УДК 65.011.56

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-46-50

*Е. П. Решетникова¹, П. Ю. Бочкарев²***РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕДУР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**¹ АО «НПП «Алмаз»² Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

E-mail: purpose22@mail.ru

Работа направлена на решение важной задачи производства – сокращение сроков его технологической подготовки. С этой целью разработан комплекс контрольно-измерительных процедур, обеспечивающий инновационный способ планирования производства и организации производственного процесса изделий механических производств. В данной работе представлена практическая реализация комплекса контрольно-измерительных процедур в виде разработанного программного обеспечения, создающего конкурентоспособность предприятия в условиях быстроменяющейся производственной ситуации с выполнением большого объема заказов на изготовление изделий разного конструкторско-технологического характера.

Ключевые слова: контрольно-измерительные процедуры, точность изготовления, средства измерения, технологический контроль.

*E. P. Reshetnikova¹, P. Yu. Bochkarev²***DEVELOPING MODELS FOR PLANNING'S CHARACTERIZATION
OF THE MEASURING – AND-CONTROL'S PROCEDURES FOR
TECHNICAL PROCESS OF MACHINERY PRODUCTION**¹ АО «NPP «Almaz»² Saratov State Vavilov Agrarian University

The article says about solving an important task of production - reducing of the technological preparation. The development of scientific bases of the complex of control-and-measurement procedures in the automated system for designing technological processes for manufacturing parts is a qualitative solution to the problem of achieving the specified accuracy of the surfaces of parts in a rapidly changing situation within the production process. This paper presents the practical implementation of the complex of control-and-measurement procedures for automating technological preparation of production.

Keywords: complex surface's detail, accuracy of manufacture, measuring equipment, test procedure, monitoring and measuring.

Использование современных возможностей информационных технологий способствуют перспективному способу планирования производства, например, при помощи комплекса контрольно-измерительных процедур (ККИП). Суть ККИП состоит в разработке рациональных единичных технологических процессов (ТП) на основе информации о реальных размерных параметрах каждой заготовки детали и на применении рационального комплекта контрольно-измерительных средств (СИ) для обеспечения заданной точности изготовления деталей в рамках системы автоматизированного планирования многономенклатурных ТП (САПлТП) [1].

Задачи работы:

– разработка методики измерения размерных параметров поверхностей заготовок и их взаимосвязей, как структурного элемента ТП.

– формализация проектных процедур для формирования рационального комплекта контрольно-измерительных средств в рамках САПлТП.

– разработка алгоритмического и программного обеспечения ККИП.

Основное содержание работы.

Научные основы комплекса контрольно-измерительных процедур подробно представлены в работах [1–3].

В данной работе внимание сконцентрировано на разработке алгоритмического и программного обеспечения ККИП.

Для реализации методики координатного измерения ККИП разработано алгоритмическое обеспечение для назначения рационального количества координатных точек на поверхностях анализируемых заготовок и назначения рационального способа их расположения.

Рис. 1. Алгоритм расчета рационального количества точек при координатном измерении координатно-измерительной машиной

Разработанный способ расчета рационального количества координатных точек состоит из следующей последовательности (рис. 1):

- определение максимально возможного количества точек на измеряемой поверхности заготовки;
- снятие величины размерного параметра анализируемой поверхности количеством точек из интервала $(0; N_M)$, где N_M – максимальное количество точек измеряемой поверхности;
- выявление одинаковых значений размерных параметров;
- определение количества интервалов k рас-

пределения количества координатных точек для анализа измеренных значений параметров:

$$k = \frac{TD}{d_{ин}}, \quad (1)$$

где k – количество интервалов, шт; $TD(Td)$ – допуск измеряемого размера, мм; $d_{ин}$ – шаг измерительного наконечника, мм.

- определение величины интервала (c) :

$$c = \frac{N_M}{k}, \quad (2)$$

где c – шаг интервала для определения его разброса; N_M – максимальное количество точек из-

меряемой поверхности, шт; k – количество интервалов, шт.

– расчет для каждого интервала значения средней величины количества точек в данном интервале, частоты m_i (количество размерных параметров в текущем интервале $x_i \in (x_{\min_i}; x_{\min_i} + c)$) и частоты (m_i/n) попадания в принятый интервал $x_i \in (x_{\min_i}; x_{\min_i} + c)$, где n – общее количество измерений;

– построение зависимости полученных значений частоты от количества точек. Результирующая величина количества координатных точек подчиняется закону нормального распределения:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - x_{cp})^2}{2\sigma^2}}, \quad (3)$$

где x_i – текущее значение количества точек,

x_{cp} – среднее арифметическое значение количества точек в текущем интервале, σ – среднее квадратическое отклонение, n – общее количество измерений.

$$x_{cp} = \frac{1}{n} \sum x_i m_i, \quad (4)$$

где m_i – частота (количество размерных параметров в интервале x_i).

– определение интервала величин, в который попадает рациональная величина количества точек для измеряемого параметра поверхности:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - x_{cp})^2 m_i}, \quad (5)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение. Для сокращения времени контрольно – измерительной процедуры принимается значение минимальной границы среднее квадратического отклонения σ .

Рис. 2. Алгоритм определения способа расположения рационального количества точек

Алгоритм расположения координатных точек при измерении разработан при помощи комбинаторного анализа [4] (рис. 2). Его основные этапы:

– определение величины рационального количества точек;

– поиск числа способов расположения k рационального количества координатных точек $N_{рац}$ для измерения:

$$k = (N_{рац} - 1)! \quad (6)$$

– выбор рационального способа расположения–затрачивающего наименьшее время на измерительную процедуру, но обеспечивающего максимальное покрытие координатными точками анализируемой поверхности:

$$t_k = \frac{p(N_m)}{v} \rightarrow \min, \quad (7)$$

где $p(N_m)$ – замкнутый профиль анализируемой поверхности заготовки; v – скорость сбора точек оператором автоматизированного СИ ($v = const$); t_k – время анализа параметров поверхности при определенном способе расположения координатных точек.

– расположение рационального способа на поверхности заготовки, при условии, что измерительный наконечник координатно-измерительной машины (КИМ) проходит через каж-

дую ее вершину только один раз и время перехода от одной точки к другой минимально, скорость перехода постоянна:

$$S_{N_{рац}}[n] = \sum_{i=1}^{N_{рац}} \sum_{j=1}^{N_{рац}} t_{ij} n_{ij} \rightarrow \min, \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^{N_{рац}} n_{ij} = 1, \forall j = \overline{1, N_{рац}}, \\ \sum_{j=1}^{N_{рац}} n_{ij} = 1, \forall i = \overline{1, N_{рац}}, \\ n_{ij} \in (0, 1), \end{cases} \quad (8)$$

$$n_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ в цикле есть переход из } i \text{ в } j, \\ 0, \text{ перехода нет из } i \text{ в } j \end{cases}$$

где $S_{N_{рац}}$ – функция искомого способа расположения точек анализируемой поверхности; $R \subseteq N_{рац} \times N_{рац}$ – множество ребер, соединяющих точки анализируемой поверхности, которые и составляют замкнутый цикл обхода поверхности измерительным наконечником КИМ; $N_{рац} = \{n_1, n_2, n_3, \dots, n_k\}$ – множество точек рационального их количества на анализируемой поверхности; t_{ij} – время перехода от одной точки ребра цикла к другой.

Рис. 3. Алгоритм назначения рационального комплекта контрольно-измерительных средств

Формирование рационального комплекта контрольно-измерительных средств [2] в условиях действующей производственной системы направлено на сокращение временных затрат при реализации разработанных с помощью ККИП рациональных ТП изготовления изделий в САПРТП. Для текущих производственных условий представляет собой:

- генерацию возможных вариантов СИ;
- отсеив нерациональных вариантов СИ;
- назначение рационального комплекта СИ.

Процедура формирования рационального комплекта СИ осуществлена с применением генетического алгоритма [4] (рис. 3). А именно рациональный комплект СИ составлен таким образом, что суммарное время контрольно-измерительной процедуры минимально. Математические модели определения рационального комплекта контрольно-измерительных средств в текущих условиях производственной системы приведены в работе авторов [2].

Вывод

Разработка алгоритмического и программного обеспечения комплекса контрольно-измерительных процедур [5–6] подтверждает его работоспособность и дает возможность его практического применения в существующих традиционных системах планирования производства, что способствует их модернизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решетникова, Е. П. Автоматизация технологической подготовки производства деталей со сложнопрофильными поверхностями / Е. П. Решетникова, П. Ю. Бочкарев // Системы проектирования технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта CAD/CAM/PDM-2018 : сб. тр. XVIII Междунар. Молодеж. Конф. – Москва, 2018. – С. 237–239.
2. Reshetnikova, E. P. Generation the efficient measuring instruments kit in the computer – aided preproduction planning's system for multiproduct machine manufactory / E. Reshetnikova, P. Bochkarev, A. Nazaryev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 709, Issue 3.
3. Reshetnikova, E. P. Perspective Algorithms for the Hexapod Control Used to Measure Complex Surfaces / E. P. Reshetnikova, O. V. Zakharov, V. A. Kushnikov, A. V. Kochetkov // International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS-2015). –DOI 10.1109 / MEACS.2015. 741870.
4. Гладков, Л. А. Генетические алгоритмы : учеб. пособие / Л. А. Гладков, В. В. Курейчик, В. М. Курейчик ; под ред. В. М. Курейчика. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Физматлит, 2006. – 320с.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2017660400. Выбор мерительного инструмента для контроля размерных характеристик наружных конических поверхностей в системе планирования многономенклатурных технологических процессов / Решетникова Е. П., Бочкарев П. Ю., Бокова Л. Г. ; опубли. 21.09.2017.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2018614651. Назначение оптимального комплекта контрольно-измерительного инструмента в механообрабатывающей системе с учетом складывающейся производственной ситуации / Решетникова Е. П., Бочкарев П. Ю., Бокова Л. Г. ; опубли. 26.02.2018.