metrologicheskaya-attestaciya-programmnogo-obespecheniya.html> (дата обращения: 17.04.2020)