

© А.А. Богданов<sup>1</sup>, В.В. Загора<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальный технический университет «Днепровская политехника», Днепр, Украина

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ НА КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ MORA PRIMUS 564**

© A. Bohdanov<sup>1</sup>, V. Zakora<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## **CHOICE OF A RATIONAL STRATEGY OF MEASUREMENT OF DETAILS ON A COORDINATING MEASURING MACHINE MORA PRIMUS 564**

**Цель.** Разработка и анализ стратегии измерения деталей на координатно-измерительной машине. Под стратегией подразумевается стратегия измерения, позволяющая проводить измерение параметров с достаточной точностью и за короткий период времени.

**Методы исследований** базировались на теоретической метрологии при моделировании инструментальных погрешностей средств измерений, теоретических основ технологии приборостроения и машиностроения. Измерения производились в ручном и микропроцессорном режимах с контролем геометрических размеров деталей. При проведении измерений использовалась координатно-измерительная машина Mora Primus 564.

**Результаты исследований.** Широкое использование станков с числовым программным управлением в производстве увеличивает требования к используемым средствам контроля, адекватным ответом стало использование в контроле координатно-измерительных машин. Разработаны несколько стратегий измерений геометрических размеров деталей с использованием специального программного обеспечения «INCA 3D». Проведен их сравнительный анализ. Определена наиболее производительная стратегия контроля геометрических параметров, которая обеспечивает достаточную точность.

**Научная новизна.** Впервые предложена рациональная стратегия измерения деталей контактным методом на контрольно-измерительной машине. Применение данной стратегии позволит повысить производительность и точность контроля деталей, снизит риски изготовителя и потребителя при приемочном контроле геометрических параметров деталей сложной формы.

**Практическое значение.** Программная реализация технологии контактного метода измерений деталей на координатно-измерительной машине позволяет обоснованно выбирать стратегию измерений на этапе контроля точности изготовленных изделий. Использование в учебном процессе ручного и микропроцессорного режима измерения деталей на координатно-измерительной машине позволит улучшить знания и умения, повысить уровень компетенций выпускников высших учебных заведений в области технических измерений и контроля деталей.

**Ключевые слова:** координатно-измерительная машина, измерение, точность, контроль, стратегия, время измерения.

**Введение.** В условиях современного рынка и постоянного совершенствования технологий в машиностроении, авиационной, аэрокосмической и других областях промышленности существует проблема быстрого и всестороннего контроля деталей, оснастки и заготовок. Вследствие этого возрастает роль измери-

тельных приборов, точность которых должна быть на порядок выше, чем допустимая погрешность. Одним из современных технических средств обеспечения качества на производстве являются координатно-измерительные машины (КИМ). Использование на производстве координатно-измерительных машин позволяет измерять геометрические параметры простых и сложных деталей, сокращает время на наладку станков ЧПУ, исключает брак. Следовательно, контрольно-измерительная техника играет важнейшую роль в обеспечении качества и повышении конкурентоспособности выпускаемой продукции [1, 2].

Сотрудниками компании ООО «Машинтех» (г. Киев), которые оказывают услуги по поставке станков с ЧПУ, работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и т.п., была введена в эксплуатацию стационарная координатно-измерительная машина MORA PRIMUS 564. Данное метрологическое оборудование позволит ООО «Машинтех» проводить объективный контроль продукции заказчиков, а также продукции, поступившей на ремонтные работы (точность изготовления, оценка износа, деформации и т.д.).

Пользователем данной КИМ стала кафедра технологий машиностроения и материаловедения НТУ «Днепровская политехника». Сотрудники кафедры и студенты получили возможность проводить практические работы, связанные с измерением геометрических размеров различных деталей.

**Основная часть.** Координатно-измерительные машины MORA PRIMUS предназначены для измерений геометрических размеров деталей сложной формы, отклонения формы и расположения поверхностей элементов деталей. Измерения производятся в ручном и микропроцессорном режимах. Ручной режим управления перемещением головки осуществляется при помощи джойстика пульта управления, микропроцессорный режим – от компьютера, устанавливаемого на компьютерный стол.

Координатно-измерительные машины MORA PRIMUS работают с программным обеспечением «INCA 3D». Этот пакет ПО применяется для контактных и бесконтактных измерений геометрических элементов и сканирования криволинейных поверхностей профилей деталей. Благодаря дополнительному модулю, есть возможность производить измерения зубчатых колес, кулачков, турбинных лопаток и параметров шероховатости. ПО «INCA 3D» позволяет измерять, сканировать, анализировать и получать отчет о геометрических размерах детали [3].

Измерение на КИМ производится с помощью сопоставления значений координат точки на детали и на трехмерной модели, которая загружается в программное обеспечение «INCA 3D». При касании щупа с деталью, КИМ считывает координаты этой точки и высчитывает отклонение от 3D модели (идеальной детали). Набирая ряд точек, ПО выстраивает линию, плоскость (в т.ч. и криволинейную), окружность, цилиндр, овал и т.д. Между построенными элементами, оператор выбирает вычисления, которые необходимо провести исходя из требований на чертеже. Также в ПО закладываются допуски на размеры и отклонения, измеряемой детали, и в конце метрологического отчета будет заключение о годности или не годности детали. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерительной головки составляет 1,7 мкм.

Во время проведения контрольных измерений оператор сталкивается с большой номенклатурой деталей. Его задачей является разработка рациональной стратегии измерения детали, написание программы измерения и анализ полученных результатов. От правильно разработанной последовательности измерений зависит не только точность, но и производительность. Разработанные стратегии измерения напрямую зависят от квалификации оператора [4].

В данной работе исследуется влияние выбранной стратегии измерений при контроле длины деталей на точность измерений. Замеры проводились контактным методом по точкам. Использовалась контрольно-измерительная машина MORA PRIMUS 564 с программным обеспечением «INCA 3D» (рис. 1).

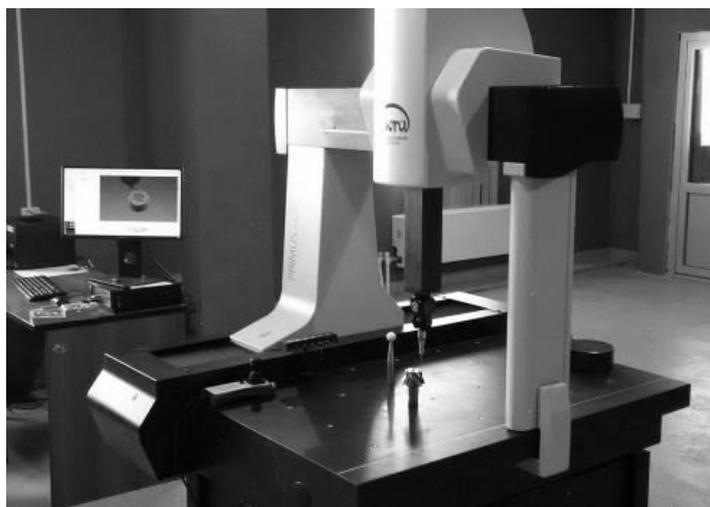


Рис. 1. Контрольно-измерительная машина MORA PRIMUS 564

В качестве измеряемого образца был выбран набор концевых плоскопараллельных мер длины типа МКП (рис. 2).



Рис. 2. Набор концевых плоскопараллельных мер длины типа МКП

Измеряемым параметром выбрана длина каждой меры. Измерения осуществлялись по следующим стратегиям: автоматическое измерение по «Двум точкам», измерение по «Двум прямым» и измерение по «Двум плоскостям». В ходе проведения эксперимента производилось измерение времени контроля. На Рис. 3. приведено расположение образцов на столе контрольно-измерительной машины при измерениях.

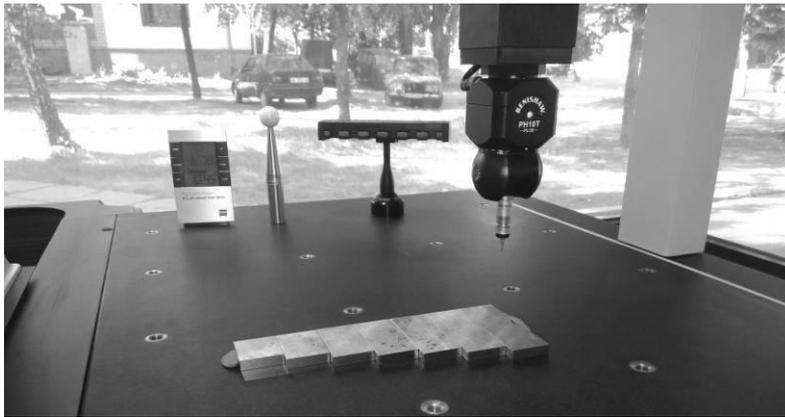


Рис. 3. Расположение образцов на столе КИМ

Для проведения эксперимента была создана твердотельная модель, повторяющая расположение образцов на столе КИМ (рис. 4), и последовательность выполнения измерений в программном обеспечении «INCA 3D» (рис. 5).

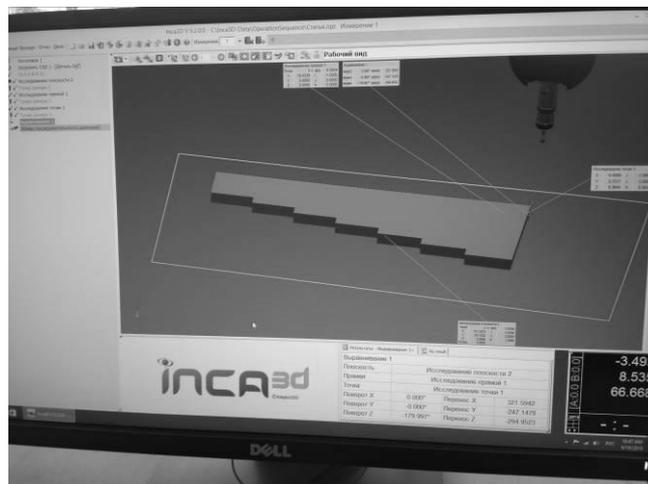


Рис. 4. Твердотельная модель

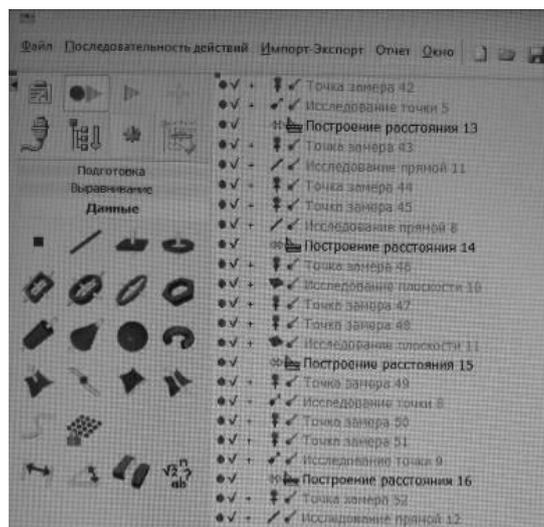


Рис. 5. Фрагмент программы проведения измерений

В ходе работы необходимо выбрать рациональную стратегию измерений. Под рациональной стратегией подразумевается стратегия измерения, позволяющая проводить измерение геометрических параметров образцов с достаточной точностью и за короткий период времени. Полученные данные по линейным размерам сравнивались с результатами действительных длин МКП согласно паспорта.

Результаты исследований приведены в таблице 1, процедура измерения образцов представлена на рис. 6.

Таблица 1

Результаты измерений образцов МКП

№	Номинальный размер МКП, мм	Действительный размер, мм	Полученный размер L, мм			Время измерений t, с		
			Две точки	Две прямые	Две плоскости	Две точки	Две прямые	Две плоскости
1	40	40,00005	40,002	40,002	40,0013	7,4	19,2	35,4
2	50	49,9985	49,9993	49,9993	49,9991	8,5	19,1	35,9
3	60	59,99985	59,9954	59,9954	59,9989	8,9	19,9	35,7
4	70	69,99995	70,0159	70,0159	69,9981	9,1	20,2	36,4
5	80	79,9998	80,0089	80,0089	79,9982	9,7	20,3	35,5
6	90	90,0005	90,0012	90,0012	90,0042	9,7	20,3	37
7	100	100,0005	99,9996	99,9996	100,0037	9,5	21,2	37

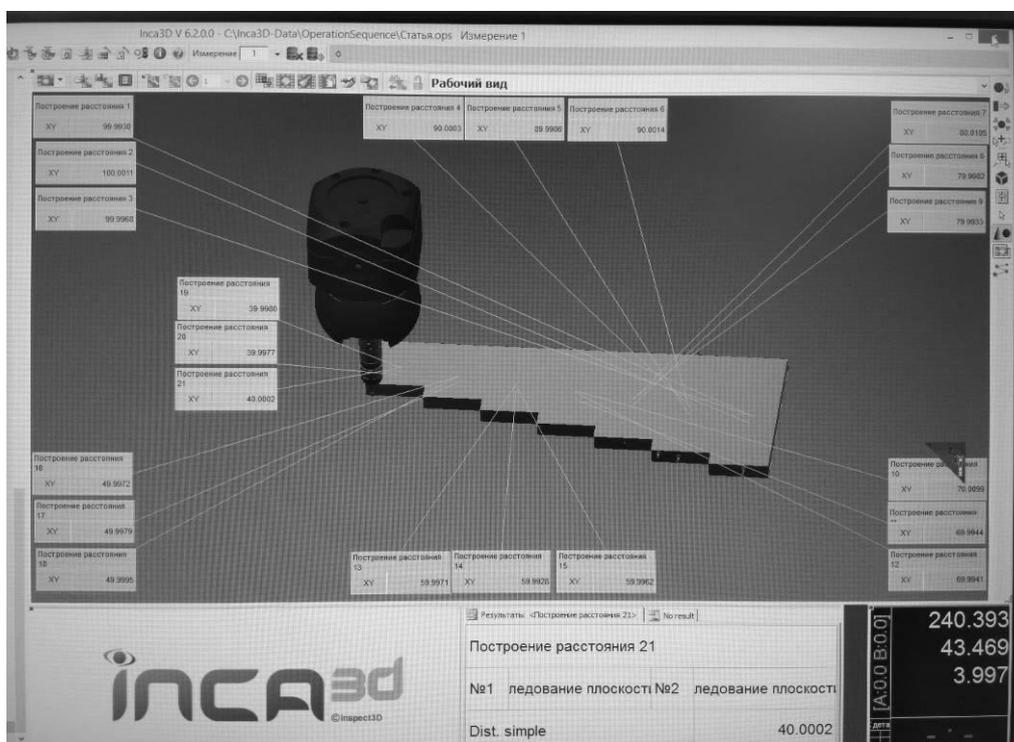


Рис. 6. Процедура измерения деталей

По полученным результатам построим графики (рис. 7-10) и проведем их сравнительный анализ.

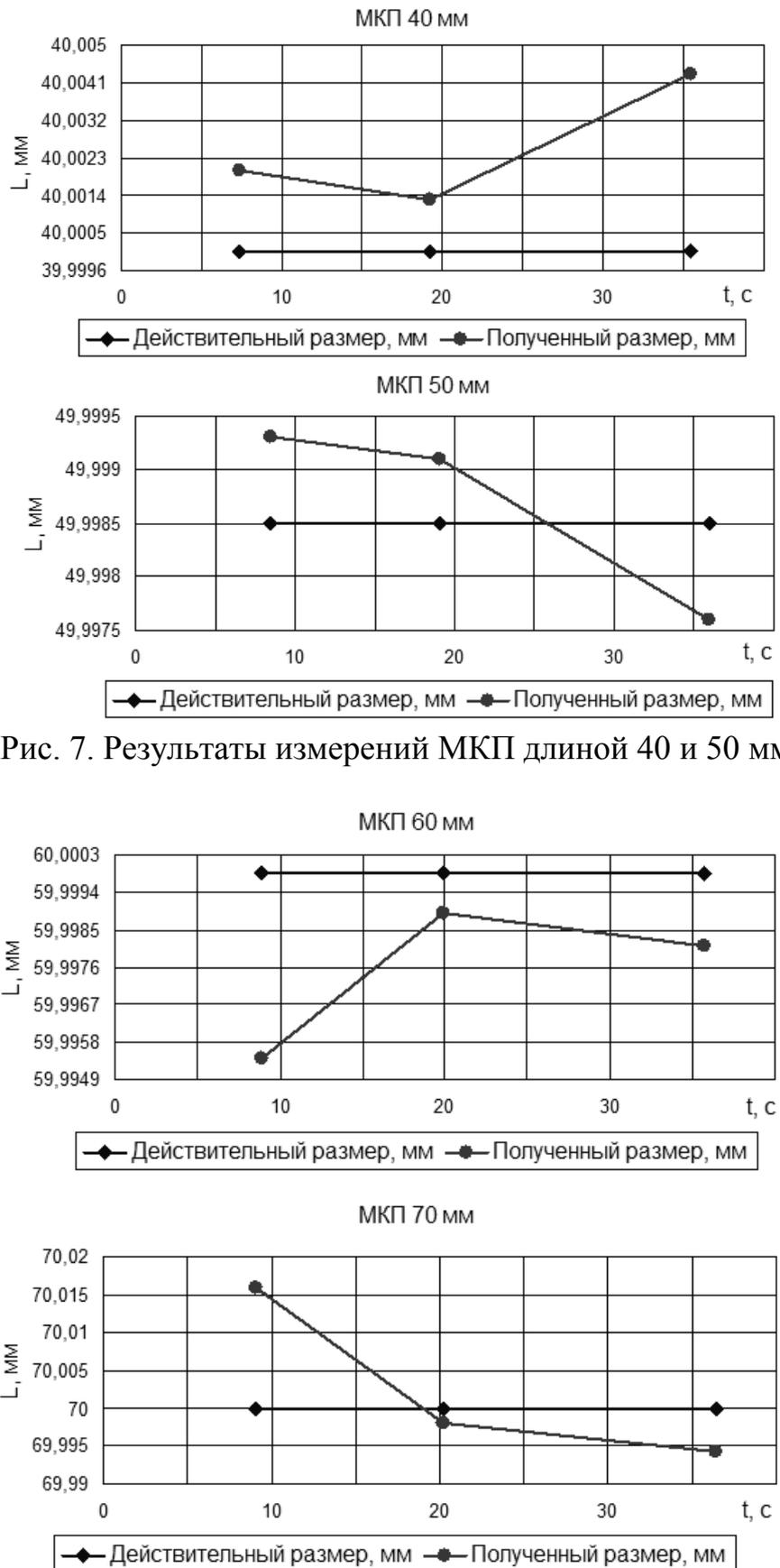


Рис. 7. Результаты измерений МКП длиной 40 и 50 мм

Рис. 8. Результаты измерений МКП длиной 60 и 70 мм

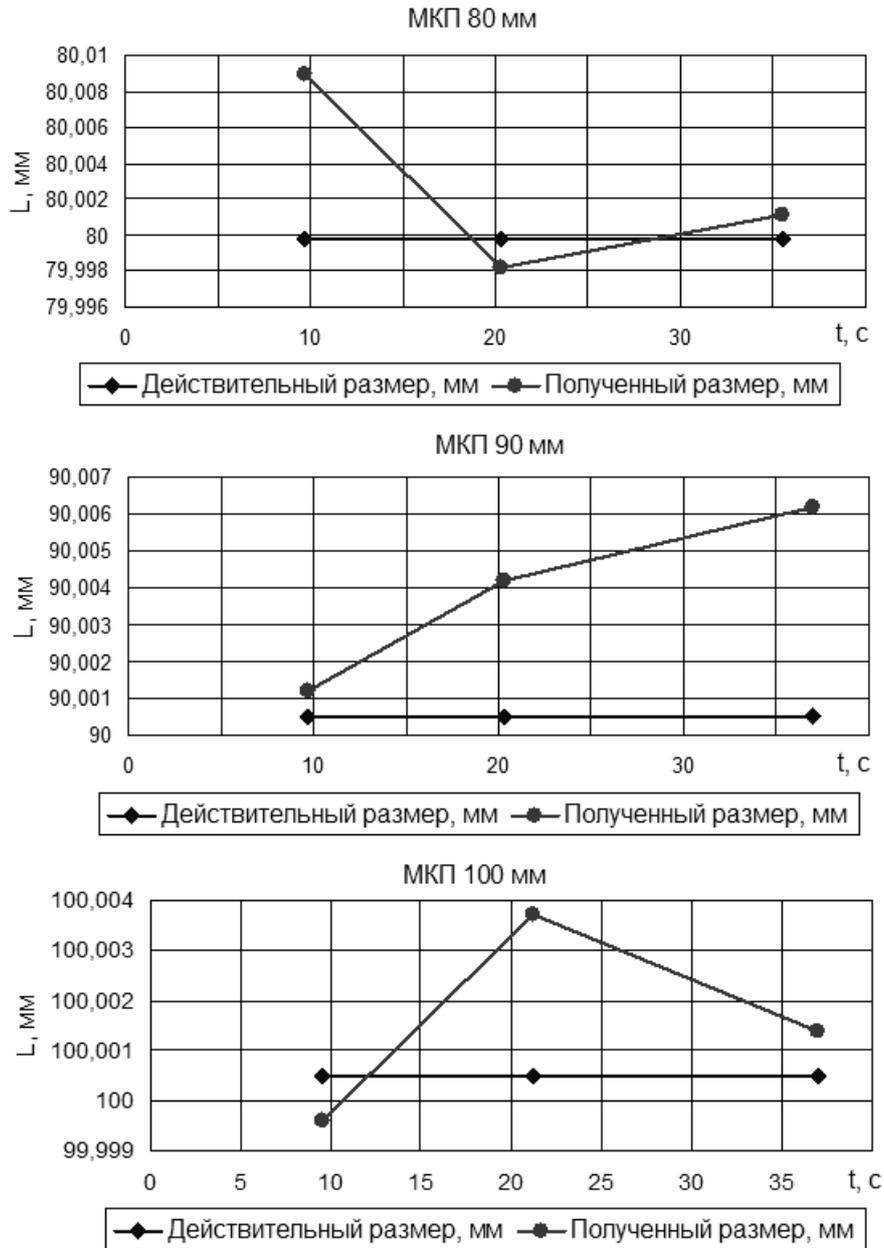


Рис. 9. Результаты измерений МКП длиной 80, 90 и 100 мм

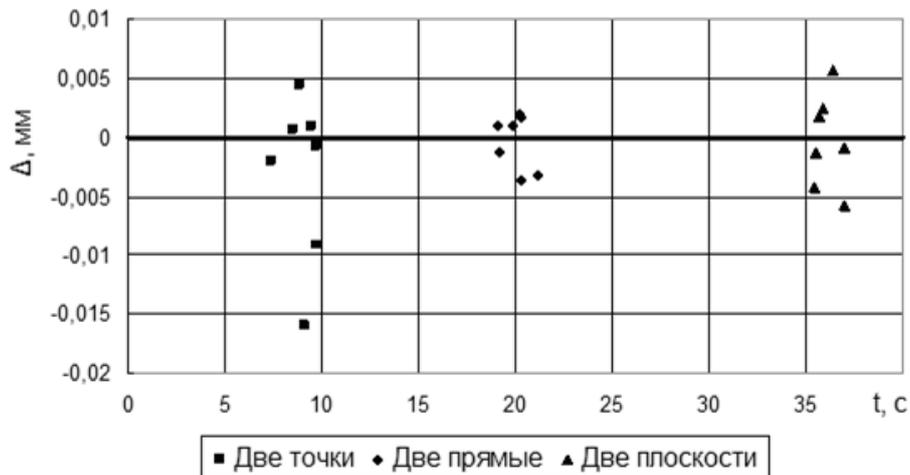


Рис. 10. Отклонения измеренных размеров от действительных

Самой быстрой из исследуемых стратегий измерений является стратегия «Две точки». Время измерений составляет 7,4-9,5 с. Время контроля по стратегии «Две плоскости» наибольшее и составляет 35,4-37 с. При сравнении с действительными размерами деталей видно, что размеры, измеренные по стратегии «Две прямые», находятся ближе к действительным размерам, чем по двум другим стратегиям (рис. 10). Следовательно, рациональной стратегией измерений является «Две прямые» со временем контроля 19-21 с.

**Выводы.** 1. Применение контрольно-измерительной машины позволяет повысить производительность и точность контроля деталей.

2. Изучена технология контактного метода измерения деталей на координатно-измерительной машине. Показано, что контактный метод является самым точным среди координатных методов измерения деталей. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерительной головки составляет 1,7 мкм.

3. Разработана технология контактного метода измерения деталей на контрольно-измерительной машине MORA PRIMUS 564 с программным обеспечением «INCA 3D».

4. Установлено, что наиболее производительным методом является измерение по стратегии «Две прямые», при этом обеспечивается достаточная точность. Время контроля составляет 19-21 с.

#### Перечень ссылок

1. Зубарев, Ю.М., Косаревский, С.В., & Ревин, Н.Н. (2011). *Автоматизация координатных измерений: учебное пособие*. СПб.: ПИМаш.
2. Пекарш, А.И., Феоктистов, С.И., Колыханов, Д.Г., & Шпрот, В.И. (2011). Координатно-измерительные машины и комплексы. *Наука и технологии в промышленности*, (3). 36 – 47.
3. Сурков, И.В., Гузев, В.И., & Схиртладзе, А.Г. (2009). *Автоматизированные методы и средства измерения, испытаний и контроля в машиностроении: учебное пособие*. Челябинск: ЮУрГУ.
4. Кристоф, Р., & Нейманн, Х.И. (2004). *Мультисенсорные координатные измерения*. Германия: Die Bibliothek der Technik.

#### АНОТАЦІЯ

**Мета.** Розробка і аналіз стратегії вимірювання деталей на координатно-вимірювальній машині. Під стратегією розуміють стратегію вимірювання, що дозволяє проводити вимірювання параметрів з достатньою точністю і за короткий період часу.

**Методи досліджень** базувалися на теоретичній метрології при моделюванні інструментальних похибок засобів вимірювань, теоретичних основах технології приладобудування і машинобудування. Виміри проводилися в ручному і мікропроцесорному режимах з контролем геометричних розмірів деталей. При проведенні вимірювань використовувалася координатно-вимірювальна машина Mora Primus 564.

**Результати досліджень.** Широке використання верстатів з числовим програмним керуванням у виробництві збільшує вимоги до використовуваних засобів контролю, адекватною відповіддю стало використання в контролі координатно-вимірювальних машин. Розроблено кілька стратегій вимірювань геометричних розмірів деталей з використанням спеціального програмного забезпечення «INCA 3D». Проведено їх порівняльний аналіз. Визначено найбільш продуктивну стратегію контролю геометричних параметрів, яка забезпечує достатню точність.

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано раціональна стратегія вимірювання деталей контактним методом на контрольно-вимірювальній машині. Застосування даної стратегії дозволить підвищити продуктивність і точність контролю деталей, знизить ризики виробника і споживача при приймальному контролі геометричних параметрів деталей складної форми.

**Практичне значення.** Програмна реалізація технології контактного методу вимірювань деталей на координатно-вимірювальній машині дозволяє обґрунтовано вибирати стратегію вимірювань на етапі контролю точності виготовлених виробів. Використання в навчальному процесі ручного і мікропроцесорного режиму вимірювання деталей на координатно-вимірювальній машині дозволить поліпшити знання та вміння, підвищити рівень компетенцій випускників вищих навчальних закладів в галузі технічних вимірювань і контролю деталей.

**Ключові слова:** *координатно-вимірювальна машина, вимір, точність, контроль, стратегія, час вимірювання.*

#### ABSTRACT

**Purpose.** Development and analysis of the strategy of measuring parts on the coordinate measuring machine. A strategy is a measurement strategy that allows measurement of parameters with sufficient accuracy and in a short period of time.

**Research methods** were based on theoretical metrology when modeling instrumental errors of measuring instruments, theoretical foundations of instrument making technology and mechanical engineering. Measurements were made in manual and automatic modes with control of the geometric dimensions of the parts. During measurements, the Mora Primus 564 coordinate measuring machine was used.

**Research results.** The widespread use of machine tools with numerical control in production increases the requirements for the controls used, the use of coordinate measuring machines in control has become an adequate response. Several strategies have been developed for measuring the geometrical dimensions of parts using special INCA 3D software. A comparative analysis was carried out. The most productive strategy of control of geometric parameters, which provides sufficient accuracy, is determined.

**Scientific novelty.** For the first time, a rational strategy of measuring parts by the contact method on an instrumentation machine was proposed. The use of this strategy will improve the performance and accuracy of control of parts, reduce the risks of the manufacturer and the consumer during the acceptance control of the geometric parameters of parts of complex shape.

**Practical value.** The software implementation of the technology of the contact method of measuring parts on the coordinate measuring machine allows one to reasonably choose the measurement strategy at the stage of checking the accuracy of manufactured products. The use in the educational process of manual and automatic measurement of parts on the coordinate measuring machine will improve knowledge and skills, increase the level of competence of graduates of higher educational institutions in the field of technical measurements and control of parts.

**Keywords:** *coordinate-measuring machine, measurement, accuracy, control, strategy, measuring time.*