

**Головкова Елена Александровна,**

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: temnikova\_ea@bk.ru

**Мазур Владимир Геннадьевич,**

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,

e-mail: systems-ntfs@mail.ru

**Гапотченко Виолетта Павловна,**

e-mail: violettagap@yandex.ru

**Кузнецов Дмитрий Сергеевич,**

e-mail: dkuznetsov@mail.ru

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Golovkova E.A., Mazur V.G., Gapotchenko V.P., Kuznetsov D.S.**

## **DEVELOPMENT OF A MANAGEMENT SYSTEM FOR METROLOGICAL SUPPORT OF THE ENTERPRISE**

**Аннотация.** Перечислены основные процессы, связанные с метрологическим контролем на производстве, описаны компоненты и функциональные возможности программной системы управления метрологическим обеспечением на предприятии, представлены интерфейс системы и схема базы данных, сформулирована проблема логического вывода исчисления предикатов и приведены пример работы. Пролог-программы и результат запроса к базе знаний, сформулирована цель дальнейших исследований

**Ключевые слова:** поверка, калибровка, средства измерений, диаграмма компонентов, программная система, база знаний, база данных, исчисление предикатов, альтернативы управления.

**Annotation.** The main processes related to metrological control in production are listed, the components and functionality of the metrological software management system at the enterprise are described, the system interface and database schema are presented, the problem of logical inference of predicate calculus is formulated and an example of the work of the Prologue program and the result of a query to the knowledge base are given, the purpose of further research is formulated.

**Keywords:** verification, calibration, measuring instruments, component diagram, software system, knowledge base, database, predicate calculus, control alternatives.

В настоящее время с целью оптимизации и повышения эффективности технологических процессов на современном производстве используются автоматизированные системы управления, в которые входит различное электронное оборудование. При нормальной эксплуатации такого оборудования необходимо соблюдать метрологические требования и правила, осуществлять регулярный контроль параметров и характеристик объектов производства, а также выпускаемой продукции. Поэтому на предприятиях создаются специальные метрологические службы (отделы), которые отвечают за метрологическое обеспечение производства в том числе за анализ состояния, поверки и калибровки средств измерения (СИ), установление номенклатуры измеряемых величин и использование СИ соответствующей точности, а также многое другое [1].

Все эти процедуры сопровождаются различными документами (инструкциями, журналами регистрации, отчётами, протоколами и пр.), чтобы ускорить процесс электронного документооборота, снизить объем бумажной волокиты и снизить количество ошибок, связанных с проведением и заполнением документов в процессе калибровки/поверки средств измерений, была разработана программная система на языке C#, которая:

- формирует перечень наименований и операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого СИ;
- формирует перечень вспомогательного оборудования, которое необходимо для удобства и безопасности проведения измерений выбранным СИ учитывая внешние факторы;
- предоставляет сведения о необходимости проведения первичной/периодической калибровки СИ;
- формирует перечень и способы выполнения работ, которые необходимо провести перед калибровкой СИ;
- формирует требования к поверителю (поверяющей организации);
- позволяет заполнять и выводить на печать протокол по результатам калибровки/поверки СИ.
- позволяет осуществлять мониторинг процесса поверки и калибровки.

На рисунке 1 представлена диаграмма компонентов системы.

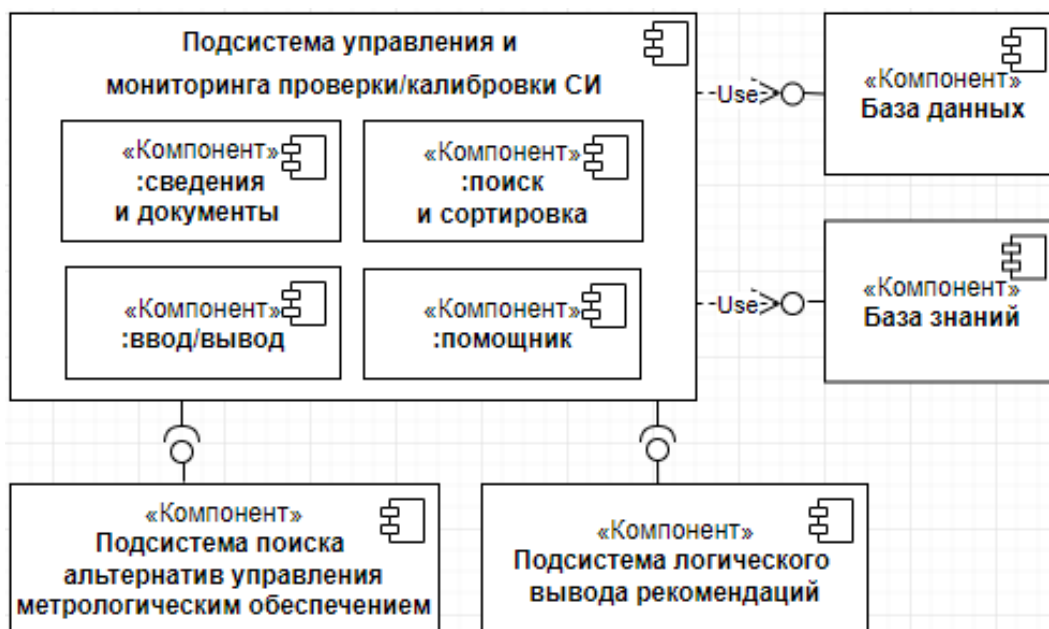


Рисунок 1 – Диаграмма компонентов системы

В состав системы входят: «Подсистема управления и мониторинга поверки/калибровки СИ» [2], интерфейс которой представлен на рисунках 2 и 3; «Подсистема поиска альтернатив управления метрологическим обеспечением»

[3]; реляционная база данных (БД), схема которой представлена на рисунке 4; база знаний (БЗ), фрагмент реализации запросов к которой представлен на рисунке 5; «Подсистема логического вывода рекомендаций», интерфейс которой находится в разработке, поскольку на данном этапе логический вывод осуществляется на языке Prolog в консоли.

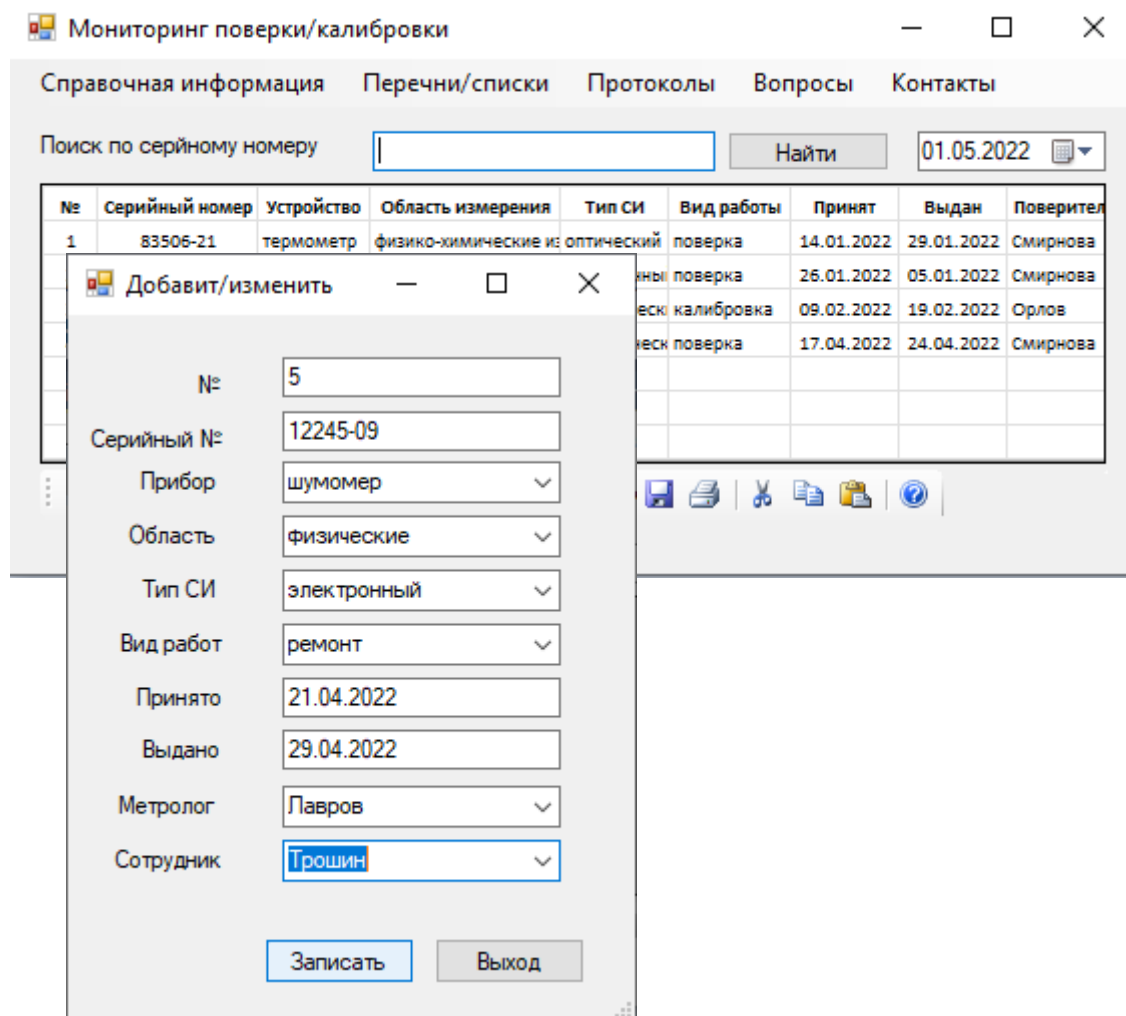


Рисунок 2 – Интерфейс электронного журнала

Подсистема управления и мониторинга поверки/калибровки СИ включает:

- электронный журнал выдачи и приема СИ, который содержит в себе сведения о типе, области измерений, заводском номере технического средства; его дате сдачи/выдачи; лице, принявшем/выдавшем СИ;
- электронный журнал регистрации операций калибровки, который включает в себя перечень наименований и операций по определению действительных значений метрологических характеристик калибруемого средства измерения, а также сведения о необходимости проведения первич-

ной/периодической калибровки; разделы, подразделы методик калибровки из государственного стандарта;

– электронная форма протокола калибровки/поверки СИ, которая формируется по заданному шаблону при условии заполнения всех необходимых полей. Электронная форма включает в себя: наименование и тип технического средства (ТС), серийный номер ТС, рабочий диапазон температур ТС, условное обозначение, наименование владельца СИ, данные измерений, заключение о годности, дату калибровки, данные «поверителя». После заполнения необходимых сведений формируется форма по заданному шаблону (хранение протокола калибровки и компьютерные записи допускаются).

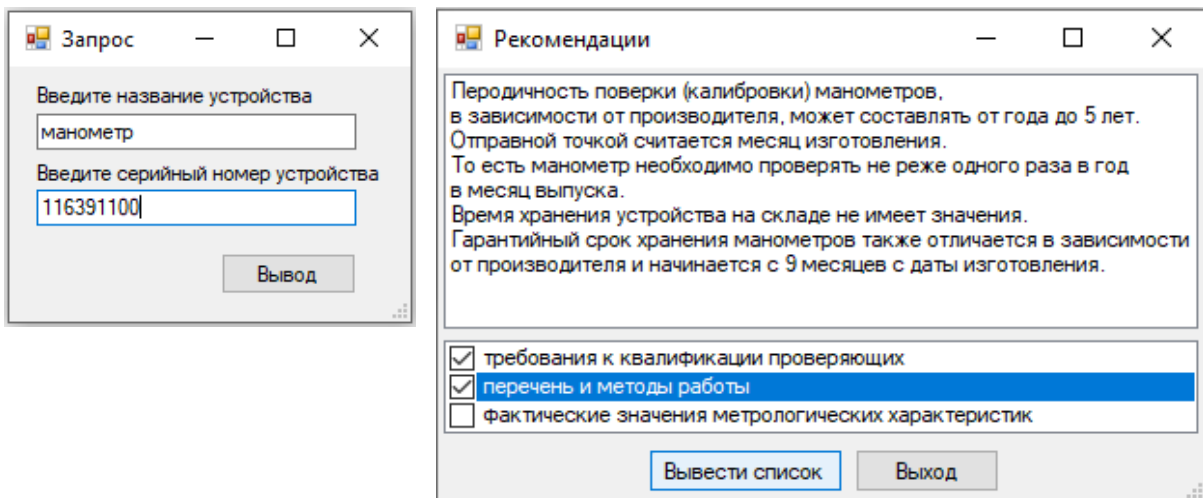


Рисунок 3 – Перечень рекомендаций, связанных с периодичностью проведения поверки/калибровки манометра

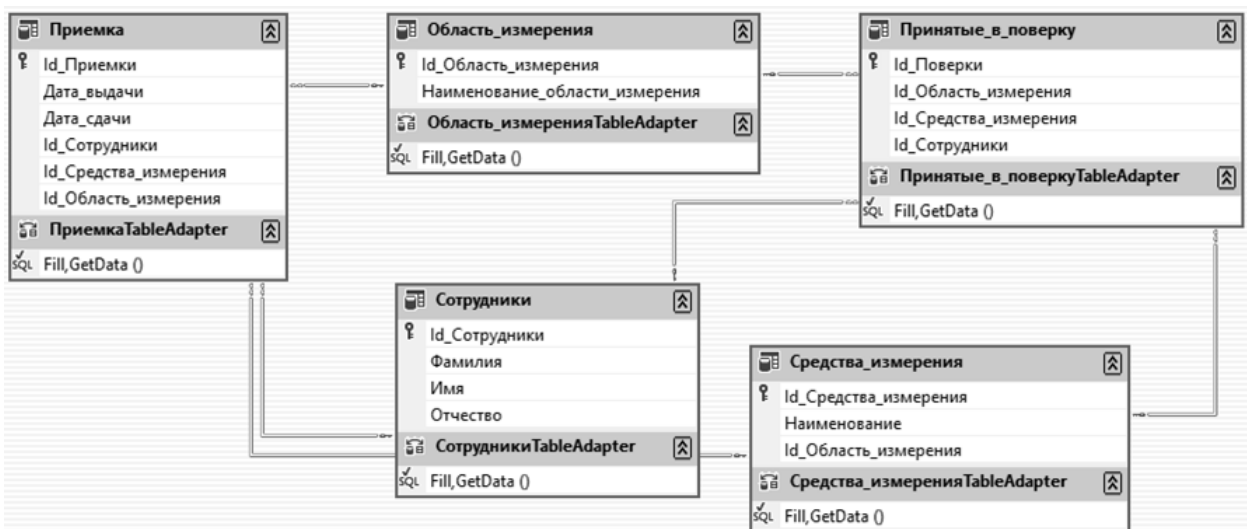


Рисунок 4 – Схема базы данных

```

SWI-Prolog (AMD64, Multi-threaded, version 8.4.1)
File Edit Settings Run Debug Help

For online help and background, visit https://www.swi-prolog.org
For built-in help, use ?- help(Topic). or ?- apropos(Word).

?-
% c:/Users/Елена/Documents/Prolog/l.pl compiled 0.00 sec, 9 clauses
?- hygrometer(X,Y).
X = verification,
Y = '1 time in 1-2 years'.

?- verification(X,Y).
X = 'stage 1',
Y = 'submission of an application for verification/admission of experts to MI' ;

X = 'stage 2',
Y = 'conducting a visual inspection of the measurement system' ;
X = 'stage 3',
Y = 'on-site verification/removal of MI to the laboratory' ;
X = 'stage 4',
Y = 'implementation of verification on special equipment' ;
X = 'stage 5',
Y = 'issuance of a ready-made expert opinion'.

?-

```

Рисунок 5 – Фрагмент реализации запросов к базе знаний

Логические выводы в базе знаний осуществляются с помощью языка Prolog, в основу которого положено исчисление предикатов (ИП), соответственно вся информация в базе знаний (БЗ) хранится в виде предикатов и правил, которые отражают какой-либо факт, как отношение или свойство некоторых сущностей [4].

Исчисление предикатов представляет собой аксиоматическую систему, построенную согласно формальной теории  $F = (A, V, W, R)$ , где  $A$  – это алфавит, который содержит:

- индивидные константы ( $a, b, c, \dots, k$ );
- предметные переменные ( $x, y, z, \dots, u$ );
- функциональные константы ( $f, g, h, \dots, w$ );
- высказывания ( $p, q, r, s, \dots, l$ );
- предикатные константы ( $P, Q, R, \dots, V$ ).

В какой-то степени ИП является продолжением исчисления высказываний, поэтому в составе его алфавита есть связки  $\wedge, \vee, \neg, \rightarrow, \equiv$  и добавлены кванторы  $\forall, \exists$ , а также множество синтаксических правил ( $V$ ) и базовых аксиом ( $W$ ).

Для формирования «решения» используются правила вывода ( $R$ ) в ИП: подстановки; заключения; специализации, которое учитывает свойства кванторов. Суть последнего правила в следующем: если ППФ  $\forall xP(x)$  истина и  $b$  – некоторая константа, то  $P(b)$  также истина, то есть справедливо  $\forall xP(x) \rightarrow P(b)$ . Например, имеются выражения  $\forall x(P(x) \rightarrow Q(x))$  и  $P(b)$ . Если они истины, то применяя правило специализации, получим ряд теорем:

$$\forall x(P(x) \rightarrow Q(x)), \text{ (специализация),}$$

$$\text{То есть } P(b) \rightarrow Q(b).$$

Пример выполнения Пролог-программы представлен в виде дерева вывода на рисунке 6.

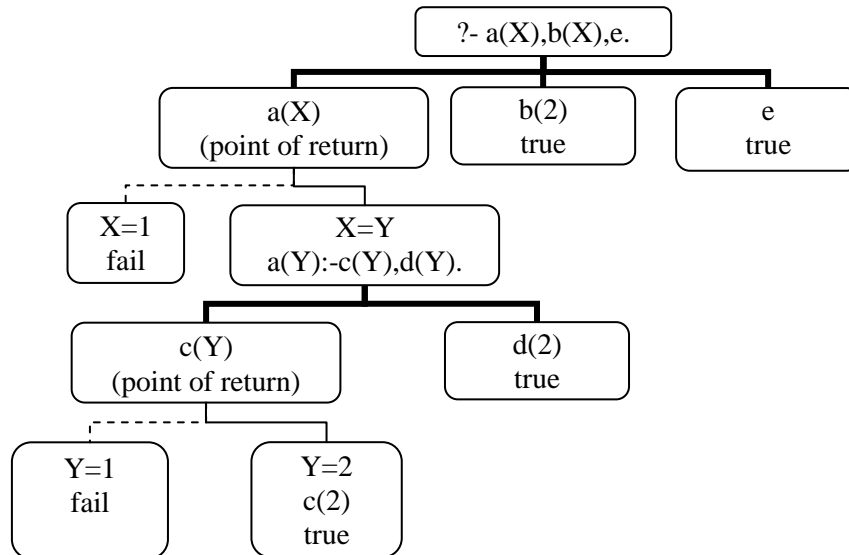


Рисунок 6 – Дерево вывода, демонстрирующие пример выполнения Пролог-программы

Проблема вывода в ИП сводится к решению вопроса: является ли формула В логическим следствием множества формул {E}, то есть к проблеме дедукции. Решается она через доказательство теоремы дедукции с учётом действий со связанными и свободными переменными. Поэтому возникает ещё одна проблема – определения значимости той или иной формулы, которую можно решить следующими способами: оценка с помощью таблицы истинности; через преобразование, упрощение и приведение к нормальным формам; путём логического вывода из системы аксиом; методами редукции или опровержения. Однако самым эффективным является метод резолюций [5].

В результате исследования была разработана программная система, которая предназначена не только для сопровождения процедур проверки и калибровки СИ, а также способная выбирать альтернативы управления метрологическим обеспечением предприятия [3], что способствует ускорению и упрощению работы метрологической службы (отдела).

Дальнейшие исследования направлены на усовершенствование системы, а также решение вопросов, связанных с интеграцией базы знаний и логической системы вывода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Худоногова, Л. И.** Разработка системы для дистанционной калибровки средств измерений на основе использования технологических возможностей программной среды /Л. И. Худоногова. – Текст: непосредственный // Вестник науки Сибири. – 2013. – № 4 (10). – С. 115–119.
2. **Головкова, Е. А.** Информационная система сопровождения работ по поверке и калибровке средств измерений / Е. А. Головкова, В. П. Гапотченко. – Текст: непосредственный // Современные технологии и научно-технический прогресс: Междунар. научн.-техн. конф. имени проф. В. Я. Баденикова. – Ангарск: АНГТУ, 2021. – С. 116–117.
3. **Головкова, Е. А.** Программа поиска альтернативы управления метрологическим обеспечением предприятия / Е. А. Головкова. – Текст: непосредственный // Материалы XV Международной научно-технической конференции «АПЭП». – Новосибирск: НГТУ. – С. 658–661.
4. **Долженкова, М. Л.** Вывод следствий в исчислении предикатов с построением схемы вывода / М. Л. Долженкова, Д. А. Страбыкин, Г. А. Чистяков, В. Ю. Мельцов. – Текст: непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 3. – С. 47–54.
5. **Темникова, Е. А.** Онтологическое моделирование предметной области учреждения дополнительного профессионального образования / Е. А. Темникова, В. С. Асламова, О. Г. Берестнева. – Текст: непосредственный // Онтология проектирования. – 2015. – Т.5. – № 4(18). – С.369–386.