

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Современное производство характеризуется повышением сложности продукции и ростом требований к ее качеству, при этом расширяется номенклатура и сокращаются сроки обновления выпускаемых изделий. В результате неотъемлемой частью производственного процесса является система технического контроля (ТК) (объекты контроля, контрольные операции и их последовательность, техническое оснащение, режимы, методы, средства механизации и автоматизации контрольных операций).

Потери при проектировании и проведении операций контроля обуславливаются различными причинами [1]: неправильным назначением средств контроля (СК) по погрешности измерения, отсутствием методов экономического обоснования и оптимизации ТК на этапе технологического проектирования, низким уровнем автоматизации решения задач при проектировании ТК и др. Поэтому проблема снижения затрат на ТК посредством информатизации метрологического обеспечения весьма актуальна. Информационная система метрологического обеспечения должна быть реализована как специализированное автоматизированное рабочее место (САРМ) и организационно, методически, информационно интегрироваться в комплексную систему автоматизации (ИСА) предприятия.

В настоящее время на смену традиционной технологической подготовке контроля с ее эмпиризмом и слабым привлечением теоретических положений, приводящих к увеличению трудоемкости и длительности разработок процессов контроля, приходит подготовка контроля в рамках системы менеджмента качества предприятия [2].

Выбор СК основывается на обеспечении заданных показателей процесса ТК и анализе затрат на реализацию процесса контроля. При выборе средств измерений руководствуются следующими принципиальными соображениями: обеспечивая заданную точность, в целях нахождения размеров детали в установленных допуском границах выбранное средство должно обладать высокой производительностью, простотой и не вызывать значительного удо-

рождения продукции, т.е. обеспечивать экономическую целесообразность его применения. Выбор СК геометрических параметров деталей зависит от характеристик объектов и средств ТК, а также требований, предъявляемых к технологическому процессу изготовления.

Алгоритм выбора СК составлен так, что технолог или метролог при последовательной разработке технологии контроля выбирает для каждого конкретного параметра необходимые СК или обосновывает необходимость проектирования новых СК. Алгоритм ограничивает номенклатуру выбора СК от процедуры к процедуре. Выбор СК завершается нахождением одного конкретного СК для каждого контролируемого параметра в тех случаях, когда оптимизацию процесса ТК не проводят, или нескольких СК для каждого контролируемого параметра при проведении оптимизации процесса ТК. Окончательное решение об одном СК для каждого контролируемого параметра принимается после комплексного технико-экономического обоснования процесса ТК.

Алгоритм выбора СК составлен из блоков (этапов). Процедуры, отнесенные к одному блоку, выполняются по определенным правилам.

Выбор СК по конфигурации и габаритам детали представляет собой сложную многовариантную задачу. При этом, необходимость решения данной задачи возникает на различных этапах технологической подготовки производства (ТПП), в том числе и при метрологическом обеспечении производства. Способ выполнения данной работы определяется видом изделия. Выбор оптимального СК по конфигурации изделия должен проводиться по комплексным оценкам, которые учитывают затраты и трудоемкость выполнения операций на этапах ТПП. При выборе СК формируется комплект измерительных приборов. Расчет экономически целесообразного варианта СК подразумевает выбор оптимального комплекта измерительных приборов, для которого стоимость измерительной аппаратуры минимальна и суммарная достоверность контроля не превосходит заданной величины Q .

Контроль работоспособности системы производится путем проверки n параметров. Для проверки этих параметров могут быть использованы m измерительных приборов. Задана стоимость i -го измерительного прибора c_i ($i = 1, \dots, m$) и матрица $\|x_{ij}\|$ ($x_{ij} = 1$, если возможен контроль j -го параметра i -м измерительным прибором, $x_{ij} = 0$ в противном случае). Для оценки достоверности контроля j -го параметра i -м прибором используется величина $q_{ij} = \alpha_{ij} + \beta_{ij}$ (α_{ij} — вероятность ложного забракования, β_{ij} — вероятность ложного пропуса).

Данная задача может быть сформулирована следующим образом [3]. Требуется определить

$$C = \min \sum_{i=1}^m c_i y_i, \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$z_{ij} \leq x_{ij} y_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m q_{ij} z_{ij} \leq Q, \quad y_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

Здесь

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если возможен контроль } j\text{-го параметра } i\text{-м прибором,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й прибор включён в комплект,} \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й параметр контролируется } i\text{-м прибором,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Вероятность ложного забракования α_{ij} (число деталей от общего количества, имеющих размеры, не превышающие предельные, но забракованных) и вероятность ложного пропуска β_{ij} (число деталей от общего количества, имеющих размеры, превышающие предельные, и принятых в числе годных) определяют по табл. 1 [4] в зависимости от качества точности и значения $A_{мет}(\sigma)$:

$$A_{мет}(\sigma) = \frac{\sigma}{IT} \cdot 100,$$

где σ — среднее квадратичное отклонение погрешности измерения; IT — допуск контролируемого размера.

Рассмотрим алгоритм решения задачи (1) — (4). Предварительно введем следующие обозначения: U — множество всех измерительных приборов; S — множество приборов, не включенных в комплект; E_i — множество приборов, входящих в комплект, исключение которых из комплекта приведет к нарушению условия (4); $G_i = U \setminus (S \cup E_i)$ — множество приборов, входящих в комплект, для которых возможно их исключение из комплекта. С учетом введенных обозначений выражение (1) можно представить в следующем виде:

$$C = \min \left(\sum_{i=1}^m c_i - \sum_{i=1}^m c_i \bar{y}_i \right) = \sum_{i=1}^m c_i - \max \sum_{i=1}^m c_i \bar{y}_i, \bar{y}_i = 1 - y_i, i = 1, \dots, m.$$

Таблица 1

Определение характеристик α_{ij} , β_{ij} в зависимости от качества точности и $A_{мет}(\sigma)$

Квалитет точности	$A_{мет}(\sigma)$, %	α_{ij} , %	β_{ij} , %
2 + 7	16	7,8 + 8,25	5,0 + 5,4
8, 9	12	5,4 + 5,8	3,75 + 4,1
10 + 17	10	4,5 + 4,75	3,1 + 3,5

Данный алгоритм позволяет найти множество приборов S , которому соответствует максимальная стоимость и при котором обеспечивается выполнение ограничений (2) – (4). Обозначим

$$q_{kj} = \min_{i \in U \setminus S} q_{ij}, q_{ij} = \min_{i \in U \setminus S} q_{ij}, j = 1, \dots, n,$$

$$\Delta q_{kj} = q_{lj} - q_{kj}, q_k = \sum_{j=1}^n q_{kj}, \Delta q_k = \sum_{j=1}^n \Delta q_{kj}, k = 1, \dots, m,$$

$$Q_s = \sum_{k=1}^m q_k, \Delta Q_s = Q - Q_s.$$

Допустим, что множество S сформировано таким образом, что выполняется условие $Q_s < Q$. Определим верхнюю границу стоимости приборов, вошедших в множество S :

$$C_s = C_s^0 + C_s', \quad (5)$$

где

$$C_s^0 = \sum_{i \in S} c_i, C_s' = \max \sum_{k \in G_s} c_k \bar{y}_k, \quad (6)$$

при условии

$$\sum_{k \in G_s} \Delta q_k \bar{y}_k \leq \Delta Q_s, \bar{y}_k \in \{0; 1\}, k = 1, \dots, m. \quad (7)$$

Процесс формирования множества S начинается с $S = \emptyset$, т.е. в исходный комплект включаются все возможные приборы. В множество E_s включаются приборы, для которых выполняется неравенство $\Delta q_k > \Delta Q_s$, ($k = 1, \dots, m$).

Сформировав E_r , определяем $G_r = U \setminus (S \cup E_r)$ и выбираем r -й прибор для включения в множество S с помощью условия

$$h_r = \max_{k \in G_r} h_k, h_k = c_k / \Delta q_k. \quad (8)$$

Вводим r -й прибор в множество S и перерасчитываем величины Δq_k , $k \in U \setminus S$ и Q . Вновь сформировав множества E_r и G_r , выбираем с помощью условия (8) прибор для включения в множество S . Аналогичным образом формируется множество S на всех последующих этапах.

Процесс формирования множества S заканчивается при условии $G_r = \emptyset$, т.е. когда нет ни одного прибора, который можно было исключить из комплекта без нарушения ограничения (4). В этом случае значение $C_r = C_r^0$ принимаем в качестве первого допустимого решения C^0 . Исключаем из множества S r -й прибор, включенный на последнем шаге ($y_r = 0$). Решая задачу (6), (7), рассчитываем верхнюю границу целевой функции (5) и проверяем неравенство

$$C_r > C^0. \quad (9)$$

Если неравенство не выполняется, то выводим из множества S очередной прибор, включаем его в множество E_r и вновь проверяем условие (9). Если неравенство (9) выполняется, то с помощью условия (8) выбираем новый прибор для включения в множество S , вводим его в множество S , рассчитываем верхнюю границу целевой функции (5) и вновь проверяем неравенство (9). Если в процессе решения окажется, что неравенство (9) выполняется и $G_r = \emptyset$, то полученное значение C_r принимается в качестве нового значения допустимого решения C^0 . Аналогичным образом вычислительный процесс продолжается до тех пор, пока не будет выполняться неравенство (9) при $S = \emptyset$. В этом случае последнее приближенное решение C^0 и соответствующее ему множество S^0 обеспечивают оптимальное решение задачи.

В результате предложенный алгоритм обеспечивает выбор СК в зависимости от характеристик объектов и средств ТК, а также требований, предъявляемых к технологическому процессу изготовления; основывается на обеспечении заданных показателей процесса ТК и анализе затрат на реализацию процесса контроля. При выборе СК достигается требуемая точность и экономичность производства, при которой предпочтение отдается более дешевым средствам.

Таким образом разрабатывается маршрут контроля и его объем, содержание и описание операций и СК на основе первичных сведений об объекте контроля, условиях производства и характеристиках технологических операций обработки [5].

Разработка информационной системы метрологического обеспечения технологической подготовки производства и проектирования контрольных операций «ИСМО ТПП» проведена в инструментальной системе программирования Delphi 6.0, располагающей широкими возможностями по созданию интегрированных прикладных систем, работающих под управлением операционной системы Windows, генерации удобных пользовательских и функциональных интерфейсов и приложений баз данных. «ИСМО ТПП» может быть использована в различных системах автоматизированного проектирования в качестве внедренного OLE-объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова, – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.
2. Статистический анализ конструктивных элементов и технологических параметров деталей / М.Л. Хейфец, В.С. Точило, В.Н. Семенов, С.В. Кухта, Л.Н. Косяк. – Новополоцк: ПГУ, 2001. – 112 с.
3. Алексеев О.Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации. – М.: Наука, 1987. – 248 с.
4. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / И.И. Балонкина, А.К. Кутай, Б.М. Сорочкин, Б.А. Тайц; Под общ. ред. А.К. Кутая, Б.М. Сорочкина. – Л.: Машиностроение, 1983. – 368 с.
5. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития / Под общей ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

УДК 553.8

В.П. Луговой

ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Особенностью механической обработки ювелирных камней является применение преимущественно абразивных методов обработки как единственного способа удаления припуска с поверхности хрупких материалов. При этом методы обработки со связанным абразивом являются более предпочтительными по сравнению с методами обработки со свободным абразивом как