

З.А. БАБАЯН

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Предлагается методологический подход к разработке методики выполнения измерений (МВИ) с применением автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС) в больших камнеобрабатывающих предприятиях по контролю качества полированности. Метод позволяет существенно снизить затраты интеллектуальных ресурсов на разработку и свести к минимуму вероятность ошибок при формировании многочисленных отчетных материалов.

**Ключевые слова:** методика выполнения измерений, контроль качества, автоматизированные информационно-измерительные системы.

Основной задачей при разработке МВИ с использованием АИИС становятся: выбор номенклатуры и способов нормирования метрологических характеристик, расчет погрешностей измерительных каналов (ИК) по погрешностям входящих в них измерительных компонентов, их идентификация, методы контроля и учета переменных влияющих факторов в пространственно распределенных измерительных системах. Решение этой задачи представляет собой довольно трудоемкий процесс, связанный с необходимостью обработки больших объемов данных о типах измерительных компонентов, их метрологических характеристиках (МХ), взаимосвязях, условиях применения. Причем трудоемкость увеличивается примерно пропорционально квадрату суммы количества каналов и типов измерительных компонентов.

Предлагаемый путь кардинального снижения трудоемкости, а точнее, линеаризации зависимости трудоемкости от количества, подразумевает специальный методологический подход, заключающийся в представлении структуры АИИС в виде реляционной базы данных (БД), а методов измерений и измерительных процедур - в виде набора программ, взаимодействующих с этой БД. При таком подходе модель АИИС становится инвариантной как к количеству ИК и измерительных компонентов, входящих в состав канала, так и к типу этих компонентов и к виду измеряемых величин.

Использование единой БД с представлением пользователям различных уровней доступа позволяет автоматизировать процесс обработки информации и сосредоточиться на его творческих аспектах, значительно снижает возможность использования неактуальных данных, позволяет оперативно контролировать ход выполнения проекта и оценить объем и состав недостающей информации, выявлять противоречия в исходных данных.

Для выполнения работы по разработке МВИ создают БД, в структуре которой выделяют три основные таблицы (рис.1): для хранения данных о месте и условиях применения компонентов в АИИС (COMPONENT); для хранения данных о контролируемом параметре технологического или учетного процесса

(PROCESS) и для хранения технических данных о компоненте (COMPONENTTYPE). В таблицах PROCESS и COMPONENTTYPE связи между записями внутри одной таблицы отсутствуют («плоская» структура данных), тогда как в таблице COMPONENT существуют связи типа двусвязного списка между записями, соответствующими компонентам, входящим в один и тот же ИК. При этом началом списка является запись с данными о датчике, концом - запись с данными о конечном компоненте ИК, например, автоматизированном рабочем месте (АРМ) оператора с установленным специализированным управляющим программным обеспечением (ПО). Для организации двусвязного списка используются специально введенные поля INPUT и OUTPUT (рис.2). Двусвязный список позволяет автоматически восстанавливать состав ИК АИИС, а связь компонентов с таблицами PROCESS и COMPONENTTYPE - автоматически вычислять метрологические характеристики ИК и выполнять иные аналитические действия, например, моделирование влияния различных факторов на метрологические характеристики ИК.

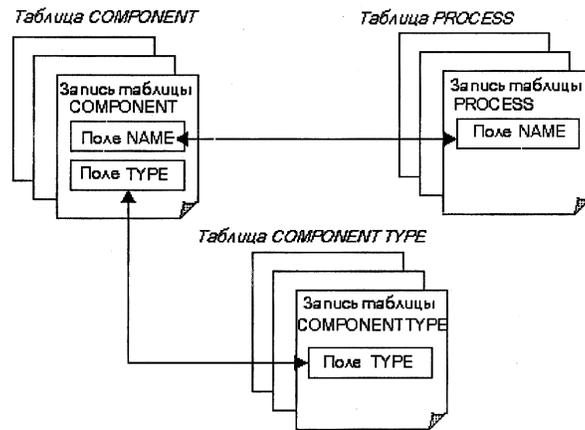


Рис.1. Связь между таблицами БД АИИС

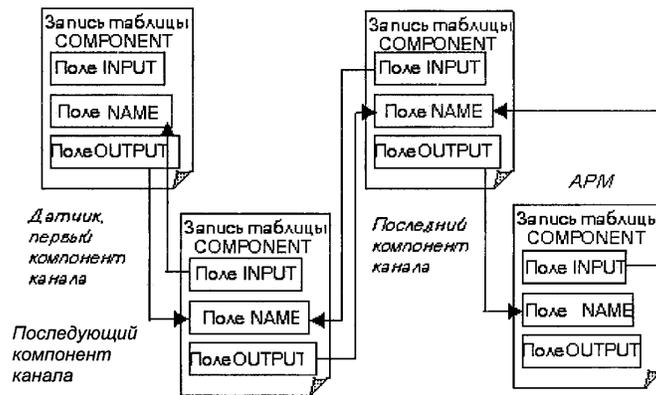


Рис.2. Связь между записями таблицы COMPONENT

Такая структура таблицы COMPONENT позволяет строить измерительные каналы из множества компонентов. Примеры структуры данных в таблицах БД и описания поля записи приведены в табл. 1-4. Все ПО написано на языке Perl, имеющем в настоящий момент наиболее развитые средства для работы со строковыми данными (в т.ч. средства интерпретации регулярных выражений), которые просты для понимания и легко адаптируются для работы с различными формами входящих и исходящих данных. Описание БД выполнено на языке SQL, являющемся промышленным стандартом, что обеспечивает переносимость БД на разные платформы. Развитие предложенного подхода представляется возможным при создании БД, содержащей описания типов СИ. Эта БД должна иметь открытую структуру, позволяющую хранение МХ СИ, предусмотренных действующими стандартами, наиболее общим из которого является ГОСТ 8.009-84. Главным элементом этой БД должна быть таблица COMPONENT TYPE, в которой будет содержаться информация с МХ СИ. В оптимальном варианте эта таблица должна быть электронным аналогом раздела «Основные технические характеристики».

Таблица 1

Структура данных таблицы COMPONENT БД АИИС

Имя поля	Назначение
INPUT	Ссылка на поле NAME предыдущего компонента ИК
OUTPUT	Ссылка на поле NAME следующего компонента ИК
NAME	Обозначение компонента
TYPE	Тип компонента (с указанием модификации и т.п.)
Другие поля, характеризующие условия применения компонента	

Таблица 2

Структура данных таблицы PROCESS БД АИИС

Имя поля	Назначение
NAME	Обозначение компонента
GOAL	Описание функционального назначения (цели использования) компонента
Другие поля, характеризующие процесс измерения	

Таблица 3

Структура данных таблицы COMPONENT TYPE БД АИИС

Имя поля	Назначение
TYPE	Тип компонента с указанием модификации
DESCRIPTION	Краткое описание
INPUTRANGELOW	Нижний предел измерений
INPUTRANGEHIGH	Верхний предел измерений
MEASURAND	Измеряемая величина
UNIT	Единица измерений
ACCURACYTYPE	Способ нормирования погрешности
ACCURACYVALUE0	Численное значение погрешности

ACCURACYVALUE1	Дополнительное значение для выражения погрешности (второй член в двучленной формуле предела погрешности и т.п.)
TEMPERATURENOR-MAL LOW	Нижний предел температуры применения, при котором еще не нормируется дополнительная погрешность, °C
TEMPERATURENOR-MAL HIGH	Верхний предел температуры применения, при котором еще не нормируется дополнительная погрешность, °C
TEMPERATUREWOR-KING LOW	Нижний предел температуры применения, °C
TEMPERATUREWOR-KING HIGH	Верхний предел температуры применения, °C
ORMALTEMPERATURE	Нормальная температура применения
TEMPERATUREERROR	Дополнительная погрешность от температуры в долях основной на 1°C отклонения от нормальной температуры

...

Поля, описывающие метрологические характеристики компонента, например, по ГОСТ 8.009	
OUTPUTSIGNAL	Тип выходного сигнала
OUTPUTSIGNALUNIT	Единица измерений выходного сигнала
OUTPUTSIGNALLOW	Нижний предел выходного сигнала
Имя поля	Назначение
OUTPUTSIGNALHIGH	Верхний предел выходного сигнала
REGISTRYNUMBER	Номер в Госреестре СИ
NOTES	Дополнения и примечания

Таблица 4

Поле ACCURACYTYPE таблицы COMPONENT TYPE

Возможные значения	Расшифровки	Значение
FSR	...of Full Scale Range	Погрешность выражается в виде приведенной погрешности
ABS	Absolute	Погрешность выражается в виде абсолютной погрешности
MV	...of Measured Value	Погрешность выражается в виде относительной погрешности

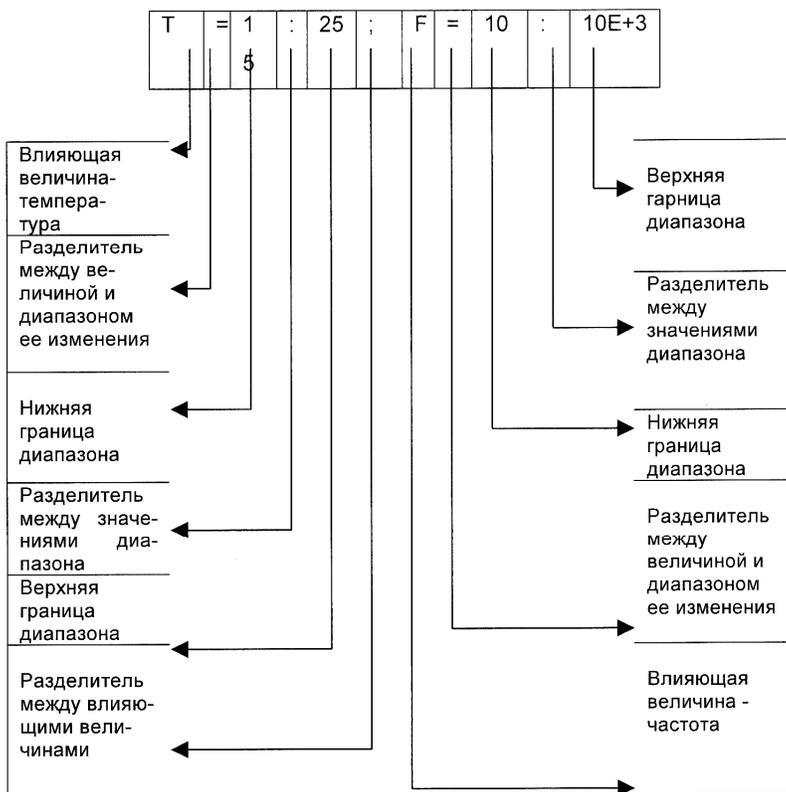


Рис. 3. Пример записи об условиях применения

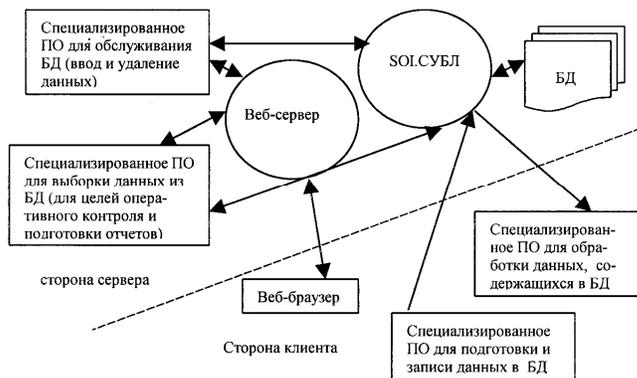


Рис. 4. Структура ПО

Таблицу COMPONENTTYPE целесообразно разделить на две, в одной из которых должны содержаться сведения об атрибутах, обязательно присущих каждому типу СИ (наименование СИ, тип СИ, номер в Госреестре СИ и т.п.), а в другой, связанной с первой по полю «тип СИ», - запись о присвоенных данному типу СИ МХ. Структура записи этой таблицы, которую будем называть TYPECHARS, должна содержать следующие обязательные поля: тип СИ; измеряемая величина, для которой нормируется МХ; диапазон, в котором нормирована МХ; значение МХ; способ нормирования МХ; условия применения, в которых нормирована МХ. Открытость структуры предполагает, что должны быть оговорены правила (синтаксис) описания значений полей таблицы TYPECHARS (рис.3).

Синтаксис должен позволять легко выполнять автоматическое извлечение информации, содержащейся в полях. Это проще всего сделать с использованием специальных служебных символов-разделителей. Пример записи в такой таблице об условиях применения, в которую нормирована МХ, проиллюстрирован на рис.3. Специализированное ПО для подготовки и записи данных, действующее на стороне клиента, перерабатывает исходные данные и заносит их в БД также с соблюдением прав доступа. Данные, заносимые этим ПО, не должны противоречить структуре БД. Методы, реализованные в ПО для обработки данных, универсальны и могут формировать любой отчет по данным из БД.

Предлагаемое решение является достаточно универсальным и с незначительной адаптацией может быть использовано для любой АИИС. При этом проект может быть выполнен с использованием только свободно распространяемого ПО и стандартизированных открытых протоколов со снижением до нуля затрат, связанных с лицензированием программных продуктов, и обеспечением работы в любой (в т.ч. гетерогенной) вычислительной среде.

Двусвязный список позволяет автоматически восстанавливать состав ИК АИИС, а связи компонентов с таблицами PROCESS и COMPONENT - автоматически вычислять метрологические характеристики ИК и выполнять иные аналитические действия, например, моделирование влияния различных факторов на метрологические характеристики ИК. Такая структура таблицы COMPONENT позволяет строить измерительные каналы из множества компонентов.

Пример структуры комплекса ПО для работы с БД проиллюстрирован на рис.4.

Управление БД ведется с двух сторон: со стороны сервера и со стороны клиента. На стороне сервера работает ПО, имеющее полный доступ к БД, задачей которого является предоставление клиенту веб-интерфейса доступа к данным.

Для сохранения целостности данных доступ к БД со стороны клиента ограничен правами, предоставленными ему программным обеспечением, действующим на стороне сервера. Одним клиентам предоставляется только возможность просматривать данные из БД, формировать необходимые выборки данных по заданным условиям, а другим - изменять, удалять и вносить новые записи.

При этом необходимо исходить из следующих основных положений:

1. С точки зрения восприятия предлагаемых устройств контроля, таких как подсистемы автоматической системы контроля управления качеством (АСКУК), и с точки зрения присущих СКУК внешних целостных свойств в упорядоченной иерархии системы изготовления, добычи, обработки и контроля качества плит.

2. С точки зрения внутреннего строения СКУК и вклада ее особенностей, а именно, проблемной ориентации при прогнозировании качества.

Исходя из этой концептуальной основы, задачу разработки и исследования средств и методов повышения качества плит из природного камня и системного подхода с учетом вышеизложенных требований к нему можно рассматривать на основе следующих исходных предпосылок:

1. Любой функциональный узел (ФУ) АСКУК оценивается обобщенным аддитивным показателем эффективности, исходя из принципа однозначности.

2. Для каждого ФУ АСКУК определены значения обобщенного параметра, по значениям которого выбирается данный ФУ, входящий в систему контроля и управления качеством производства.

3. При определении работоспособности АСКУК, с точки зрения обеспечения ее метрологических характеристик, предполагаем, что АСКУК со своими составными частями могут находиться в двух взаимоисключающих и различных состояниях (устройство СКУК работоспособно либо неработоспособно), причем в ее работоспособном состоянии по любому контролируемому параметру  $F_i$  (блеск) максимальное изменение контролируемого параметра  $dF_i = \max F_i - \min F_i$  не должно превышать погрешность измерения, т.е.  $dF_i \leq 2d(F)$ .

Исходя из вышеприведенных предположений и концепций, сформулируем задачу разработки методов и средств (отдельных устройств) повышения и управления качеством облицовочных плит из блоков природного камня.

Примем в качестве обобщенной функцию эффективности устройств АСКУК  $F = f(F_i)$  и в качестве параметра, определяющего метрологические характеристики АСКУК, область  $D(F)$  допустимых значений  $F = f(F_i)$ . Для решения задачи должны быть известны:

- множество  $S_H = (S_j)$ ; ( $j = 1, i$ ) несовместимых альтернатив объекта контроля (когда плиты приняты как бракованные), определенных на пространстве параметров качества (линейные размеры, блеск), т.е. признаков  $F = f(F_i)$ ; ( $i = 1, i$ ), обнаруживаемых с помощью АСКУК, а также методов и средств  $A_H$ , используемых при контроле измерений, с целью определения качества плит или блоков;

- разбиение множества  $S_H$  на классы забраковки, т.е.  $S_q \in S_H$ ;  $q = 1, \dots, Q$  на основе матрицы классификатора браковки ОП. Отметим, что в классификатор включены признаки, определяющие блеск плит. При этом принимаем, что под понятием бракованного изделия понимается выполнение условий, что любой параметр  $F_i$  не входит в допустимую область  $D(F_i)$ ;

- множество  $A_H = A_v$ ; ( $v = 1, \dots, V$ ) методов и средств контроля (программ, проверок, управляющих воздействий и т.д.) таких, что каждое подмножество  $A_v = (L_v)$  охватывает некое подмножество бракованных состояний ОП;

- матрица эталонных констант  $M_{jk}$ , устанавливающая отношения между состоянием  $S_H$ ,  $S_j$ , разбиением  $S_q$  и  $A_v$ , т.е. эталонные значения определяющих параметров;

- затраты  $C_{vi}$  некоторого  $i$ -го вида на выполнение каждого  $v$ -го процесса контроля качества ОП;

- кратность повторения  $N_i$  процесса контроля на проверку данного параметра  $F_i$ .

В процессе решения задачи необходимо:

1. На основе систематического многоэтапного подхода найти:

- множество возможных решений  $(w_i)$  структуры АСКУК (устройств), удовлетворяющих условию

$$(w_i) \in (w) \text{ при } (F_j(w_i) \in D(F)), v_j \in J,$$

где  $(w_i)$  – область возможных решений при выборе состава СКУК (устройств);  $(w)$ - область допустимых решений при выборе структуры СКУК;  $F_j(w_i)$  - значение параметра  $F_j$  для  $w_i$ -го варианта СКУК;

- оптимальное решение при выборе структуры устройств СКУК  $w_0 \in (w_i)$ , при котором не существовало бы другого решения  $w_q$  из множества  $(w_i)$ , при условии  $F_j(w_q) > F_j(w_0)$ ,  $v_j \in J$ .

При этом хотя бы для одного из  $F_j$  должно быть выполнено условие строгого максимума, т.е.  $F_j(w_q) > F_j(w_0)$ ,  $v_j \in J$ .

2. Выбрать такой оптимальный набор методов и средств контроля и управления качеством плит, чтобы выполнялись условия

$$\begin{aligned} dC_{w_i}(A_v/A_H) &= \min dC_{w_i}(A_r/A_H); A_v \leq A_H, \\ F_H(A_0 \vee A_H) &= F_i(q_H) \quad dC_{w_i}(A_v/A_H) \leq C_{w_{\text{доп}}}, \\ - \text{Im}_j \in (m_j)_{\text{mxi}} \quad &(F_s - F_{\text{mxi}}^H) \geq 2d(F), \end{aligned}$$

где  $dC_{w_i}(A_v/A_H)$  - приращение затрат некоторого  $w$ -го вида на применение некоторого состава  $A_r$  методов и средств контроля ( $F_i$ ) СУ, определяемое исходя из того, что для выполнения заданного множества некоторых функциональных измерений используется информация, полученная заданным составом устройств контроля для контроля и определения бракованных изделий  $q_i$  - го типа;  $F_H(A_0 \vee A_H)$  - количество необходимых признаков (информации), используемых при объединении;  $A_0$  и  $A_H$ ;  $F_i(q_H)$  – количество начальной информации признаков относительно множеств  $q_H$ , определяемое при условии, что известны матрицы классификатора бракованных состояний ОП и разбиения  $q_H$  на классы  $q_i(q_H)$ ;  $C_{w_{\text{доп}}}$  - допустимое значение затрат  $w$ -вида;  $(m_j)_{\text{mxi}}$  – множество признаков для данного (характерного) устройства ( $M_{xi}$ ), неисправность которых определяется значением параметра  $F_{\text{mxi}}^H$  для устройства ( $m_{xi}$ ) СУ;  $d(F)$  - погрешность измеренного значения  $F^H$  в устройствах ( $m_{xi}$ ) по отношению к эталлоному (номинальному)  $F^{\text{Э}}$  значению, по которому бракуется ОП.

Вышеуказанная задача разработки СКУК (устройств) относится к классу комбинаторных задач, а именно:

1. Анализ состояния вопроса контроля качества в технологическом процессе изготовления изделий из блоков природного камня.
2. Анализ методов автоматизации измерений и обработки при контроле качества изделий.
3. Выбор и обоснование определяющих параметров по оценке качества изделий на основе системного подхода.
4. Выбор метода оценки качества по принципу компромисса при многокритериальном подходе.
5. Исследование и определение источников погрешностей при измерении блеска изделий.

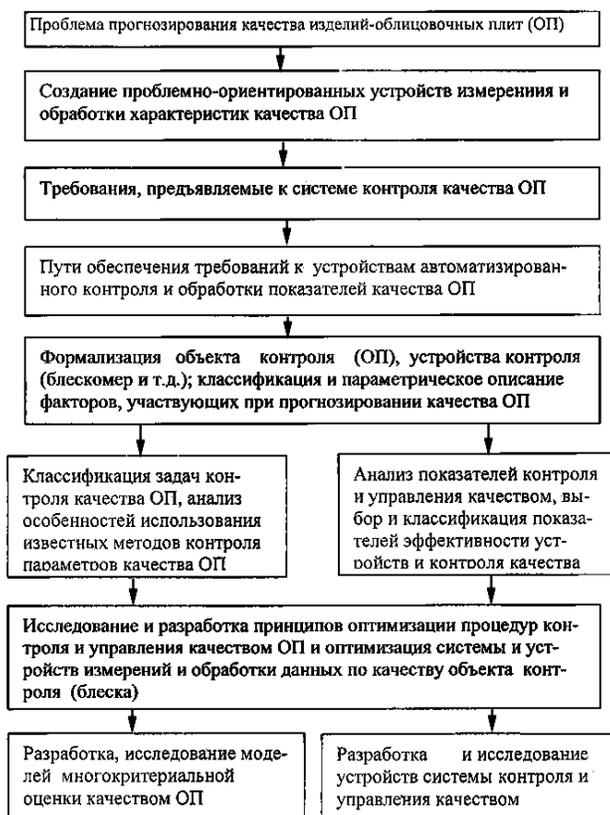


Рис.5. Структура задач разработки и исследования автоматической системы контроля и управления качеством изделий из природного камня

6. Разработка средств контроля качества изделий и исследование их точностных характеристик (а также точностных характеристик их основных функциональных устройств).
7. Оценка экономического эффекта применения автоматизированных систем (устройств) по контролю и управлению качеством изделий.

Структура задач разработки и исследования методов и средств контроля плит из блоков природного камня представлена на рис. 5. Основные трудности решения этой многофакторной задачи системного подхода связаны со спецификой объекта контроля (облицовочных плит и блоков) и заключаются в выборе частных и обобщенных показателей качества при контроле и управлении качеством изделий и сопоставимости показателей по значимости, что определяет в конечном итоге потребительскую ценность изделий.

В полном объеме рассмотренный метод должен решаться применительно к конкретным АСКУК в соответствии с указанной на рис.5 структурой задач [1- 5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 9480 – 94.
2. ГОСТ 16163 Метрология. Термины и определения.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 «Информационная технология. Оценка погрешностей продукции» Характеристики качества и руководство по их применению.
4. МИ 2891-2004 «ГСИ. Общее требование к программному обеспечению средств измерений».
5. МИ 2174-91 «ГСИ. Аттестация алгоритмов и программ обработки данных при измерениях. Основные положения».
6. **Բաբայան Զ.Ա.** և ուրիշներ. Բնական խաղերից սպասվող միաց սալիկ որակի վերահսկման մեթոդն և սպարատ, մշակում և հետադարձ:

НПП ГЗАО "Камень и силикаты". Материал поступил в редакцию 20.01.2007.

#### Զ.Ա. ԲԱԲԱՅԱՆ

#### ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ՓԱՅԼԱԶՈՒՓԻՉ ՀԱՐՄԱՐԱՆՔՆԵՐ (ԱՉԻՉ) ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ ԶԱՓԻՉ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄՈՎ

Առաջարկվում է ավտոմատացված չափիչ ինֆորմացիոն համակարգերի (ԱՉԻՉ) կիրառման մեթոդ՝ խոշոր քարամշակման ձեռնարկություններում երեսպատման սալիկների փայլքի և վերահսկման որակի բարձրացման համար (առավելագույն) ճշտության և արագության ապահովումով): Մեթոդը հնարավորություն է տալիս մեծապես պակասեցնել մշակման համար ծախսված ինտելեկտուալ ռեսուրսները և նվազագույնի հասցնել բազմաթիվ հաշվարկային նյութերի ձևավորման ընթացքում սխալների հավանականությունը:

**Առանցքային բաներ.** չափումների կատարման մեթոդ, որակի հսկում, ավտոմատացված ինֆորմացիոն չափիչ համակարգեր:

#### Z.A. BABAYAN

#### AUTOMATED POLISHER BASED ON AIMS

An advanced methodological approach on development of MPT (measurement perforation technique) based on AIMS (automated information-measuring systems) for polishing quality and dimensions control by the example of automated polisher at the large-scale stone-working plants is proposed. The method allows essentially to lower expenditures of mental potential on development and to minimize the error probability in numerous reports accompanying MPT.

**Keywords:** technique of accomplishing measurements, quality control, automated informational measuring systems.