

Параметры зондирующего импульса  $U_0$ ,  $U_1$  и  $\tau_0, \tau_1$  как раз и несут такую информацию.

Реализация обобщенного выражения (1) сравнительно легко осуществить на основе современных микропроцессорных контроллеров, а коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  определяются экспериментально для каждого нового материала.

Что касается обратной функции  $F$ , то вначале находится зависимость  $F(W)$ , которая с помощью процессора линеаризуется на отдельных участках (кусочно-линейная аппроксимация), а корректирующие коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  заносятся в память процессора.

Для случая резаного табака зависимость параметра  $F$  от влажности при температуре  $20^\circ\text{C}$  на длине волны  $\lambda = 20$  см можно аппроксимировать выражением:  $F = 0,0622 \exp 0,1042W$ , откуда  $W = 9,596929 \ln(16,077F)$ .

В заключение можно отметить, что комбинированные СВЧ-акустические методы позволяют существенно повысить точность измерения влажности материалов переменной плотности в тех случаях когда комплексирование функций преобразования на базе только микроволновых методов не приносит требуемых результатов.

#### Литература

1. Лисовский В.В. «Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов» – Минск: БГАТУ, 2005.-292с.
2. Ценципер, Б.Л. Инвариантные параметры в СВЧ-влажнометрии / Б.Л. Ценципер // Методы и средства автоматического управления и контроля в сельскохозяйственном производстве. – Горки, 1995. – С. 78–87.
3. Igor Renhart, Boris Tsentsiper, Dielectric Properties of Bulk Materials and Restrictions to the Application of Two-Parameter Microwave Aquametry. 6Th International Conference on «Elektromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances». –Weimar, Germany, 2005.– pp. 481–488.
4. Байлук Н.Д., Басюк Е.И., Булко М.И., Занкевич В.А., Лисовский В.В., Сизов В.Д. «Ультразвуковой метод измерения влажности зерна» // Инженерный вестник. 2008, №1.(25) – С63-67.
5. Лисовский В.В. Патент РБ № 16009 «Способ измерения влажности материалов переменной плотности». (опубл.30.06.12).

УДК 682.62.018.012

### ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА КВАЛИМЕТРИИ

*Воробьев Н.А.*<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент,

*Соколовский С.С.*<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент, *Ильянов Р.В.*<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск)

Целью работы является повышение эффективности проектирования оптимизированных методик выполнения измерений (МВИ) путем автоматизации отдельных процедур, выполняемых в ходе проектирования и квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ.

Актуальность поставленной цели обосновывается тем, что при запуске в производство изделий в комплекс работ по подготовке производства входит и метрологическая подготовка производства. Ключевым аспектом метрологической подготовки производства является проектирование МВИ. Важность этой задачи определяется тем, что от качества разработанной методики зависит качество последующих измерений. На основании анализа

общего алгоритма разработки МВИ, вытекающего из ГОСТ 8.010, были определены те задачи, решение которых может быть автоматизировано. Эти задачи выделены на блок-схеме алгоритма, представленной на рисунке 1.

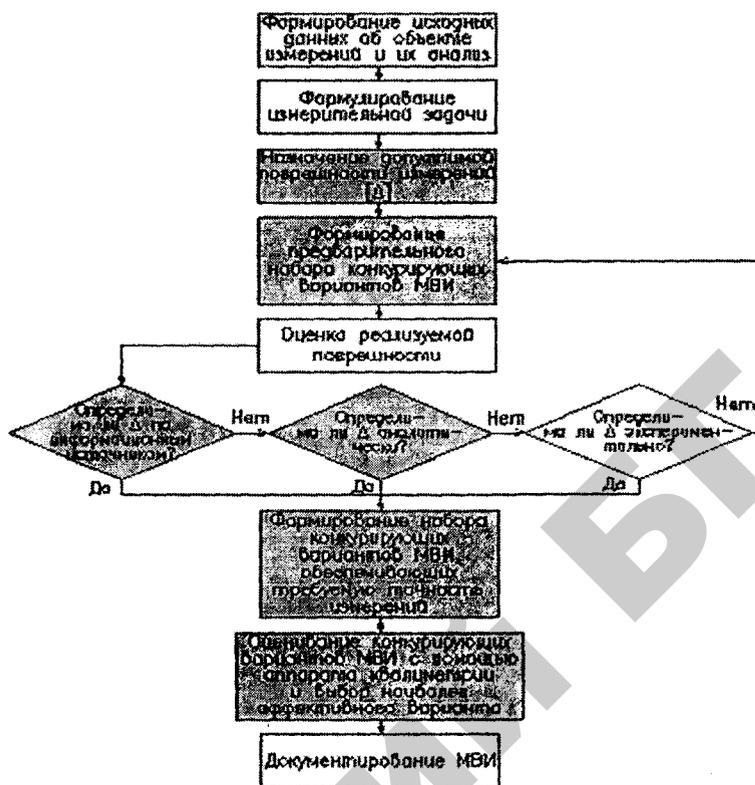


Рисунок 1 – Алгоритм проектирования МВИ

В соответствии с поставленной целью работы и на основании анализа алгоритма разработки МВИ исследование проводилось по следующей схеме.

Его первый этап был направлен на определение общей структуры системы автоматизированного проектирования оптимизированных МВИ, удовлетворяющей цели исследования. В результате были определены основные модули, входящие в эту структуру и их взаимосвязи. Результаты этой работы представлен на рисунке 2. Было решено включить в систему 4 основных модуля, совместное функционирование которых должно осуществляться по следующей схеме.

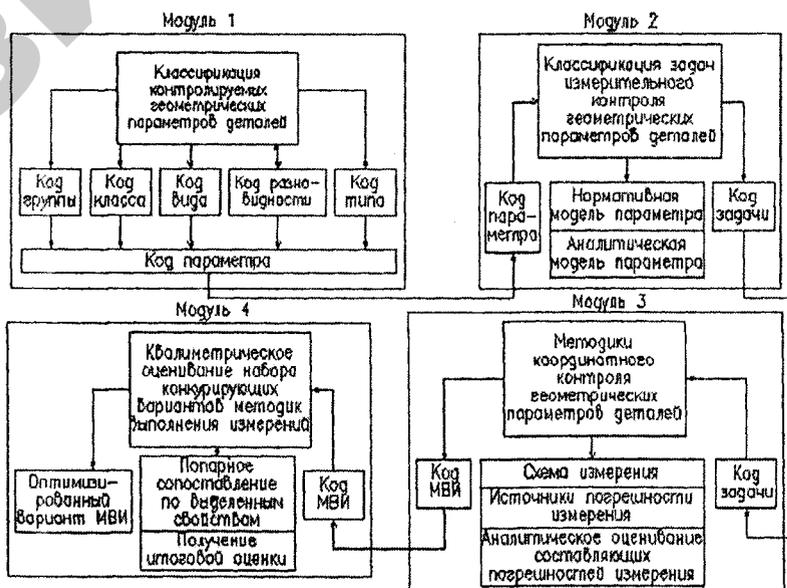


Рисунок 2 – Структура системы автоматизированного проектирования оптимизированных МВИ

В первый модуль должна поступать исходная информация об измерительной задаче, подлежащей решению, на основании которой ей должен быть присвоен определенный код. Этот код, отражающий принципиальные особенности измерительной задачи, должен поступать на вход второго модуля, где на основании присвоенного рассматриваемой измерительной задаче кода должны строиться нормативная и аналитическая модель измеряемого параметра, выступающие в качестве основы для проектирования МВИ. Эта информация должна поступать на вход третьего модуля, задачей функционирования которого является формирование набора конкурирующих вариантов схемных решений измерительной задачи и соответствующих методик выполнения измерений, а также аналитическое оценивание составляющих погрешностей измерения. Четвертый модуль системы, так называемый квалиметрический модуль, является завершающим и он предназначен для проведения квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ, сформированных в третьем модуле, по выделяемым проектировщиком основным свойствам, определяющим качество измерений. Итогом этой работы должно быть определение наиболее эффективного или оптимизированного варианта МВИ. Критерием оптимизации при этом должно быть получение максимального значения комплексной обобщенной квалиметрической оценки, объединяющие в себе частные оценки ряда свойств, определяющих качество МВИ.

После того как была определена общая структура системы автоматизированного проектирования МВИ дальнейший процесс проектирования был направлен на разработку отдельных модулей. В процессе проектирования первого модуля была разработана система классификации и принципы кодирования геометрических параметров деталей. В основу такой классификации была положена классификация отклонений формы и расположения поверхностей деталей в соответствии с ГОСТ 24642.

Дальнейшая работа была направлена на формирование базы данных «Измерительные задачи», фрагмент которой представлен на рисунке 3 в виде таблицы.

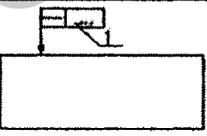
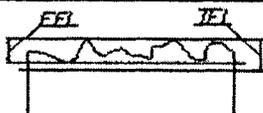
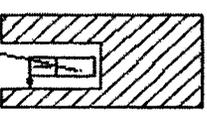
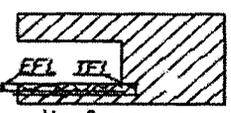
Разновидность	Код разновидности	Тип параметра	Код типа	Нормативная модель параметра	Графическая интерпретация нормативной модели	Код задачи
1	2	3	4	5	6	7
Отклонения от прямолинейности плоских поверхностей	А	Отклонение от прямолинейности плоских наружных поверхностей	а			2-1-1-A-a
		1-значение допуска прямолинейности, мм		Условия задности: EFL-TFL где EFL-отклонение от прямолинейности; TFL-допуск прямолинейности		
		Отклонение от прямолинейности плоских внутренних поверхностей	б			2-1-1-A-b
		1-значение допуска прямолинейности, мм		Условия задности: EFL-TFL где EFL-отклонение от прямолинейности; TFL-допуск прямолинейности		

Рисунок 3 – Структура базы данных «Измерительные задачи»

Следующим этапом проводимого исследования было формирование базы данных «Методики выполнения измерений». Завершающим этапом исследования была разработка программного обеспечения квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ.

В соответствии с этим порядком было разработано программное обеспечение для осуществления квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ согласно основным аспектам функционирования данного модуля и алгоритм получения обобщенной оценки качества МВИ.

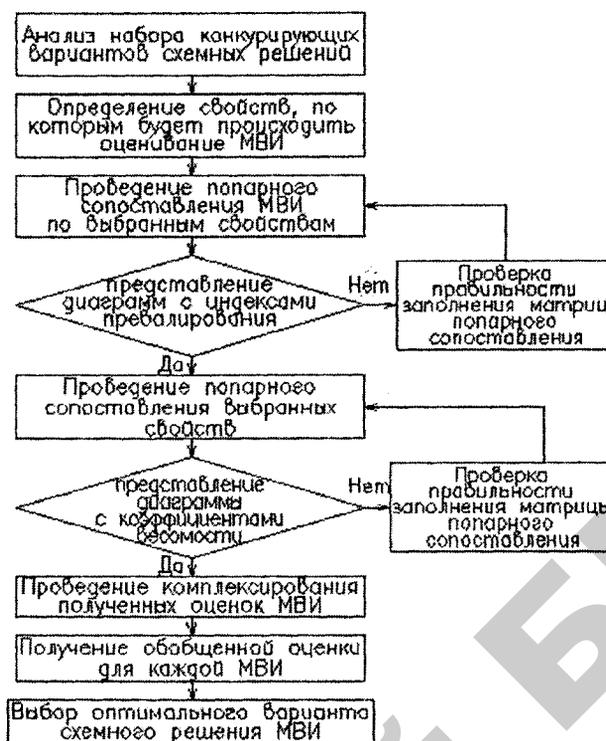


Рисунок 4 – Алгоритм функционирования модуля квалиметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ

При работе с данным программным продуктом проектировщик должен последовательно выполнить следующие действия или операции:

- сформировать набор из предложенных в базе данных конкурирующих вариантов решения поставленной измерительной задачи (на схемном уровне), т.е. по сути набор конкурирующих вариантов МВИ;
- выделить главные свойства, определяющие качество будущих измерений; свойства могут выбираться из некоторого расширенного списка свойств, предлагаемых программой, если свойств не хватает, то можно довести их вручную и они будут сохранены в списке;
- произвести попарное сопоставление всех рассматриваемых вариантов МВИ по всем выделенным главным свойствам и рассчитать для каждого варианта проекта соответствующий ему индекс преваляирования его по данному свойству над всеми остальными вариантами проекта. Для проведения попарного сопоставления проектировщик должен заполнить матрицу попарного сопоставления по каждому свойству, выбрав его во вкладке. Матрицу заполняют построчно, выставляя оценки 1, если данное свойство преобладает в данном варианте схемного решения по сравнению с сопоставимым вариантом, или 0, если нет, а программа рассчитывает индексы преваляирования по следующей формуле:

$$K_{ij} = \frac{f_{ij}}{C},$$

где  $f_{ij}$  – частота преваляирования;  $C$  – общее число возможных суждений или комбинаций;

$i$  – номер свойства, по которому проведено сопоставление ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ );

$j$  – номер рассматриваемого варианта МВИ ( $i=1, 2, 3, \dots, m$ );

$$f_{ij} = \sum_{j=1}^{n-1} f_{i(jj)},$$

где  $f_{i(jj)}$  – оценка преваляирования весомости  $i$ -го номера рассматриваемого варианта МВИ над весомостью  $j$ -го номера.

$$C = \frac{n(n-1)}{2}.$$

После заполнения матрицы будет построена столбиковая диаграмма со значениями коэффициентов преваляирования, представленная на рисунке 5

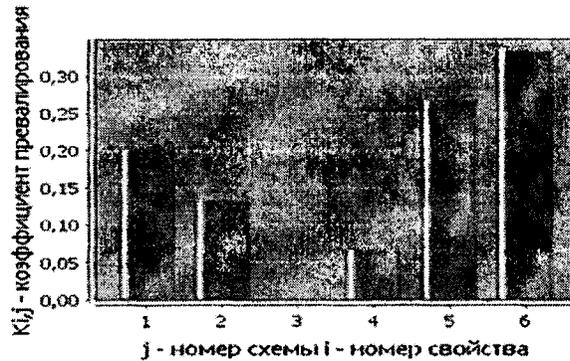


Рисунок 5 – Диаграмма коэффициентов преваляирования МВИ по свойству «Точность»

- произвести попарное сопоставление всех выделенных главных свойств по их важности или значимости в отношении качества МВИ в целом и рассчитать соответствующие им коэффициенты весомости. Сопоставление выделенных свойств производится по такому же принципу, как и сопоставление конкурирующих вариантов МВИ, только для сопоставления свойств необходимо нажать на вкладку «Свойства» и заполнить соответствующую матрицу, после чего появится диаграмма с коэффициентами весомости свойств;

- произвести комплексирование полученных количественных оценок сопоставляемых вариантов МВИ по всем выделенным главным свойствам с учетом их коэффициентов весомости и рассчитать для каждого варианта комплексный показатель его преваляирования над всеми остальными вариантами. Для произведения комплексирования полученных результатов необходимо нажать на клавишу «Проект» и выбрать «Результат». После чего программа произведет расчет по следующей формуле:

$$K_j^0 = \sum_{i=1}^m \mu_i \cdot K_{ij}.$$

После чего появится диаграмма с итоговыми результатами оценивания:

- зафиксировать наилучший вариант проекта по соответствующему ему максимальному значению комплексного показателя преваляирования, представленному на диаграмме и сохранить проект, нажав «Проект» и «Сохранить проект» и выбрав место для сохранения. Итоговая диаграмма представлена на рисунке 6.

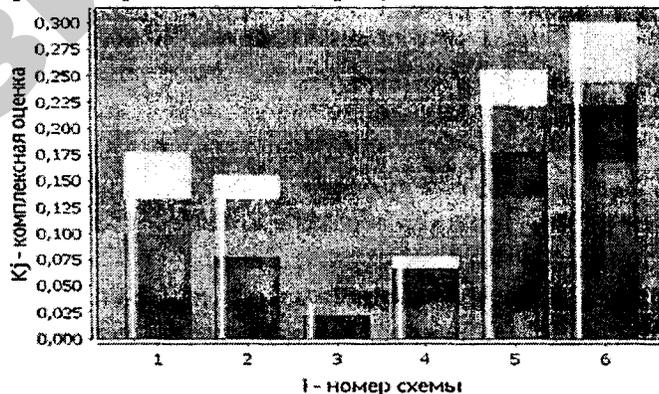


Рисунок 6 – Диаграмма с итоговыми результатами квалитметрического оценивания конкурирующих вариантов МВИ

#### Литература

1. Кершенбаум В.Я., Хвастунов Р.М. Методы квалитметрии в машиностроении. // М.: МФ ОС «Технонефтегаз», 1999.
2. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. // М.: Патент, 1996.