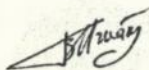


ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
УКРАИНЫ

На правах рукописи



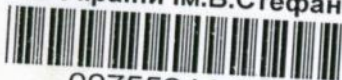
Игнаткин Валерий Устинович

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЗАДАЧ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Специальность: 05.11.15 – Метрология и метроло-
гическое обеспечение

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Киев - 1994



00755944 (У) *книжка рукопись.*

Робота виконана в Українському Дніпровському учебно-научном институте подготовки специалистов и менеджеров предприятий Гособоронпромаша на кафедре метрологии, стандартизации и управления качеством продукции, г. Днепропетровск.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, проф.

ШИШКИН Игорь Федорович,

доктор технических наук, проф.

ЩЕРБАК Леонид Николаевич,

доктор технических наук, проф.

СКРИПНИК Юрий Алексеевич.

Ведущая организация - НПО "Система", г. Львов, Госстандарта Украины.

Защита состоится "7" *февраля* 1995 года в 11-00 часов, на заседании специализированного ученого совета Д.016.30.02 в Институте электродинамики НАН Украины (252680, г. Киев-57, пр. Победы, 56, тел. 446-91-15).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института электродинамики НАН Украины.

Автореферат разослан "20" *декабря* 1994г.

Ученый секретарь
специализированного ученого совета

к.т.н., с.н.с.

Д.А. Масуренко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

В современном производстве для большинства предприятий Украины и стран СНГ доля затрат времени на выполнение измерительных операций в общем балансе рабочего времени составляет около 25% (для некоторых отраслей может достигать и более высоких значений). Чем выше требования к качеству продукции, тем больше эта доля. Примерно в той же пропорции находятся затраты на приобретение и содержание средств измерений (СИ) в общем объеме расходов на производственное оборудование. Парк СИ большинства предприятий Украины насчитывает тысячи, а нередко и десятки тысяч единиц. Причем стоимость парка СИ интенсивно растет.

Важным аспектом совершенствования метрологического обеспечения и, в частности, метрологического обслуживания СИ является эффективное управление парком СИ.

Под МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ (МО) СИ понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих постоянную готовность СИ к применению с нормированной для них точностью и достоверностью измерений (рис.1). Метрологическое обслуживание характеризуется такими параметрами: Объем и состояние парка СИ, количество и состояние ремонтных и поверочных установок, межповерочный интервал, вероятности ошибок поверок и ремонтов 1-го и 2-го рода, продолжительность поверок и ремонтов, стоимость обслуживания СИ, потери производства вследствие использования по назначению метрологически отказавших СИ, время ожидания в очереди на ремонт, вероятности ошибок самоповерок, время наработки на явный и скрытый отказ (или интенсивности явных и скрытых отказов), срок эксплуатации СИ, коэффициент надежности измерений, допустимая погрешность измерений, значения допусков на подлежащие

контролю параметры, числовые характеристики распределений значений параметров, количество контролируемых параметров, матрица попарных коэффициентов корреляции параметров, интенсивность поступления СИ в систему МО СИ, среднее число СИ, которое может быть обслужено в единицу времени, количество СИ в очереди, количество необслуженных СИ, стоимость запасных элементов СИ (ЗИП), количество элементов i -го типа в группе СИ, и др. В качестве критериев оптимизации (показателей работы СМО) определены: коэффициент готовности, коэффициент технического использования, коэффициент достоверности, определяемый как вероятность того, что применяемое по назначению СИ работоспособно и его показания соответствуют истинным значениям измеряемой величины, целевая функция (потери производства от применения неисправных СИ по назначению плюс текущие затраты на МО СИ), вероятность отказа к моменту поверки, вероятность нахождения в одном из состояний жизненного цикла СИ, показатель простоя СИ, простоя ремонтных установок, комплексный показатель ритмичность, информационная эффективность измерений, класс точности рабочего СИ, отношение средней реактивности системы к средним затратам на один запрос, вероятность обеспечения составом ЗИП группы СИ в течение определенного времени, минимум суммарной стоимости ЗИПа, минимизация объемов поступающей информации для оценки процессов СМО, оперативность синтезируемых алгоритмов, минимизация машинного времени и памяти ЭВМ, возможность контроля правильности вычислений (для процедур обработки информации в реальном масштабе времени), минимизация смещения оценок при увеличении шума в данных, минимизация форм документов управления, рационализация документооборота.

Метрологическое обслуживание подвержено воздействиям многих случайных факторов: изменение номенклатуры выпускаемых

изделий, качество сырья и комплектующих деталей, требования к качеству выпускаемых изделий и др.

Наименее обеспеченными формальным аппаратом решения являются задачи управления МО СИ: выбор и учет СИ, планирование поверочно-ремонтных работ (изложенное, например в МИ 646-84), определение сроков проверок и ремонтов (например изложенное в РД 50-330-82), расчет численности обслуживающего персонала (изложенное в МИ 185-79), планирование распределения СИ между подразделениями предприятия, выбор контролируемых параметров, изъятие из обращения непригодных СИ, планирование запасных частей, контроль за состоянием, проверкой и ремонтом СИ и др. Выбор СИ по точности и надежности изложено, например в МИ 188-79, МИ 1317-86, МИ 187-86, ГОСТ 27.002-83.

Приведу некоторые данные: технический ресурс большинства СИ составляет 10-15 лет с моральным износом около 5 лет. Гарантийный срок безотказной работы составляет 18 месяцев. Вероятность безотказной работы СИ после проверки в течение года - 0,8. Межремонтный интервал: для капитального ремонта - 4 года, среднего - 2 года, текущего - 1 год. Межповерочный интервал большинства СИ составляет 1 год. Практика определения межповерочных интервалов не учитывает экономичного, оптимального (в определенном смысле и изложенном ниже) расходования средств на поддержание ЕДИНСТВА и ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ. При существующем графике использования приборов, 4 месяца в году он находится в сфере обслуживания и 8 месяцев - в эксплуатации. На техническое обслуживание СИ тратится 20-25% его балансовой стоимости.

Сохранение традиционного подхода, расширение диапазонов измерений и повышение точности ставит под угрозу срыва (по причине отсутствия в нужное время метрологического обеспече-

ния) сроков освоения новой техники по многим видам измерений. Сложившаяся ситуация потребовала РЕВИЗИИ ТРАДИЦИЙ, и прежде всего в части пресловутых запасов по точности образцовых СИ по отношению к рабочим. Здесь намечены были два пути: 1. Обоснованное (применительно к условиям использования рабочих СИ) снижение запасов по точности, 2. Замена избыточности по точности введением других видов избыточности, например, структурной, временной. Как сказано выше, на первом пути было введено МИ 187-86, допускающее отступление от традиционных правил выбора образцовых СИ. Однако здесь необходима серьезная работа как метрологов, так и разработчиков СИ, поскольку снижение требований к погрешности образцовых СИ влечет за собой сужение контрольных допусков при поверке СИ. Второй путь был частично апробирован при использовании методов так называемой групповой поверки. Однако, до недавнего времени он не получил широкого распространения.

Принципиально новые возможности замены избыточности по точности другими видами избыточности дала автоматизация. Этот путь существенно повлиял на принципы и практику метрологического обслуживания СИ, оптимизировал стратегию обслуживания и прежде всего установление обоснованных межповерочных интервалов, рационально организованный учет движения СИ, нормирование ремонтных, поверочных работ, своевременное обеспечение СИ поверкой, запчастями, унификации номенклатуры и т.п.

Научно-техническая проблема состоит в том, чтобы обеспечить состояние парка СИ на требуемом уровне, количественно оценить этот уровень и эффективно использовать парк СИ, состоящий из различных типов, видов измерений, причем разного технического исполнения, в том числе и со встроенными микропроцессорами.

Решение данной проблемы предполагает использование ЭВМ в рамках АРМ "Метролог", в которой и используется формальный аппарат решения названных задач управления.

Отставание научных исследований по данной проблеме в плане корректного описания процессов обслуживания, алгоритмизации и системности решения названных задач обусловили выбор и актуальность темы диссертации, ее цель и задачи.

Цель и основные задачи научного исследования

Для решения данной проблемы необходимо было проанализировать существующую систему МО СИ на многих предприятиях и организациях Украины и стран СНГ, разработать критерии (или сформулировать по-новому, уточнить существующие определения критериев) оценок процессов МО СИ, развить теорию метрологической надежности СИ, как одного из основных свойств, находящихся на стыке технических и потребительских свойств СИ и системой метрологического обеспечения технических измерений, провести формализацию процессов МО СИ и создать программно-алгоритмическое обеспечение, оптимизирующее этот процесс (в определенном ниже смысле) в рамках АРМ "Метролог", как типовой системы для анализа процессов метрологического обеспечения производства и синтеза систем автоматизации на конкретном предприятии.

Названная цель и направлена на взаимоувязанное решение следующих задач: 1. Учет СИ, их поступления и перемещения на предприятии, 2. Выбор по точности и надежности СИ, их эффективное использование, 3. Планирование новых СИ и поверочно-ремонтных работ, определение сроков проверок и ремонтов. 4. Выбор стратегии обслуживания, определение количества поверочных и ремонтных рабочих мест, партий СИ, поступающих на обслуживание, численности обслуживающего персонала, 5. Планирование рас-

пределения СИ между подразделениями предприятия, 6. Выбор контролируемых параметров, 7. Изъятие из обращения непригодных СИ, 8. Планирование запасных частей, 9. Статистическая обработка результатов обслуживания СИ и др.

Степень исследования тематики диссертации определяется перечнем проработанных литературных источников и другой информации доступной автору по данной проблеме и решаемым задачам. Задачи, поставленные в диссертации решены полностью и реализованы в виде процедур для АСУ "Метролог".

Объектом исследования является метрологическое обслуживание СИ (определение которому дано выше), которое осуществляется на большинстве предприятий метрологическими службами.

Методы исследований базируются на: 1. Теоретических методах анализа математических моделей процессов СМО СИ, при этом использованы современные методы общей теории систем, методы анализа и синтеза сложных систем, аналитическое и имитационное моделирование, исследование операций, теория массового обслуживания, теория точности и теория контроля, теория восстановления и надежности, математическая статистика, теория вероятности, теория матриц, теория графов, 2. Экспериментальных исследованиях с использованием конкретных методик и процедур программного обеспечения для ЭВМ, 3. Промышленной апробации теоретических и экспериментальных исследований.

Адекватность результатов теоретических исследований реальным процессам функционирования МО СИ подтверждена их сходимость с экспериментальными данными и промышленной апробацией.

Научная новизна результатов работы заключается в том, что МО СИ впервые представлена с системных позиций решаемых задач метролога на предприятии, при этом развита теория мет-

рологической надежности СИ, разработаны критерии и модели, используемые как при анализе уровня надежности СИ и др. показателей СМО СИ, так и при определении параметров СМО СИ: 1. Получены аналитические выражения для коэффициентов готовности, технического использования, достоверности измерений СИ, времени межремонтного интервала СИ, номера последней поверки, попадающей в межремонтный интервал как функций параметров СМО СИ и характеристик для произвольного закона распределения отказов СИ, 2. Установлено распределение вероятностей для межремонтного интервала, 3. Получены аналитические выражения для определения количества измерений, класса точности СИ и эффективного использования имеющихся СИ, 4. Разработана модель для ЭВМ, позволяющая выбирать оптимальную стратегию обслуживания СИ, количество поверочных и ремонтных рабочих мест и др., 5. Получена зависимость для прогнозирования возможного количества отказов СИ, 6. Разработан алгоритм обработки статистических данных об отказах, поверке и ремонте СИ, 7. Разработана модель эксплуатации СИ и с учетом конкретных условий применения, позволяющая аппроксимировать вероятности метрологического отказа СИ и оптимизировать параметры СМО СИ. В основу методологии положен метод ДЕКМПЗИЦИИ ЦЕЛЕЙ функционирования системы, позволяющий не только описать существующую систему, но также и определить требования к разрабатываемой АСУ (АРМу). Разработанная методология синтеза МО СИ позволяет получать количественные характеристики для обоснованного реформирования системы МО СИ.

Конкретный личный вклад диссертанта в разработку научных результатов, выносимых на защиту:

Методология синтеза СМО СИ, заключающаяся в оптимизации ее параметров (в частности межповерочного интервала), реформи-

Рования ее структуры; аналитические зависимости между потерями производства и метрологической надежностью СИ, выражения для коэффициентов готовности, технического использования, достоверности измерений СИ, времени межремонтного интервала, номера последней поверки СИ, попадающей в межремонтный интервал - как функции параметров СМО СИ и характеристик для произвольного распределения отказов СИ; распределения вероятностей для межремонтного интервала, а также целевая функция, используемая при оптимизации параметров СМО СИ; методика анализа уровня метрологической надежности приборного парка предприятия, оптимизации параметров метрологического обслуживания СИ и определения, в частности, периодичности поверок СИ; модель и методика обработки/ на ЭВМ/ статистических данных об отказах, поверке и ремонте СИ; модель и методика определения/на ЭВМ/ оптимального/ в определенном ниже смысле/ количества поверочных и ремонтных рабочих мест; модель и методика выбора/ с помощью ЭВМ/ рабочих СИ, их эффективного использования; методика выбора/ с помощью ЭВМ/ образцовых СИ; методика оценки / с помощью ЭВМ/ рациональной номенклатуры контролируемых параметров; методика расчета / с помощью ЭВМ/ норм запасных частей для СИ; модель и методика прогнозирования/ с помощью ЭВМ/ возможного количества отказов СИ; модель эксплуатации СИ с учетом конкретных условий применения, аппроксимирующая вероятности метрологического отказа СИ и оптимизирующая параметры СМО СИ; модель и методика оценки / с помощью ЭВМ/ эффективности АСУ МО СИ - как информационно-справочной системы коллективного пользования; база данных, алгоритмы, информативные документы для решения задач метрологической службы/обслуживания СИ/ в совокупности с техническими средствами подготовки, ввода, обработки и хранения информации, и которые обеспечивают метод

автоматизированного учета, контроля и планирования парка СИ предприятия, реализуемой в АСУ "Метролог" / АРМ "Метролог" /, позволившей решение задач по повышению уровня метрологического обеспечения производства увязать с комплексом задач по повышению эффективности производства, в чем нашел отражение системный подход.

Теоретическая и практическая ценность работы

Ценность работы заключается в том, что значительная часть из них внедрена в повседневную деятельность метрологических служб предприятий, НИИ Украины и стран СНГ в виде методик инженерного расчета на ЭВМ: межповерочных интервалов, вероятностей ошибок поверки и ремонта I и II рода, класса рабочих и образцовых СИ и их эффективного использования, количества поверочных и ремонтных рабочих мест, уровня метрологической надежности парка СИ, уровня метрологического обеспечения, эффективности системы "Метролог" / АСУ, АРМ /, параметров СМО СИ и процесса эксплуатации СИ, рациональной номенклатуры контролируемых параметров, норм запасных частей СИ, возможного количества отказов СИ; в виде программного обеспечения АСУ "Метролог" / АРМ "Метролог" /.

Реализация результатов работы позволяет: рационально использовать имеющуюся контрольно-измерительную технику, оптимизировать / в определенном ниже смысле / процессы планирования, контроля, учета и отчетности в области поверочной / ремонтной / деятельности метрологических служб, своевременно обеспечивать информацией персонал метрологических служб для принятия обоснованных решений, снижать трудоемкость управленческих процессов, повышать эффективность использования материальных, трудовых, и стоимостных ресурсов в процессе МО СИ, снижать процент брака выпускаемой продукции, вызванного использованием метрологически

отказавших СИ/на 5-30 %/. Внедрение результатов исследований подтверждено актами внедрения на: П/О "Днепропетровский машиностроительный завод" / г.Днепропетровск/, в НИИ РФ им. академика Расплетина А.А. / г.Москва/, Ступинском металлургическом комбинате / г. Ступино, Московской области/, Днепропетровском вагоноремонтном заводе / г.Днепропетровск/, П/О "Агрегатный завод" / г.Днепропетровск/, Челябинском металлургическом комбинате / г.Челябинск/, Челябинском электро-металлургическом комбинате /г. Челябинск/, МНТК "Радиотехномах" /г.С-Петербург/, заводах "Днепроспецсталь" и "Кремнийполимер" /г.Запорожье/, НПО "БЭФ" /г.Рига/, Запорожской атомной станции/г.Энергодар/, НПО "Криогенмах" / г.Москва/, НИИ тепловых процессов / г.Москва/. Стоимость системы в настоящее время 500 млн. карбованцев.

Апробация работы

Разработанные теоретические основы организации функционирования СМО СИ, решение учета, контроля и планирования апробировались как очередями, так и в целом на протяжении 20-ти лет/ начиная с 1974 года/ на вышеперечисленных предприятиях Украины и стран СНГ, а также в докладах на: XXXIII Всесоюзной научной сессии, посвященной Дню Радио / г.Москва, май 1978 г./ IV Всесоюзной конференции "Проблемы метрологического обеспечения систем обработки измерительной информации /СОИИ-IV, г.Москва, май 1982 г./ Республиканском семинаре "Метрологическое обеспечение производства и аппаратура контроля качества в приобретении" / г.Киев, апрель 1978 г./, Всесоюзной конференции "Метрология и радиоэлектронике" /г.Москва, 1984г./, IX Всеакадемической школе по проблемам метрологического обеспечения и стандартизации/ г.Бердянск, сентябрь 1991 г./, Международной выставке "Метрология-86" / г.Москва, Сокольники/, ВНИИ "Электронстандарт" / г.С-Петербург/.

Публикации

Основные результаты работы отражены в 20 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах и опубликованы в 27 научных трудах, в том числе в двух монографиях и одной брошюре.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 51 наименования, 19 приложений/1-18 содержит вспомогательные материалы, 19-документы по внедрению и апробации/. Объем - 523 стр./ I том/, из них 300 страниц основного текста, 220 стр. занимают рисунки и таблицы, остальное - приложения /II том/.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы и основные задачи исследования.

В первой главе анализируется метрологическое обслуживание СИ в производственной системе, рассмотрены учет, распределение и пополнение парка СИ, контроль его состояния. Определены основные задачи метрологического обслуживания СИ, подлежащие формализации и автоматизированному решению. Сформулированы общие требования к автоматизированной системе "Метролог" и основные задачи исследований и разработок.

Вторая глава посвящена теоретическому анализу процесса метрологического обслуживания СИ на предприятии. Проведен анализ состояния проблемы формализации процессов и решения задач метрологического обслуживания СИ. Разработаны модели: оптимизации параметров метрологического обслуживания СИ на предприятии; процесса эксплуатации СИ с учетом конкретных условий применения; процесса метрологического обслуживания СИ; выбора СИ по точности; анализа уровня метрологической надежности прибор-

ного парка и синтеза параметров СМО СИ; оценки эффективности системы "Метролог"; обработки статистических данных об отказах, поверке и ремонте СИ; прогнозирования возможного количества отказов СИ; информационной базы данных АСУ "Метролог" и др.

В третьей главе описаны процедуры решения "Интеллектуальных" задач на ЭВМ - как экспериментальная база проверки теоретических исследований. При этом произведено сравнение результатов даваемых марковской и разработанной автором дискретно-непрерывной модели.

В четвертой главе сделан обзор автоматизированных систем контроля СИ /АСК СИ/ и определено место АСУ "Метролог"/АРМ "Метролог"/ в АСК СИ. Представлена характеристика нескольких систем организационного управления, предложенных в последнее время, в том числе и ранние версии АРМ "Метролог", а именно: ППП "Приборы" /Белгхуниверситет/, система фрунзенского завода электронных вычислительных машин, АСУ "Метрология" / предприятие "Интер-квадро"/, АСУ "Метролог" /НПО "Элби", г.Москва/, АСУ МО/ НТК АСУ-г.Львов/, система "Эталон" /НПК "Азимут", г.Обнинск/, система "Метр" /НИИ ПММ, г.Москва/, в АСУ "Метролог" /АРМ "Метролог"-автора данной работы - помимо традиционных методов автоматизации предусмотрено активное использование моделей процессов МО СИ и результатов моделирования.

В приложениях приведены примеры выходных форм документов АСУ "Метролог", информационно-функциональная структура АСУ "Метролог" и фактические данные о метрологической надежности отечественной измерительной техники, а также документы, подтверждающие внедрение АСУ "Метрелог" /АРМ "Метролог"/.

В работе применен комплексный подход решения задач на ЭВМ. Для учетных задач и задач накопления статистических данных применен метод внесения

изменений; для информационно-справочных задач - метод адресного, последовательного, политомического и дихотомического поиска; для оптимизационных задач - по иерархически-последовательному принципу с применением конкретных методов оптимизации; для задач планирования - методы сетевого, объемного и календарного планирования; для задач распределения - методы математического моделирования.

Создание моделей имеет несколько ЦЕЛЕЙ. На стадии проектирования целью моделирования является определение критериев оптимальности и представительного перечня показателей работы системы. На последующих стадиях, моделирование необходимо для оценки влияния характеристик СМО СИ на показатели работы системы. Кратко остановлюсь на разработанных моделях:

I. Модель анализа уровня метрологической надежности приборного парка предприятия и оптимизации параметров метрологического обслуживания средств измерений

Данная модель реализует 6 состояний жизненного цикла СИ: 1-СИ работоспособно и применяется по назначению, 2-СИ неработоспособно, но применяется по назначению, 3-СИ работоспособно и поверяется, 4-СИ неработоспособно и поверяется, 5-СИ находится в очереди на ремонт, 6-СИ в ремонте. непригодность СИ констатируется как достижение его границы допустимого уровня метрологической надежности. Под метрологической надежностью СИ понимается его свойство сохранения работоспособности в смысле отсутствия метрологических отказов. Метрологический отказ - переход СИ из исправного в неисправное состояние, не обнаруживаемый органолептическими методами.

Модель предназначена для: I. Определения характеристик надежности СИ- коэффициента готовности/Кг/, коэффициента досто-

верности/Кд/, коэффициента технического использования/Кти/, и др., 2. Определения параметров системы МО СИ, при которых сумма текущих затрат на МО СИ и потери производства от применения неисправных СИ по назначению - минимальна. В зависимости от того, какому закону распределения подчиняются скрытые и явные отказы определяются конкретные значения величин, входящих в выражения, определяющие характеристики надежности СИ. В диссертации произведен расчет в предположении экспоненциального закона распределения. Минимум целевой функции существует. Его положение определяется характеристиками открытых и явных отказов СИ/Тс,Тя/ и параметрами СМО СИ и, в частности, межповерочным интервалом - МПИ. При уменьшении МПИ, Кд стремится к 1/рис.2/. Это означает, что заданный уровень достоверности показаний СИ всегда можно обеспечить выбором соответствующего значения МПИ. Однако, уменьшение МПИ не всегда целесообразно, т.к. начиная с некоторого значения МПИ, Кг начинает уменьшаться. Это обусловлено тем, что период проведения поверочных работ становится сравнимым с временем выполнения проверки $\tau_{п} - \text{МПИ} \leq 10 \tau_{п}$.

Темп снижения Кг в области малых МПИ зависит и от других параметров СМО и характеристик отказов. Локальный оптимум целевой функции / минимум/ не всегда может служить основанием для выбора МПИ. При наличии ограничений на Кг и Кд оптимум может оказаться на край области допустимых значений. В диссертации приведены и другие результаты исследований с помощью этой модели.

2. Модель оптимизации параметров эксплуатации СИ на предприятии

Она позволяет определять вероятности нахождения СИ в десяти различных состояниях, охватывающих весь цикл процесса их эксплуатации /включая и самоповерки СИ/. При оптимизации

часть параметров является варьируемыми в заданных пределах. Поэтому можно сказать, что в общем случае задается множество векторов, на котором ищется оптимальное решение. В качестве критерия оптимальности берется наименьшее значение целевой функции: $F/W = \bar{W} \cdot \bar{P} / \bar{M}$, представляющая собой скалярное произведение векторов \bar{P} / \bar{M} и \bar{W} , где $\bar{W} = /W_1, W_2, \dots, W_{10}/^T$. Коэффициенты W_i определяют "вес" /значимость/ вероятности каждого из десяти состояний в целевой функции. Решение задачи состоит в том; чтобы найти вектор $/\bar{M}_0/$ параметров модели из заданного множества такой, что на соответствующем ему векторе вероятностей $\bar{P} / \bar{M}_0/$, полученном в качестве решения уравнения: $A \cdot P = 0$ /стационарный случай уравнения $\dot{P} / t = A \cdot P / W$, целевая функция $F/W = \bar{W} \cdot \bar{P} / \bar{M}$ принимает наименьшее значение и выполняются ограничения: 1. $P_i / M \geq 0, i = 1 + 10$; 2. $\sum_{i=1}^{10} P_i / M = 1$; 3. $P_1 / P_1 + P_2 / P_1 \geq K_{от}$. Оптимизация параметров модели производится итерационным методом: на каждом шаге изменяется только один параметр модели. Выбор изменяемого параметра и величина изменения производится с использованием одного из градиентных методов /например, методом спуска с вычислением координат градиента/. Так как вычисление координат вектора градиента $\partial_{M_i} F_i / W$ затруднительно, указанные производные заменены разностными отношениями $\Delta F / W / \Delta M_i$. Выбирается именно та компонента, для которой это отношение имеет наименьшее значение. Величина ΔM_i уменьшается по мере приближения к минимуму функции F/W . Процесс оптимизации завершается когда $\Delta F / M_0 \geq 0$ в окрестности точки M_0 такой, что M_0 принадлежит заданному множеству. Модель показала, что наиболее влияющими на вероятность P_1 являются характеристики безотказности $SM/T_c, T_a /$ и ряд параметров $SMO / \alpha, \tau, T_{пов.}, T_{рем.} /$. Модель позволяет определять наилучшие по критерию максимума $K_{от}$, либо минимума стоимости СМО, ~~выбирать рациональный тип организации~~

этого обслуживания.

3. Модель процесса эксплуатации СИ с учетом конкретных условий применения

Предназначена для решения задачи компьютерного синтеза и анализа процесса эксплуатации СИ применительно к имеющимся условиям. При этом разработаны: дифференциальная модель десяти состояний СИ и имитационные модели десяти и шестнадцати состояний СИ. В дифференциальной модели десяти состояний СИ в отличие от предыдущей /п.2/ сохранены динамические свойства задачи и решается уравнение: $\dot{P}/t/ = A \cdot \bar{P} /t/$, решение которого в общем виде может быть найдено только численными методами. После некоторых преобразований уравнения и дополнений начальными условиями /удовлетворяющими $\sum_{i=1}^n P_i /t/ = I/$, а также добавление условия, которым подчиняются элементы матрицы $[A]$, повлекли два полезных свойства получаемого решения, а именно: 1. Суммарная вероятность всех состояний не зависит от времени, 2. Решение исходного уравнения после небольших колебаний сходятся к стационарному решению при $t \rightarrow \infty$. Более того, может быть получена верхняя оценка длительности процесса перехода к этому состоянию: решение достаточно близко к полученному из уравнения: $A \cdot \bar{P} = 0$ при $t \geq 3 \cdot \hat{\tau}_{max}$, где $\hat{\tau}_{max} = \frac{1}{2} \max_{1 \leq i \leq n} a_{ii}^{-1}$, a_{ii} - элементы матрицы $[A]$. В предыдущей модели получены явные выражения для всех элементов матрицы $[A]$ и, следовательно, такая оценка может быть весьма полезной. Численное решение ур-я: $\dot{P}/t/ = A \cdot \bar{P} /t/$ на компьютере не составляет труда. На рис.3 приведен пример такого решения для малонадежного СИ со следующими характеристиками: $\lambda_{Я} = 0,01$ [1/час], $\lambda_{с} = 0,02$ [1/час], $\lambda_{р} = 0,01$ [1/час], $\lambda_{рл} = 0,01$ [1/час], $\lambda_{вл} = 0,01$ [1/час], $\hat{\tau} = 1000$ час, $T_{пов} = 20$ час, $\hat{\tau}_{сп} = 50$ час, $T_{с} = 10$ час, $T_{рем} = 40$ час, $\alpha_{п} = 0,2$, $\beta_{п} = 0,01$, $\alpha_{с} = 0,1$, $\beta_{с} = 0,1$, $\beta_{р} = 0,1$. Начальные условия имели вид: $\bar{P} /0/ = /0,8; 0,2;$

0,0,0,0,0,0,0,0,0/. Имитационные модели десяти и шестнадцати состояний. Ур-е $\dot{P}/t = A \cdot \bar{P} / t$ / весьма упрощенно описывает отдельные состояния. Например, количество отремонтированных в единицу времени СИ предполагается пропорциональным количеству СИ, находящихся в ремонте, и обратно пропорциональным средней длительности ремонта. Такие упрощения допустимы при анализе на интервалах времени во много раз превосходящих длительности подобных процессов, т.е. при долгосрочном прогнозе или, в пределе, лишь при анализе стационарных состояний. Для среднесрочного анализа было преобразовано исходное управление и введено три типа состояний, по разному связывающие величины P/t , X/t , Y/t : Первое - "простое состояние": $Y/t = f \cdot S(\lambda, X/t, Y/t) = \lambda \cdot P/t$, Второе - "состояние с задержкой": $Y/t = f \cdot d(T, X/t, Y/t) = X(t-T)$, Третье - "состояние с ограниченным выходом": $Y/t = f \cdot C(\mu, X/t, Y/t) = \begin{cases} \dot{P}/t & \text{при } \dot{P}/t \leq \mu \\ \mu & \text{при } \dot{P}/t > \mu \end{cases}$ где: $\dot{P}/t = \frac{d}{dt} P/t$, μ - предельная пропускная способность состояния.

На рис.4 приведен граф переходов эксплуатируемого СИ из состояния в состояние, в котором сохранена структура связей и нумерация обозначений предыдущей модели: окружность - простое состояние, квадрат - состояние с задержкой, треугольник - состояние с ограниченным выходом. Уточнены выражения величин, входящих в преобразованные уравнения. На рис.5 приведен пример численного решения для этой модели при тех же значениях параметров и $\mu = 0,01 [1/\text{час}]$. Сравнение результатов показало насколько реалистичнее вторая модель обрабатывает задержки и ограничения пропускной способности. На рис.6 приведен пример численного решения для последней модели, но с другими значениями параметров: $\lambda = 0,001$, $\lambda c = 0,002$, $\mu = 0,002$, $T_c = 5\text{ч}$, $T_{рем} = 25\text{ч}$, $T_{пов} = 5\text{ч}$, $\alpha_p = 0,1$. Здесь для моделирования критической ситуации пре-

дложено, что начиная с $t=2400$ ч, в течение 150ч служба ремонта не принимала СИ. Модель позволяет оценить как связанное с этим падение K_g , так и время его восстановления до приемлемой величины.

Для более точного описания закона метрологического отказа СИ между состояниями P_1 , в котором погрешность СИ /при этом под погрешностью понимается мера разброса исходов измерительного эксперимента/ близка к нулю и состоянием метрологического отказа - P_2 введены три дополнительные состояния: S_{11}, S_{12}, S_{13} , отражающие различные степени погрешности СИ. Пример синтеза и использования модели приведены на рис.7-9.

4. Модель процесса метрологического обслуживания СИ

Сравнительный анализ систем МО СИ предприятий, НИИ и других объектов, где используются СИ /в том числе и войсковых/ как на Украине, так и за рубежом и их оценка по критериям оперативности, ритмичности, степени простоя СИ при обслуживании, простоя структурных подразделений СМО СИ, затрат на функционирование и потерь производства /не выполнения боевой задачи/ показал, что структура и организация взаимодействия элементов системы не в полной мере отвечают требованиям МО и требуют дальнейшего развития /вероятность нахождения СИ на месте применения в исправном состоянии, для некоторых типов СИ, не превышает $0,7 + 0,8$ при требованиях - $0,95+0,99$ и др./ . В условиях лимитирования ассигнований, времени, невозможности проведения натурных экспериментов решение вопросов организации функционирования МО СИ представляет сложную задачу, реализация которой возможна с использованием методов математического моделирования на ЭВМ. Анализ известных автору исследований, выполненных в стране и за рубежом, показал, что решению этой задачи уделено недостаточное внимание и, в частности, некоторые авто-

ры, говоря о системности подхода, выполнении декомпозиции целей и задач СМО СИ, на деле решали только частные задачи в этой области.

Модель позволяет определять рациональное число поверочных и ремонтных установок, партии приборов, поступающих на обслуживание, время, необходимое для обслуживания СИ, стратегию поступления и ухода СИ из метрологической службы. КОМБИНИРУЯ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ, СОСТАВЛЕН АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОБСЛУЖИВАНИЯ СИ /ЛОГИКО-РАСЧЕТНЫЙ/, КОТОРЫЙ РЕАЛИЗОВАН В ВИДЕ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ЭЕМ. В модели использован метод Монте-Карло, разработан генератор псевдо-случайных чисел. Построены области выбора количества поверочных и ремонтных рабочих мест по вышеназванным критериям для 8 тысяч и 6-ти тысяч СИ /рис.10/. При моделировании рассмотрены две дисциплины обслуживания: "Поверка-ремонт-поверка после ремонта /цикл закончен/", "Поверка-ремонт-поверка после ремонта-ремонт.....".

5. Модели выбора СИ по точности

Предназначены для определения оптимального количества измерений и выбора класса точности рабочих СИ, обеспечивающих минимальные затраты на измерение параметров качества выпускаемой продукции и рабочих СИ, а также класса точности образцового СИ по: классу точности контролируемого СИ /рабочего/; предельному значению вероятности ошибок 2-го рода; максимальному выходу значений контролируемого параметра за пределы границ поля технологического допуска у СИ, которые ошибочно признаны годными; максимальной доле фиктивно забракованных СИ из числа поступивших на поверку годных СИ.

5.1. Модель оценивания правильности выбора и эффективного использования СИ при контроле параметров из-

делий

Доверительный интервал нахождения действительного значения измеряемого параметра связан известной зависимостью с количеством измерений $|Z|$ и доверительной вероятностью P' / . В качестве критерия оптимальности измерений принята удельная информация $h_I / h_I = D/2$, которая названа информационной эффективностью измерений. Оптимальному классу точности СИ будет соответствовать максимальное значение h_I . Анализ информационной эффективности измерений показал, что СИ эффективно используется при количествах измерений $Z > 2$. При этом эффективное /в смысле h_I / использование СИ приводит к увеличению длительности измерений и неэффективной работе операторов. Решена задача определения такого количества измерений, которое приводит к эффективному использованию СИ и достаточно производительной работе операторов. Оптимальное число измерений определяют, минимизируя разработанную целевую функцию по Z . При пользовании моделью задаются: отношением стоимости измерений к стоимости СИ, коэффициентом надежности, допускаемой погрешностью измерений; получают: количество измерений - $Z_{\text{опт}}$, класс точности СИ / $\Delta / 6$ / /рис. II-13/.

5.2. Модель выбора образцовых СИ

Предназначена для выбора точностных характеристик образцовых СИ. О критериях выбора сказано выше, при этом основное значение имеют: предельное значение вероятности ошибок 2-го рода P_2 и максимальный выход значений контролируемого параметра за пределы границ поля технологического допуска $\delta_{\text{ма}}$ у СИ, которые ошибочно признаны годными. Ориентируясь на них, нужно выбирать рациональные соотношения погрешностей образцовых и поверяемых СИ и степень "сужения" контрольных допусков. При этом максимальная доля фиктивно забракованных СИ из

числа поступивших на поверку годных СИ /Рф.б/ имеет вспомогательное значение, т.е. она не должна быть чрезмерно большой. Она определяется по таблицам МИ 188-79. Данная модель используется в паре с предыдущей моделью.

6. Модель оценки рациональной номенклатуры контролируемых параметров

Модель основывается на статистически обоснованном исключении тех параметров, значения которых коррелированы со значениями параметров оставленных в числе контролируемых. Результатом решения задачи является определение условных вероятностей и сравнение их с допускаемыми значениями вероятностей ошибок контроля второго рода, зависящих от принятых метода и средств контроля исключаемого параметра. Требуется определить вероятность того, что если измеренное, в процессе контроля изделия, отклонение параметра X_1 лежит в границах заданных допусков, то и значение параметра X_2 также лежит в границах заданных для него допусков. Для модели необходимы: значения допусков на контролируемые параметры, количество контролируемых параметров, числовые характеристики распределений значений параметров в пределах заданных допусков при серийном изготовлении изделий - средними значениями \bar{X} , и с.к.о. - σ_{X_i} , видами распределений значений параметров, данными о наличии корреляционных связей между параметрами и значениями попарных коэффициентов корреляции $|r_{ij}|$, допускаемыми значениями вероятностей ошибок контроля P_{1D} , P_{2D} , матрицей попарных коэффициентов корреляции параметров R . Выходные данные определяют множество, элементами которого являются наборы индексов /номеров/ параметров рациональной номенклатуры. На стадии проектирования всех исходных данных может и не быть/виды и характеристики распределений значений параметров, зависящих от технологии изготовле-

ния изделий/, имея параметрическую модель изделия /техпроцесса/ можно судить о степени коррелированности тех или иных параметров. В начале модель позволяет сделать приближенные расчеты, которые по мере накопления статистических данных могут быть уточнены в процессе экспертизы конструкторско-технологической документации.

7. Модель прогнозирования возможного количества отказов СИ

Предназначена для вычисления коэффициентов полинома, аппроксимирующего зависимость между количеством поверявшихся и количеством СИ, отказавших ко времени поверки. Определение коэффициентов основывается на результатах обработки статистических данных с использованием как метода наименьших квадратов, как и процедуры обработки, использующую псевдообращение матриц. Последняя позволяет: уменьшить запаздывание по сравнению с методом наименьших квадратов, не наблюдается смещение оценок при увеличении шума в поступающих данных, т.к. не сказывается влияние шумов предыдущих этапов обработки и имеется возможность за счет обеспечения избыточности эффективно подавлять случайные компоненты шума в обрабатываемых последовательностях. Метод реализованный в последней процедуре является прямым и использует преимущества метода окаймления. При псевдообращении контролируется правильность вычислений на каждом шаге, используя условия Пенроуза.

8. Модель обработки статистических данных об отказах, поверке и ремонте СИ

Предназначена для учета и корректировки данных об отказах, поверке и ремонте СИ. Она позволяет также по мере накопления в базе данных /БД/ АСУ "Метролог" статистических данных корректировать статистические характеристики СИ и адаптировать

АСУ/АРМ/ к реальной обстановке конкретного предприятия. Модель использует сведения о: паспортной /Tс/ и средней /T₁/ наработке на скрытый отказ и ее стандартному отклонению /G_c/, паспортной /TQ/ и средней /S_Q/ наработке на явный отказ и ее стандартному отклонению, межповоротным интервале /TМ/, номера предыдущего скрытого отказа /NЗ/, date регистрации очередного скрытого отказа /последнего//D2/, номера предыдущего явного отказа /NQ/, date регистрации предыдущего явного отказа /D3/, date регистрации текущего явного отказа /последнего//SЗ/, date регистрации предыдущего скрытого отказа /D1/.

Алгоритм корректировки статистических данных об отказах, проверке и ремонте СИ состоит в следующем: 1/ Просматриваются все СИ, у которых $D2 > D1$. В обработку одного такого СИ входят следующие действия над данными: $TI = TI \cdot NZ + D2 - D1 // NZ - 1$, $Gc = \sqrt{(Gc^2 \cdot NZ + D2 - D1 - TI^2 // NZ + 1)}$, $NZ = NZ + 1$, $D1 = D2$; 2/ Аналогично для всех СИ, у которых $SZ > D3$, выполняются действия: $SQ = (SQ \cdot NQ + SZ - D3) / (NQ + 1)$, $GQ = \sqrt{GQ^2 \cdot NQ + (SZ - D3 - SQ^2) // (NQ + 1)}$, $NQ = NQ + 1$, $D3 = SZ$; 3/ Корректировка /выравнивание/ статистических характеристик выполняется в два прохода:

$$I / \begin{cases} N_{я} = \sum_i NQ_i, T_c = \sum_i NZ_i \cdot TI, \\ N_c = \sum_i NZ_i, D_{я} = \sum_i NQ_i \cdot GQ_i^2 \end{cases} \quad 2 / \begin{cases} NQ_i = N_{я} / n, NZ_i = N_c / n, \\ SQ_i = T_{я} / N_{я}, TI = T_c / N_c, \\ GQ_i = \sqrt{D_{я} / N_{я}}, GC_i = \sqrt{D_c / N_c}. \end{cases}$$

9. Модель оценки норм запасных частей СИ

Предназначена для определения номенклатуры и количества запасных элементов /ЗИП/, необходимых для полного обеспечения своевременного ремонта измерительных приборов в течение определенного времени их эксплуатации. Она оптимизирует затраты на ЗИП путем изменения количества запасных частей при заданной номенклатуре. Расчет практически сводится к определению такой совокупности ЗИП $K = /K_1, K_2, \dots, K_s /$, которая обеспе-

чила бы замену отказавших элементов в течение заданного времени эксплуатации t_p с вероятностью P/K не ниже требуемой $/a/$, т.е. должно соблюдаться условие: $P/K \geq a$. При этом суммарная стоимость ЗИПа должна быть минимальной, т.е.: $C/K = \sum_{i=1}^n C_i = \min$. Для модели необходимы следующие данные: Требуемая вероятность $/a/$ обеспечения ЗИПом группы приборов $/0,92 \pm 0,98/$, статистика по отказам и неисправностям СИ/или λ - характеристики/, стоимость элементов ЗИПа, количество элементов в группе приборов.

Ю. Модель информационной базы АСУ "Метролог"

Предназначена для отображения предметной области объекта управления, которым является метрологическое обслуживание СИ/МО СИ/. При этом использован реляционный подход в проектировании БД, предполагающего хранение данных в виде их отношений, связанных ассоциаторами связей. На основании входных документов/различных паспортов, характеристик, нормативов/, а также изделий определен состав и структура информационной базы в виде состава и схемы отношений данных. Расчет показал, что объем перерабатываемой информации только для решения информационно-справочных задач, например для парка СИ в Ю тысяч единиц, составляет порядка 20 млн. символов из расчета 150 реквизитов на одно СИ. При построении реляционной модели БД могут быть применены системы управления базами данных /СУБД/ адаптивного типа /"KARAT", "с/с ррег -5,1" и др./. База данных АСУ "Метролог" содержит: учетно-статистические данные о СИ, справочно-экономическую информацию о СИ, данные для работы моделей, выходные показатели и результаты работы моделей. Пример возможной структуры файлов приведен на рис. 14.

II. Модель оценки эффективности АСУ "Метролог"

Предназначена для моделирования процесса поступления и обслуживания заявок в АСУ "Метролог". Под реактивностью АСУ "Ме-

тролог" принимается величина обратная времени прохождения запроса λ/T_x : $\lambda = 1/T_x$. Для оценки эффективности АСУ "Метролог" - как информационно-справочной системы применяется отношение средней реактивности системы λ/\bar{y} к средним затратам \bar{z} на один запрос: $C = \frac{\lambda}{\bar{z}} = \lambda/T_x \cdot \bar{z}^{-1}$. Учитывая, что затраты распределяются между пользователями в АСУ "Метролог" пропорционально времени реализации запроса пользователей, т.е.: $\bar{z} = k \bar{T}_z$, где \bar{T}_z - среднее время реализации одной заявки. Тогда: $C = \lambda/T_x \cdot T_z^{-1}$. Проведены исследования зависимости C от различных параметров. В качестве метода выбран метод имитационного моделирования. В качестве рабочей нагрузки - поток заявок с распределением Пуассона. Время обслуживания также подчинено распределению Пуассона. Варьируя интервалом поступления заявок λ/T , временем подготовки ответа T_N , временем ответа на запрос T_T , длительностью сеанса SNS получены зависимости C от T, T_N, T_T , SNS от интервала поступления заявок λ/T , от $T + T_T$, от T_N, T_T . Выявлен $\max \lambda/T$. Модель позволяет планировать необходимый запас в пропускной способности, анализирует существующие избыточные запасы. Результаты исследований представлены на рис. I5 и рис. I6.

Проверка адекватности разработанных моделей и методик инженерного расчета осуществлена на этапах экспериментального апробирования и промышленного внедрения системы. Отклонение экспериментальных данных от теоретически рассчитанных значений не превышало 10 %, что с достаточной степенью точности подтверждает адекватность разработанных математических моделей реальным процессам МО СИ.

Математическое обеспечение АСУ "Метролог" /АРМ "Метролог" / представляет собой набор математических методов решения задач обслуживания СИ, реализующих рассмотренные выше модели функционирования метрологических служб предприятий и формализованных в виде процедур программного обеспечения расчета выходных показателей, характеризующих состояние метрологического обеспечения предприятия. Один из вариантов информационно-функциональной структуры АСУ "Метролог" /АРМ "Метролог" / представлен на рис. 17. В процессе исследований существующей функциональной структуры системы метрологического обслуживания СИ/СМО СИ/, схемы решения задач системы, организационной структуры предприятия, строится ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСУ МО СИ. Целью такой модели является определение информационных потоков, уточнение связей между задачами, классификация источников и потребителей информации. Это придает системе АДАПТИРУЕМОСТЬ под конкретное предприятие. Далее на основании информационной модели АСУ МО СИ и, исходя из структуры и функций компонент информационно-справочной системы строится информационное и программное обеспечение АСУ "Метролог" /АРМ/. База данных/БД/ подвержена воздействиям существующей системы метрологического обеспечения, на которую может поступать информация и с АРМ "Поверитель" /результаты обслуживания СИ/ и обратно. Программное обеспечение производит расчеты выходных показателей СМО, состав и представительность которых, а также критерии оценки оптимальности поступает со стороны моделей. Меню-интерфейс содержит перечень выполняемых функций и решаемых задач. По каждой функции может быть выдана справочная информация. Для решения конкретных задач, в том числе и получения необходимых выходных документов составляется запрос на их выполнение.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели: оценки уровня метрологической надежности СИ и определения параметров СМО СИ; процесса эксплуатации СИ с учетом конкретных условий применения; процесса метрологического обслуживания СИ /имитационная модель/; оценивания правильности выбора и эффективного использования рабочих СИ при контроле параметров изделий и технологических агрегатов; оценки эффективности АСУ "Метролог"; прогнозирования возможного количества отказов СИ; обработки статистических данных процесса поверки и ремонта. Разработаны методики для ЭВМ: выбора образцовых СИ; оценки рациональной номенклатуры контролируемых параметров; оценки норм запасных частей СИ. Развита теория метрологической надежности СИ, как одного из основных свойств, находящихся на стыке технических и потребительских свойств СИ и системой МО технических измерений.

2. Разработаны методики инженерного расчета: межповерочных интервалов для рабочих СИ, количества поверочных и ремонтных рабочих мест, уровня метрологической надежности СИ /по предложенным показателям/, уровня метрологического обеспечения, эффективности внедрения АСУ "Метролог", эффективности информационно-справочной системы, надежностных характеристик СИ до начала их эксплуатации и в процессе эксплуатации, и обработки статистических данных процессов обслуживания приборов.

3. Разработаны база данных, алгоритмы и нормативные документы для решения задач МО СИ, которые в совокупности с техническими средствами подготовки, ввода, обработки и хранения информации обеспечивают автоматизированный учет, контроль и планирование парка СИ в АСУ "Метролог"; в чем нашел отражение системный подход.

4. На основании применения математических моделей на этапе промышленного внедрения при использовании реальных исходных данных получены аналитические зависимости и рекомендации для конкретных предприятий по характеристике СМО СИ и СИ, видам обслуживания, в том числе по количеству контролируемых параметров и др. Установлен закон распределения вероятностей для межремонтного интервала.

5. Полученные результаты исследований и разработок внедрены на ряде предприятий, НИИ, организаций Украины и стран СНГ. /в том числе на Днепропетровском машиностроительном заводе -г.Днепропетровск, НИИ РФ им.акад.Расплетина А.А.-г.Москва, ступинском металлургическом комбинате -г.Ступино, Московской области, Заводе ВЭФ-г.Рига, авиаремонтном заводе-г.Белая Церковь, Киевская область и др./.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Игнаткин В.У. и др. Автоматизация метрологического обслуживания средств измерений промышленного предприятия. -М.:Изд-во стандартов. -1988. -208с.
2. Игнаткин В.У. и др. Оценка, контроль и прогнозирование метрологической надежности средств измерений. -М.:Изд-во стандартов. -1991. -190с.
3. Игнаткин В.У. Методические рекомендации "АСУ"Метролог", -Днепропетровск.Общество "Знание". -1978. -12с.
4. Игнаткин В.У. Автоматизация метрологического обслуживания средств измерений на промышленном предприятии /методическое пособие/. -М.:МРП. -1990. -96с.
5. Игнаткин В.У. Использование ЭВМ для учета деятельности метрологической службы предприятия //Экономика и организация машиностроительного производства. -1975. -с.76-81.
6. Игнаткин В.У. Определение межповерочных интервалов средств

измерений по конкретным статистическим данным процесса повек //Динамика систем и устройств автоматического управления. -1975. -с.155-161.

7. Игнаткин В.У. Автоматизированная система контроля, учета и планирования деятельности метрологической службы предприятия //Управляющие системы и машины. -1976. № 2.-с.135-136.

8. Игнаткин В.У. Некоторые вопросы моделирования и оптимизации работы метрологических служб промышленных предприятий //Управляющие системы и машины. -1978. № 2.-с.20-25.

9. Игнаткин В.У. Определение оптимального межповерочного интервала однотипных средств измерений//Приборы и устройства электротехники и электроники. -1978. -с.92-94.

10. Игнаткин В.У. Моделирование и оптимизация процесса измерений с помощью ЭВМ// Приборы и устройства электротехники и электроники. -1978. -88-91.

11. Игнаткин В.У. Методические вопросы разработки и внедрения АСУ "Метролог"//Автоматизированные системы государственной метрологической службы. -1986. -с.10-16.

12. Игнаткин В.У. Методические вопросы разработки и внедрения АСУ "Метролог"// Метрологическая служба в СССР. -1986. -с.28-33.

13. Игнаткин В.У. и др. Опыт разработки и внедрения подсистемы АСУП "Метролог"//Обмен опытом в радиопромышленности. -1985. -с.9-11.

14. Игнаткин В.У. Определение и анализ зависимостей показателей надежности средств измерений //Измерительная техника. -1988. -с.11-13.

15. Игнаткин В.У. Оптимизация параметров метрологического обслуживания средств измерений//Метрологическое обеспечение разработки, производства и эксплуатации средств измерений. -1989. -с.80-84.

16. Игнаткин В.У. Корректировка по критерию минимума затрат на метрологическое обслуживание ОСИ//Межпериодические интервалы образцовых средств измерений. Методика определения и корректировки/методические указания/. "Государственная система обеспечения единства измерений".-1988.-с.60-72.
17. Игнаткин В.У. Система автоматизированного управления метрологического обслуживания СИ на промышленном предприятии// Повышение эффективности метрологического обеспечения на основе применения ЭВМ.-1988.-с.18-19.
18. Игнаткин В.У. Оптимизация параметров метрологического обслуживания средств измерений//Деп.в ВИНТИ.-1983.№9.Б/О 469.
19. Игнаткин В.У. Определение и обоснование критерия оценки эффективности информационно-справочной системы коллективно-го пользования//Сб.рефератов депонированных рукописей НИИЭИР /рег.3-8379.14.ХП.87/,1988, вып.2, ВИМИ.
20. Игнаткин В.У. Реализация АСУ "Метролог" средствами диалоговой системы обработки данных "ДИСОД"//Сб.рефератов депонированных рукописей НИИЭИР/рег.3.-8380,14.ХП.87/, 1988, вып.2, ВИМИ.
21. Игнаткин В.У. АСУ "Метролог" - подсистема интегрированной автоматизированной системы управления//Деп.в ВИНТИ.-1983. № 9. Б/О 469.
22. Игнаткин В.У.Исследование метрологических аспектов обеспечения эффективности производства и качества продукции// Метрологическое обеспечение производства и аппаратура контроля качества в приборостроении.-1978.-с.3-4.
23. Игнаткин В.У. Некоторые вопросы моделирования и оптимизации процессов, происходящих при работе метрологических служб промышленных предприятий, с помощью ЭВМ//XXXIII Всесоюзная научная сессия, посвященная дню Радио.-М.:Советское радио.-

1978.-с.52-53.

24. Игнаткин В.У. Автоматизированная система учета, оперативно-го управления и планирования деятельности метрологической службы //Проблемы метрологического обеспечения систем обработки измерительной информации/СОИИ-IV/.-1982.-с.210-211.

25. Игнаткин В.У. Из опыта разработки и внедрения АСУ "Метролог" //Метрология в радиоэлектронике.-1984.-1984.-с.219-220.

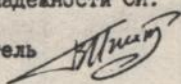
26. Игнаткин В.У. АСУ метрологического обслуживания предприятия/АСУ-Метролог/:Опыт разработки и внедрения//Проблемы метрологического обеспечения систем обработки измерительной информации /СОИИ-V/.-1984.-с.7.

27. Игнаткин В.У. Оптимизация параметров метрологического обслуживания средств измерений//Проблемы метрологического обеспечения систем обработки измерительной информации /СОИИ-V/.-1984.-с.7.

Личный вклад

В работах I,2,I3, выполненных в соавторстве соискатель поставил задачу, разработал общую методологию, модели, алгоритмы и программы, оптимизирующие на ЭВМ решение типовых задач МО СИ при преобладающей его доли, развил теорию метрологической надежности СИ. В работе 5 поставлена задача в ее первичной интерпретации, которая в дальнейших работах дополнялась и реализовывалась с системных позиций с разработкой оригинальных моделей и реализующих их процедур для ЭВМ в рамках дополненной теории метрологической надежности СИ.

Соискатель



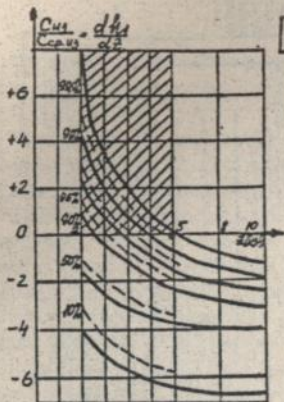


Рис. 12

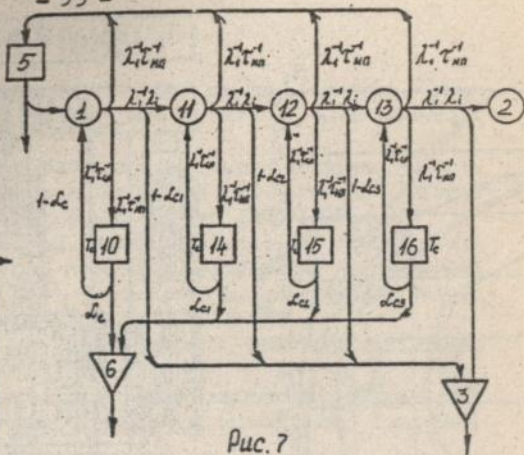


Рис. 7

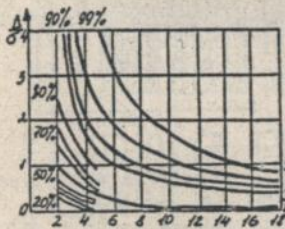


Рис. 13

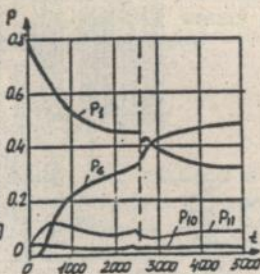


Рис. 8

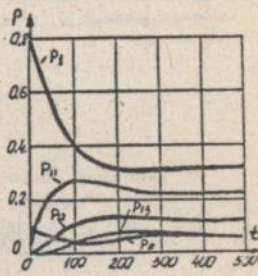


Рис. 9

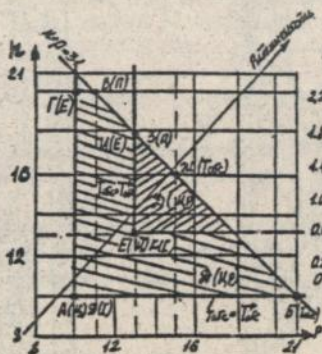


Рис. 10

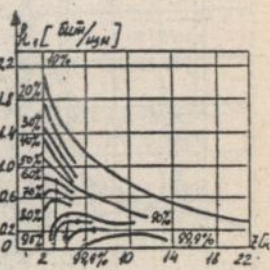


Рис. 11

АНОТАЦІЯ

Ігнаткін В.У. "Формалізація та розв'язання основних задач метрологічного обслуговування засобів вимірювання в автоматизованих системах".

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.15 "Метрологія та метрологічне забезпечення". Інститут електродинаміки Національної академії наук України. Київ. 1994 рік.

Захищається рукопис дисертації, основні результати якої опубліковані в 27 наукових працях, що містять теоретичні дослідження метрологічної надійності засобів вимірювання (ЗВ), її залежності від характеристик відмов ЗВ параметрів метрологічного обслуговування ЗВ (МО ЗВ).

Проведена формалізація та оцінка процесів МО для розв'язання основних задач МО ЗВ в межах АСК "Метролог".

Встановлено зокрема, що заданий рівень вірогідності показань ЗВ завжди можливо забезпечити вибором відповідного значення межперевірочного проміжку (МПП).

Завершене промислове впровадження розроблених методів, алгоритмів та процедур рішення у АСК "Метролог", наявні акти запровадження підтверджують ефективність отриманих результатів.

ANOTATION

Ignatkin V.U. "Formalization and solution of basic problems of metrological servicing of facilities measurements in automatic systems"

Dissertation is submitted for obtaining doctor's degree on speciality 05.11.15 "Metrology and metrological provision". Institute of Electrodynamics of National academy of Science. Kiev. Ukraine. 1994 year.

The essential (basic) results of subtitled manuscript works, which contain theoretical researches of metrological reliability of facilities measurements (F.M.), its dependence upon failure characteristics of metrological servicing FM and parameters of metrological servicing FM (MS FM).

Formalization and estimation of processes of MS for solution of basic problems MS FM on the basis of automatic control system (AC.S) "Metrolog" have been made.

It was proved that present authenticity level of FM indications can be always provided by correct choice of corresponding value of interchecking interval (II).

The industrial inculcation of worker out methods, algorithms and procedures of solution of problems has been accomplished on the basis of ACS "Metrolog" (Certificates of industrial inculcation are attached).

Ключові слова:

Метрологічне обслуговування засобів вимірювання (МО ЗВ), метрологічна надійність, прихована та неприхована відмова, імітаційне моделювання, коефіцієнти готовності, вірогідності, АСК "Метролог".

Подписано к печати 23.11.94г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная Усл.-печ.лист.20 Уч.-изд.лист 2,0.
Тираж 100.Заказ 562.

Полиграф. уч-к Института электродинамики АН Украины,
52057, Киев-57, проспект Победы, 56.

455040

AB 31.573

AB 31.573