

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

—◆—
КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА

В. Т. ДУДНИКОВ, Ю. В. КОСЫЧЕВ

ОСНОВЫ АВТОМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Лабораторный практикум по курсу
«Двигатели летательных аппаратов»

Рассмотрен и утвержден
редакционным советом института
12 июня 1970 г.

КУЙБЫШЕВ 1971

*Василий Тимофеевич Дудников,
Юрий Владимирович Косычев*

**ОСНОВЫ АВТОМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Лабораторный практикум по курсу
«Двигатели летательных аппаратов»**

Редактор — *Н. А. Сидоренко*
Корректор — *Л. В. Сидорова*
Тех. редактор — *Н. М. Каленюк*

ЕО00110. Подписано в печать 21.1.1971 г.
Формат бумаги 60 × 84¹/₁₆. Объем 3,5 печ. л.
Тираж 1500. Заказ 640. Цена 35 коп.

г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151. Тип. УЭЗ КуАИ.

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных работ является углубление основных теоретических положений курса, изучение методов экспериментального исследования и ознакомление студентов с оборудованием и средствами автоматизации.

Предусматривается проведение четырех лабораторных работ, отражающих основные направления автоматизации технологических процессов авиадвигателестроения.

1. Исследование погрешностей копирования при обточке ступенчатых валиков с применением гидросуппорта.

2. Составление программы и обработка деталей на станке с числовым программным управлением.

3. Исследование отдельных параметров и производительности вибробункера.

4. Исследование метрологических показателей прибора активного контроля АК-ЗМ.

Кроме этих работ во время изучения теоретического курса проводится экскурсия на передовое предприятие общего машиностроения — 4 ГПЗ.

Цель экскурсии — ознакомление с конструкцией автоматических линий и других типовых средств автоматизации, применяемых в условиях массового производства. Эта экскурсия проводится под методическим руководством преподавателя кафедры квалифицированным инженером бюро технической информации завода и сопровождается беседой, в которой отражаются основные технико-экономические показатели применяемых средств автоматизации.

Лабораторные работы № 2—4 разработаны доц. В. Т. Дудниковым, а работа № 1 разработана им совместно с доц. Ю. В. Косычевым.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Все лабораторные работы имеют характер небольшого экспериментально-теоретического исследования. При выполнении работы студенты изучают ее описание, методические указания и знакомятся с правилами техники безопасности. Каждому выдается индивидуальное задание, выполнение которого рекомендуется производить в последовательности, указанной в конце описания работы. Экспериментальная часть работ выполняется под руководством лаборанта или преподавателя. Каждому студенту дается какое-либо поручение по проведению экспериментов: наблюдение за показанием приборов, измерение исследуемых величин и т. п.

Закончив эксперименты, студенты убирают рабочее место и сдают его лаборанту. Затем каждый студент самостоятельно производит обработку экспериментальных данных и оформляет отчет.

Завершающим этапом работы является сдача отчета. При этом преподаватель проверяет понимание студентом методики проведенной работы, правильность выполнения задания и обработки полученных результатов, правильность сделанных выводов и аккуратность оформления отчета.

Отчеты по лабораторным работам хранятся в лаборатории. После выполнения всех работ и сдачи отчетов студент получает зачет.

КРАТКАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Экспериментальную часть работ на лабораторном оборудовании производить только в присутствии лаборанта или преподавателя. Не допускается включение оборудования без их разрешения.

2. Работу проводить при наличии порядка на рабочем месте, без торопливости, с распределением между студентами основных обязанностей.

3. Нельзя касаться токонесущих элементов оборудования и движущихся деталей станков.

4. Студентам самостоятельно не разрешается устранять неисправность в работе оборудования.

При выполнении лабораторной работы № 1 на токарном станке, оснащенном гидросуппортом, во избежание поломки инструментов и аварий, управление станком производится только лаборантом.

Регистрация показаний приборов и выполнение измерений производится студентами.

При выполнении работы нельзя касаться руками вращающихся деталей и шупа копировального прибора. Измерение размеров деталей разрешается производить только при выключенном двигателе станка.

При проведении лабораторной работы № 2 на гравировально-фрезерном станке нельзя работать при открытом пульте управления и касаться руками движущихся частей станка.

При проведении лабораторной работы № 3 на вибрационном бункере нельзя касаться токонесущих проводов привода вибратора.

Лабораторная работа № 4 с прибором АК-3М должна проводиться на выключенном токарном станке.

ПЕРЕСЧЕТ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ В СИСТЕМУ ЕДИНИЦ СИ

При выполнении расчетов использованы обычно применяемые в промышленности и технической литературе размерности физических величин. Для пересчета в системе единиц СИ следует пользоваться следующей таблицей.

Таблица 1

Физические величины	Размерность в системе СИ	Обозначение	Переводный множитель применяемых единиц
Сила	ньютон	N	$1 \text{ кг} = 9,80665 \text{ н.}$
Плотность	$\text{кг}/\text{м}^3$		
Удельный вес	—	$\frac{N}{\text{м}^2}$	$\frac{\text{зр}}{\text{см}^3} = 9806,65 \frac{\text{н}}{\text{м}^3}$
Давление	ньютон кв. метр		$1 \text{ кг}/\text{см}^2 = 98066,5 = \text{н}/\text{м}^2$ $0,1 \text{ мм}/\text{м}^2$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОПИРОВАНИЯ ПРИ ОБТОЧКЕ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОСУППОРТА

Целью работы является изучение методов определения скоростных и позиционных погрешностей копирования и точности копирования при обточке ступенчатых валиков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучение принципа действия и конструкции гидросуппорта для токарной обработки.
2. Определение составляющих скоростей и результирующей скорости копирования.
3. Определение скоростных и позиционных погрешностей гидравлической следящей системы.
4. Экспериментальное исследование скоростных и позиционных ошибок и точности копирования при обработке ступенчатых валиков.

Продолжительность работы 4 часа.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ГИДРОКОПИРУЕМОГО СУППОРТА

В машиностроении широкое применение получили гидравлические следящие приводы однокоординатного, двухкоординатного и многокоординатного копирования, позволяющие существенно повысить производительность труда при обработке фасонных поверхностей.

При координатном копировании применяются гидравлические следящие приводы с однокромочным, двухкромочным и четырехкромочным золотником.

С точки зрения теории автоматического управления обычно применяющиеся гидросуппорты являются следящей системой с астатизмом первого порядка по управляющему воздействию и статической — по возмущениям, связанным с нагрузкой на штоке поршня.

На токарном станке установлен гидросуппорт с 2-кромочным золотником и недифференциальным цилиндром, конструкция которого разработана на кафедре.

Суппорт имеет следующие узлы:

1. Силовой цилиндр с золотниковым распределителем рабочей жидкости (гидроусилитель).
2. Дифференциальный рычаг со шупом.
3. Узел копировальной линейки.
4. Насосную станцию, состоящую из лопастного насоса, предохранительного клапана, фильтра и бака.
5. Резцодержатель.

Принципиальная схема гидросуппорта показана на рис. 1.1.

При воздействии копира 9 на шуп управляющее воздействие через рычаг 10 передается золотнику 11. Золотник 11 перемещается вверх от нейтрального положения. При этом верхняя щель, образованная рабочими кромками золотника и втулки, уменьшается ($\sigma_0 - \sigma$), а нижняя щель увеличивается ($\sigma_0 + \sigma$); соответственно давление масла в полости II силового цилиндра увеличивается, а в полости I уменьшается. Это вызывает, при неподвижно закрепленном штоке поршня 14, перемещение вниз корпуса 13 силового цилиндра вместе с резцодержателем. Перемещение опоры рычага 10 обеспечивает обратную связь по управляющему воздействию.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ОДНОКООРДИНАТНОМ КОПИРОВАНИИ

Треугольник скоростей. При однокоординатном копировании осуществляются три взаимосвязанных движения.

1. Задающее движение, имеющее постоянную скорость. При работе токарного гидросуппорта задающим движением

обычно является продольное перемещение суппорта со скоростью

$$V_{\text{пр}} = \frac{S_0 \cdot n}{600} \left[\frac{\text{см}}{\text{сек}} \right], \quad (1)$$

где S — подача, мм/об; n — число оборотов в мин.

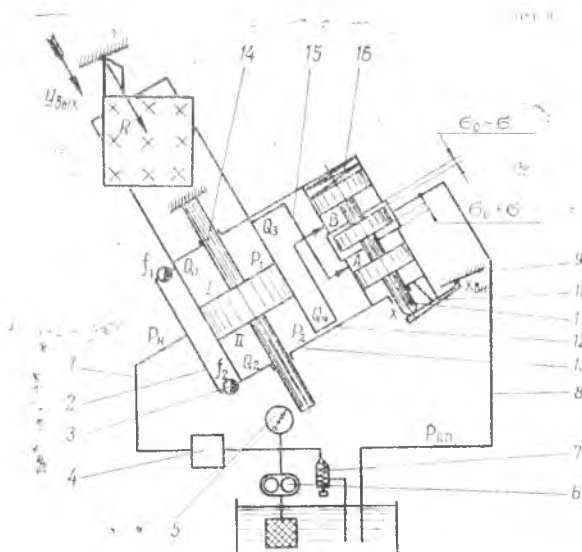


Рис. 1.1. Схема гидросуппорта:

1, 2, 8, 12, 15 — трубопроводы; 3 — дроссель;
4 — фильтр; 5 — манометр; 6 — лопастной насос;
δ — сливной клапан; 9 — копир; 10 — шуп; 11 — золотник; 13 — цилиндр (подвижный); 14 — шток поршня (неподвижный); 16 — пружина.

σ_0 — величина щели при нулевых условиях
величина отрицательного перекрытия).

$\sigma_0 + \sigma$ } рабочие щели на сливе из полостей
 $\sigma_0 - \sigma$ } цилиндра I и II

2. Копировальное или следящее движение вдоль направляющих гидросуппорта со скоростью V_k .

3. Результирующее движение со скоростью V_p .

Связь между скоростями можно установить из треугольников скоростей, построенных на различных участках профиля обрабатываемой детали (рис. 1, 2).

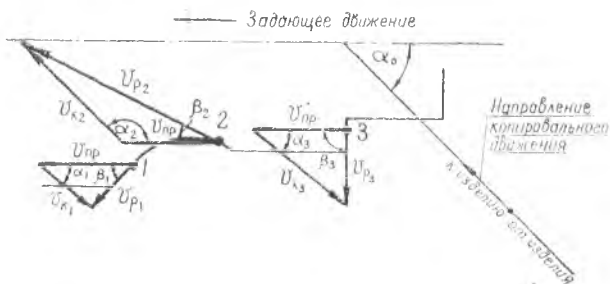


Рис. 1.2. Векторы скоростей на различных участках профиля детали

Для цилиндрических участков детали скорость результирующего движения V_p равна скорости задающего движения (продольной подаче) $V_{пр}$, а скорость копирования равна нулю.

Для участка 1 угол α_1 между векторами скорости копирования V_k и продольной подачи $V_{пр}$ равен углу установки суппорта α_0 . Для этого и всех других участков профиля, при которых гидросуппорт движется в направлении от изделия, зависимость между скоростью копирования V_k , результирующей скоростью V_p и продольной подачей $V_{пр}$ выражается формулой

$$\frac{\sin \alpha_0}{V_p} = \frac{\sin \beta}{V_k} = \frac{\sin (\alpha_0 + \beta)}{V_{пр}} . \quad (2)$$

Для участка 2 (при движении гидросуппорта в направлении к изделию) угол между векторами скорости копирования и продольной подачи $\alpha = 180^\circ - \alpha_0$ и зависимость (2) принимает вид

$$\frac{\sin \alpha_0}{V_p} = \frac{\sin \beta}{V_k} = \frac{\sin (\alpha_0 - \beta)}{V_{пр}} . \quad (3)$$

При наладке станка угол установки суппорта выбирается так, чтобы наибольшие скорости результирующего движения при перемещении суппорта в направлении от изделия и к изделию были одинаковы и обеспечивали заданную чистоту обработки.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОПИРОВАНИЯ

Под погрешностями копирования собственно следящей системы понимаются погрешности, которые возникают от несоответствия координат перемещения исполнительного органа (инструмента) и шупа копировального прибора.

В общем случае погрешность гидравлической следящей системы (ГСС) состоит из скоростной, позиционной и динамической составляющих.

Скоростные погрешности копирования δ_c , связанные с наличием щели между рабочими кромками золотника и втулки, возникают на восходящих и нисходящих участках профиля. Их величина прямо пропорциональна величине скорости копирования V_k . На цилиндрических участках скоростные погрешности копирования равны нулю.

Величина скоростных погрешностей копирования ГСС определяется по формуле

$$\delta_c = \frac{V_k}{K_1 \cdot K_c}, \quad (4)$$

где K_1 — коэффициент усиления рычага.

Коэффициент усиления гидроусилителя для данной ГСС определяется выражением

$$K_c = \frac{\mu b \beta \mu_1 f}{F} \sqrt{\frac{P_n}{\mu_1^2 f^2 + \mu^2 b^2 \sigma_0^2}} = \frac{\mu \cdot b \beta}{F} \sqrt{P_n}^* \quad (5)$$

Здесь B — периметр золотника, см;

f — площадь дроссельного отверстия, см²;

F — площадь поршня силового цилиндра, см²;

P_n — давление за насосом, кг/см²;

β — коэффициент пропорциональности = $1475 \frac{\text{см}^2}{\text{сек} \cdot \text{кг}}^{1/2}$

μ — коэффициент расхода через щель золотника;

μ_1 — коэффициент расхода через дроссельное отверстие.

Изменение нагрузки на штоке за счет сил резания и трения вызывает перераспределение давлений в полостях цилиндра, что приводит к смещению золотника относительно втулки и выражается в виде позиционных ошибок копирования.

* При $\mu_1 f = \mu b \sigma_0$. Параметры суппорта: $K_1 = 1$; $b = 0,314$ см;
 $F = 26,3$ см²; $\mu = 0,7$; $P_n = 20$ кг/см²; $\sigma_0 = 0,005$ см.

Величина позиционных погрешностей копирования δ_R при изменении усилия резания ΔR (без учета сил трения) определяется по формуле

$$\delta_R = \frac{\Delta R \cdot \sigma_0}{4K_1 P_n F} \left(2 + \frac{\mu_1^2 \cdot f^2}{\mu^2 b^2 \sigma_0^2} + \frac{\mu^2 \cdot b^2 \cdot \sigma_0^2}{\mu_1^2 \cdot f^2} \right) = \frac{\Delta R \sigma_0}{P_n F K_1} * \quad (6)$$

Динамические погрешности копирования имеют место при переходном режиме работы ГСС в местах сопряжения одной обрабатываемой поверхности с другой. Время переходного режима при принятых значениях палладочных и конструктивных параметров ГСС составляет 0,01 - 0,04 сек, и динамические погрешности практически не влияют на размеры обрабатываемых деталей. В дальнейшем они не рассматриваются.

Анализ выражений (4) и (6) показывает, что величина скоростных и позиционных погрешностей копирования ГСС зависит от конструктивных и палладочных параметров системы.

Данная работа предусматривает получение зависимостей $\delta_c = f(V_k)$ и $\delta_R = f(\Delta R)$ при постоянных значениях параметров ГСС.

Определение погрешностей копирования, возникающих при обработке деталей на токарном гидросуппорте, позволит оценить класс точности изготовления деталей, их чистоту, а также влияние жесткости системы СПИД.

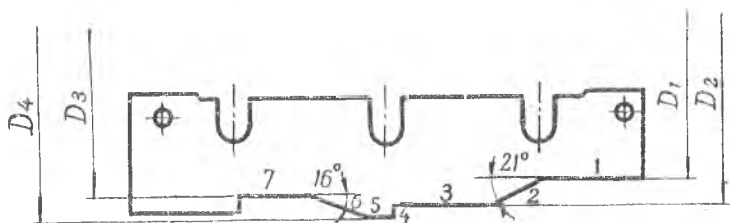
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОПИРОВАНИЯ

Скоростные погрешности копирования

Входной (управляющий) сигнал задается копиром (рис. 13). Участки 1, 3, 5, 7 копира соответствуют обработке цилиндрических поверхностей; участки 2, 6 — конических и участок 4 — обработке торца. На участках 1, 3, 5, 7 копира скорости копирования и соответственно скоростные ошибки равны нулю. На участках 2, 4, 6 скорости копирования имеют постоянные значения и зависят от угла установки суппорта ω_0 и профиля копира.

Погрешности копирования δ_c определяются путем замера перемещений золотника относительно корпуса суппорта с по-

* При $\mu_1 f = \mu b \sigma_0$



$$D_2 - D_1 = 7,91; \quad D_3 - D_2 = 3,27; \quad D_2 - D_4 = 0,24$$

Рис. 1.3. Эскиз копира для обработки валиков

мощью тензодатчика перемещений, усилителя ТА-5 и миллиамперметра. За начальное положение датчика относительно корпуса суппорта принимается положение, при котором щуп копировального прибора находится на участке I копира, соответствующем нулевому управляющему воздействию.

При включении продольной подачи тензодатчик зафиксировывает величину рассогласования между золотником и корпусом, соответствующую ошибке δ_c .

Возмущающий сигнал ΔR , связанный с усилиями резания, при этом равняется нулю. Это достигается тем, что резец не касается обрабатываемой детали.

Исследование погрешностей δ_c проводится при значениях параметров системы о скоростях копирования, которые задаются преподавателем.

Позиционные погрешности копирования

При исследовании позиционных погрешностей копирования δ_p , входное управляющее воздействие $x_b \cdot (t)$ равно нулю. Это достигается тем, что щуп копировального прибора скользит по плоскому копиру.

Основным фактором, влияющим на величину ΔR , является неравномерность припуска.

Величина изменения усилия ΔR на шток поршня измеряется по перепаду давлений в полостях силового цилиндра с помощью датчика и измерительной аппаратуры. Позиционные погрешности измеряются так же, как и скоростные ошибки.

Исследование влияния возмущающего воздействия ΔR , связанного с неравномерностью припуска, производится с помощью специальных образцов (рис. 14), действительные размеры которых D_1 , D_2 и D_3 замеряются перед обточкой.

Исследование проводится по схеме, представленной на рис. 1.5.

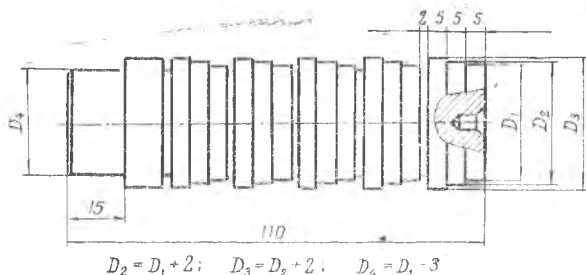


Рис. 1.4. Эскиз образца для определения позиционных ошибок.

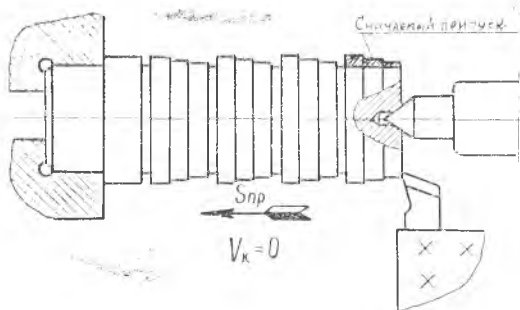


Рис. 1.5. Схема обработки образцов при определении позиционных ошибок

Настройка производится следующим образом: резец касается поверхности D_1 , затем отводится по направлению к задней бабке; после этого поперечным суппортом задается глубина резания $t = 0,1$ мм и включается продольная подача суппорта. На точность диаметральных размеров, кроме позиционной ошибки, оказывает влияние и жесткость системы СПИД. Учитывая это, оценку величины погрешности обработки можно произвести по данным измерения диаметральных размеров, в виде значений $\delta_{\text{факт}}$.

Определение точности копирования ГСС при обработке деталей на токарном гидросуппорте

Определение погрешностей копирования $\delta_{\text{факт}}$, возникающих при обработке деталей на токарном гидросуппорте проводится следующим образом.

Обточка производится с помощью копира (рис. 1.3). Глубина резания составляет $t = 0,5 \text{ мм}$. После обточки диаметры образцов D_1, D_2, D_3 и D_4 (рис. 1.5) замеряются микрометром. После этого определяется разность диаметров $D_2 - D_1$; $D_3 - D_1$ и $D_4 - D_1$. Полученные результаты сравниваются с соответствующими размерами ступеней на копире.

Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип работы и конструкцию гидроконтрольного суппорта.

2. Рассчитать величину составляющих скоростей $V_{\text{пр}}$, $V_{\text{к}}$ и $V_{\text{рез}}$ при обработке ступенчатого валика. Режимы обработки $n \text{ об/мин}$ и $S_0 \text{ мм/об}$ задаются преподавателем.

3. Рассчитать скоростные погрешности при заданных режимах обработки.

4. Экспериментально определить величину скоростных погрешностей δ_c .

5. Экспериментально определить усилие ΔR и позиционные погрешности δ_r .

6. Рассчитать позиционные погрешности.

7. Построить зависимости $\delta_r = f(\Delta R)$ и $\delta_c = f(V_{\text{к}})$, оформить отчет.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ И ОБРАБОТКА ДЕТАЛИ НА СТАНКЕ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ (ЧПУ)

Целью работы является ознакомление с методикой составления программы и обработкой детали на станке, с системой непрерывного управления, с шаговым двигателем и вводом программы на магнитной ленте.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Ознакомление с принципом работы станка с ЧПУ и этапами преобразования информации при разработке программы.
 2. Составление исходных данных, соответствующих индивидуальному заданию.
 3. Расчет координат точек эквидистанты детали, координатных разностей и времени отработки кадров.
 4. Заполнение программы в виде таблиц.
 5. Последующее преобразование программы.
 6. Обработка детали на станке с ЧПУ.
- Продолжительность работы 4 часа.

Принцип работы станка и этапы преобразования информации при разработке программы

При проведении данной работы используется гравировально-фрезерный станок, по своей схеме управления аналогичный фрезерным станкам 6Н13Пр-2, ФП-4, ФП-5 и др.

Управление станка (рис. 2.1) осуществляется независимо по трем координатам электрическими импульсами, записываемыми на магнитную ленту.

При программировании траектория движения фрезы относительно детали от исходного до конечного положения разбивается на прямолинейные участки. Криволинейные траектории также заменяются прямыми отрезками с обеспечением допустимой погрешности аппроксимации.

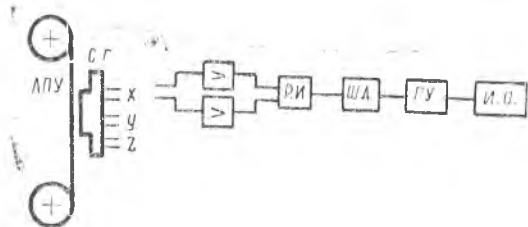


Рис. 2.1. Структурная схема управления станка 6Н13РР-2:

ЛПУ — лентопротяжное устройство; С. Г. — считывающая шестиканальная головка; Р. И. — распределитель импульсов; ШД — шаговой двигатель; ГУ — гидроусилитель; И. О. — исполнительный орган (винт)

Для каждого участка отдельно рассчитывается величина перемещения по одной, двум или трем координатам и определяется длина перемещения. Затем устанавливается скорость движения фрезы относительно детали и определяется время обработки отдельных участков.

Вся информация, относящаяся к каждому участку, составляет кадр программы, который отличается порядковым номером, величиной перемещения, выраженной числом импульсов и скоростью перемещения инструмента относительно детали, выражаемой временем отработки кадра.

Первичная программа представляется в виде таблицы, содержащей информацию для отдельных кадров, которая преобразуется в кодированную информацию на перфоленту, а затем в непрерывную информацию, записываемую на магнитную ленту.

Исходными данными для разработки программы являются сведения о методике программирования, эскиз детали, руководящие материалы по выбору режимов обработки и паспортные данные станка.

Преобразование информации при создании программы можно разделить на следующие этапы.

1. Расчеты координат траектории и выражение их в виде координатных разностей и определение времени отработки кадров.

2. Представление программы в виде таблиц.

3. Воспроизведение программы на перфоленту с помощью ручного перфоратора. При этом может применяться и более совершенный перфоратор П-02 ЭНИМС.

4. Запись программы на магнитную ленту с помощью кодового преобразователя ЛКП-2 60 и пульта записи ПЗК-3-61.

5. Воспроизведение программы на станке с помощью пульта управления ПРС-1-58.

Запись на магнитную ленту позволяет многократное использование программы.

Рассмотренный метод разработки программы предусматривает использование простых вычислительных устройств: арифмометров, настольных счетных машин. Этот метод применим в серийном и крупно-серийном производствах, где программа разрабатывается на партию деталей, также может использоваться во всех случаях при обработке сравнительно простых деталей, имеющих простые замкнутые контуры, образованные прямыми линиями, или симметричные контуры с одинаковыми радиусами кривых.

В условиях единичного производства для разработки более сложных программ в настоящее время используются электронные, автоматические, вычислительные машины, отличающиеся высокой скоростью вычислений и алгоритмизацией процессов расчета. В этом случае в машину вводятся исходные данные, на основании которых машина выдает программу в окончательном виде, записанную на перфорированную или магнитную ленту.

МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ

Методику разработки программы рассмотрим на примере обработки контура детали, показанной на рис. 2.2.

А. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Выбор направления координатных осей. В соответствии с общепринятой методикой программирования за положи-

тельное направление осей координат принимается движение фрезы относительно детали по оси X — вправо, по оси y — от себя и по оси Z — вниз.

II. Выбор начала координат. Если деталь имеет оси симметрии, то за начало координат принимается пересечение этих осей. Если деталь не симметрична, то оси координат располагаются так, чтобы координаты точек детали были положительными.

III. Определение диаметра фрезы. Для обеспечения выполнения внутренних радиусов сопряжения диаметр фрезы определяется по формуле

$$D_{\phi} = 2 \cdot r_{min} ,$$

где r_{min} — минимальный радиус сопряжения контура.

В рассматриваемом примере (рис. 2.2) — фрезерование контура на заготовке в виде листа — радиус фрезы следует взять равным радиусу сопряжения r_1 , что позволяет исключить аппроксимацию этого радиуса.

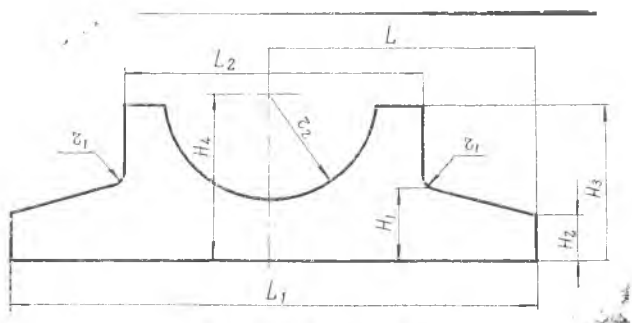


Рис. 2.2. Контур детали

IV. Эквидистанта контура детали. Оси координат. Для детали, показанной на рис. 2.2, координаты точек контура следует рассматривать на плоскости XOY по эквидистанте, отстоящей от обрабатываемого контура детали на величину радиуса фрезы (рис. 2.3).

Ось ординат OY совмещена с осью симметрии детали, а ось OX — с направлением движения фрезы по эквидистанте. Порядковыми номерами 1, 2, 3, . . . 10 обозначены точки перечисления эквидистанты, называемые опорными, или базовыми точками.

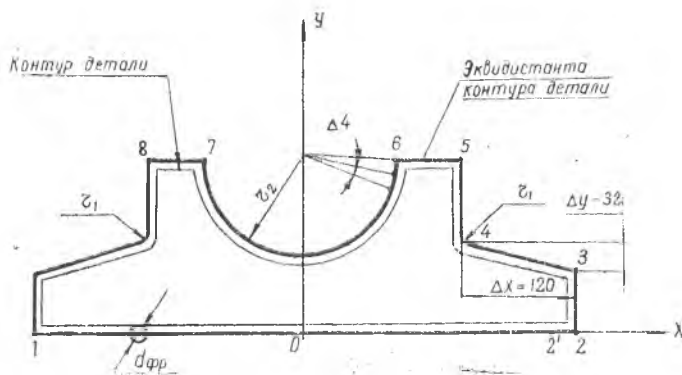


Рис. 2.3. Эквидистанта обрабатываемого контура детали:
 10 — опорные точки эквидистанты; $d_{фр}$ — диаметр фрезы;
 r_1 — радиус сопряжения; $\Delta\alpha$ — угол аппроксимации окружности

V. Порядок обработки контура. Перед назначением порядка обхода определяется исходное положение фрезы. В этом месте на приспособлении для установки детали создается настроечный элемент (например, колпачек, показанный на рис. 2.4). Для рассматриваемого примера можно принять за исходное положение фрезы точку 1 контура (рис. 2.3), отстоящую от поверхности детали по оси oz на расстоянии z_0 (напр., 2 мм), и следующую программу движения фрезы относительно детали.

1. Ускоренный подвод фрезы к детали в направлении оси oz на расстояние z_0 ($z_0 = 2$ мм).

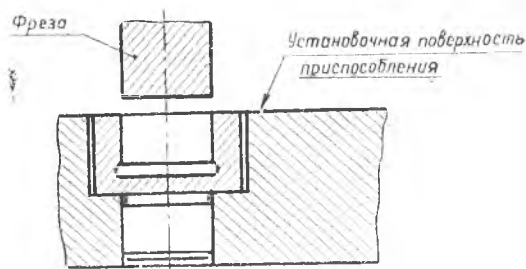


Рис. 2.4. Настроечный элемент для фрезы в приспособлении для установки и закрепления детали

2. Врезание фрезы на заданную глубину (для гравировального станка) или перемещение фрезы на толщину детали (при фрезеровании контура).

3. Фрезерование контура с движением фрезы по эквидистанте 1, 2, 3, . . . 10, 1.

4. Ускоренный отвод фрезы по оси z_0 в исходное положение.

При назначении порядка обработки контура может быть предусмотрено замедление скорости движения фрезы относительно детали в местах перемены направления скорости для того, чтобы избежать искажения траектории за счет влияния изменения направления сил резания относительно осей координат и сил инерции движущихся частей станка (напр. в точке 2 перед изменением направления движения).

Данные о дополнительных участках с замедленным движением фрезы относительно детали выделяются в отдельный кадр программы.

Могут также учитываться «отжимы» фрезы, связанные с жесткостью системы СПИД путем введения расчетных поправок. В случае отсутствия данных по корректировке эквидистанты приближенно можно принять в качестве исходного контура минимальные предельные размеры детали для наружных контуров и максимальные — для внутренних.

VI. Определение скорости движения фрезы и режимов обработки. Режимы обработки подбираются по известным правилам теории резания:

а) выбирается число проходов и устанавливается глубина резания;

б) в зависимости от чистоты обработки по нормативам определяется подача S_z и подача на 1 оборот фрезы;

в) определяются скорость резания, число оборотов фрезы и минутная подача (скорость движения фрезы при обработке контура).

При выполнении лабораторной работы задача выбора режимов резания упрощается. Принимаем, что обработка ведется в один проход, и применяются следующие режимы обработки.

1. Вертикальная подача стола (по оси oz) при ускоренном подводе $S_1 = 5$ мм/мин.

2. Вертикальная подача при врезании $S_2 = 5$ мм/мин.

3. Подача при обходе контура $S_3 = 200$ мм/мин.

VII. Паспортные данные станка. В паспортных данных

станка, как обычно, приводятся максимальные значения перемещений по осям координат, число оборотов фрезы.

Для станков программного управления дополнительно указывается величина перемещения стола при подаче одного импульса, то есть шаг импульса. Кроме этого, если в обычных станках скорости перемещения даются в виде значений минутных подач, то для этих станков они выражаются временем отработки кадра (в сек.).

$$t = \frac{L_i}{S_i} 60 \text{ [сек]}, \quad (2)$$

где L_i — путь движения фрезы при обработке линейного участка;

S_i — минутная подача.

Для гравильного станка имеем:

1. Шаг импульса по осям XOY $h_{xy} = 0,025$ мм.

2. Шаг импульса по оси Z $h_z = 0,001147$ мм.

При этом 1 мм перемещения стола по осям OX и OY соответствует 40 импульсам ($m = \frac{1}{h_{xy}} = 40$), а по оси oz ($m_2 = \frac{1}{h_z}$) 680 импульсам).

Значения времени отработки кадров и соответствующий им код времени, фиксируемый на перфоленте, показаны в табл. 1. Следует отметить, что использование объема делителя D_2 уменьшает время отработки кадра в десять раз (на одну декаду) по сравнению с D_1 .

Таблица 1

Код времени и время отработки кадров на станке

Код времени (№ дорожки, № столбца)				Объем делителя	Время отработки кадра, сек.
5—7,	5—8,	5—9,	5—10	D_1	1,39
5—7,	5—8,	5—9,	5—11	„	1,59
5—7,	5—9,	5—10		„	1,67
5—7,	5—8,	5—9		„	1,85
5—7,	5—9,	5—11		„	1,9

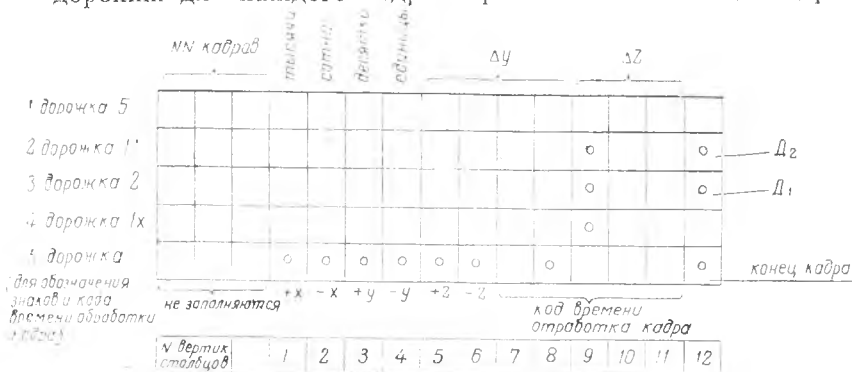
Код времени (№ дорожки, № столбца)	Объем делителя	Время обрабо- тки кадра, сек
5-7, 5-9	D_1	2,13
5-7, 5-10, 5-11	„	3,34
5-8, 5-9, 5-10	„	4,2
5-7, 5-10	„	4,45
5-8, 5-9	„	5,6
5-7, 5-11	„	6,7
5-9, 5-10, 5-11	„	7,5
5-9, 5-10	„	8,4
5-9, 5-11	„	9,5
5-9	„	11,2
5-7	„	13,3
5-8, 5-11	„	16,7
5-10	„	22,3
5-8	„	33,4
5-7, 5-11	D_2	0,67
5-9, 5-10, 5-11	„	0,75
5-9, 5-10	„	0,84
5-9, 5-11	„	0,95
5-9	„	1,12
5-7	„	1,33
5-8, 5-11	„	1,67
5-10	„	2,23
5-8	„	3,34

VIII. Схема кадра. Схема кадра является одной из паспортных характеристик системы ЧПУ.

На каждом отдельном кадре фиксируется вся информация, относящаяся к одному линейному участку, независимо от его размеров, если он не превышает памяти интерполятора по числу передаваемых импульсов.

Для уменьшения объема кадра в линейных интерполяторах (кодových преобразователях) ЭНИМС применяется двоично-десятичный код 5-1-2-1.

Для применяемого в лаборатории кодového преобразователя ЛКП-2-60 кадр (рис. 2.5) имеет 12 вертикальных колонок. На 4-х дорожках одиннадцати колонок пробивками на перфоленте фиксируется величина перемещений по координатам x , y , z . На пятой дорожке кодируются знаки перемещений и время отработки кадра. В последнем столбце пятой дорожки для каждого кадра пробивается «конец кадра».



Комбинации разрядов, применяемые для представления десятичных цифр:

1-1x; 2-1x, 1x; 3-2, 1x; 4-2, 1x, 1x; 5-5; 6-5, 1x; 7-5, 2; 8-5, 2, 1x; 9-5, 2, 1x, 1x;

Указанные комбинации дают более равномерную форму импульсов с выхода интерполятора

2.5. Схема кодра для кодového преобразователя ЛКП-2-60. Комбинации разрядов, принятые для представления десятичных цифр.

В коде 5-1-2-1 можно представить любое десятичное число. При этом возможны различные представления чисел. Например, число 2 можно представить или двойкой, или суммой $1x + 1x$; число 3 можно представить в виде $2 + 1x$ или $2 + 1x$. Различное представление десятичных чисел при использовании кодových преобразователей влияет на равномерность подачи.

На рис. 2.5 показаны рекомендуемые комбинации представления десятичных чисел, обеспечивающие более равномерную подачу импульсов с выхода интерполятора.

Б. РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК И КООРДИНАТ ТОЧЕК АППРОКСИМИРОВАННОЙ ОКРУЖНОСТИ

Координаты опорных точек (точек пересечения линий эквидистанты) определяются в простых случаях непосредственно по изображению эквидистанты, а в более сложных случаях с применением правил аналитической геометрии, которые предусматривают запись уравнений заданных линий и совме-

местное решение этих уравнений, что позволяет определить координаты точек пересечения. Как было указано, эти точки называются опорными точками профиля. При этом криволинейные контуры в машиностроении обычно задаются дугами окружности, которые при линейной аппроксимации заменяются вписанными многоугольниками.

Длина сторон многоугольника выбирается исходя из допустимой погрешности аппроксимации δ_1 (рис. 2.6), определяющей угол аппроксимации $\Delta\varphi$.

Для окружности погрешность аппроксимации определяется по формуле

$$\delta_1 = R \left[1 - \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \right]. \quad (3)$$

Откуда значение угла аппроксимации выражается в виде

$$\Delta\varphi = 2 \arccos \left[1 - \frac{\delta_1}{R} \right]. \quad (4)$$

Погрешность аппроксимации определяется в зависимости от допустимого отклонения δ контура детали.

Обычно принимается

$$\delta_1 = (0,1 \text{ :- } 0,4) \delta. \quad (5)$$

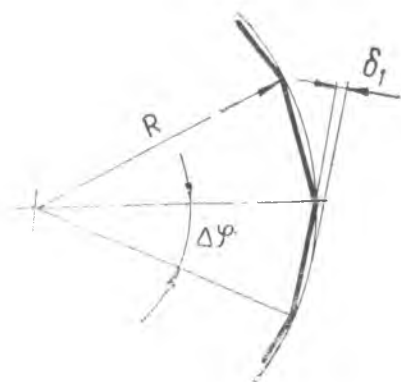


Рис. 2.6. Аппроксимация окружности.

Так, например, при $R = 15 \pm 0,2$ допустимое отклонение $\delta = 0,2$ мм. Погрешность аппроксимации равна $\delta_1 = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06$ мм.

При этом угол аппроксимации можно определить, используя таблицу значений косинусов малых углов (табл. 2).

Таблица 2

Значение косинусов малых углов

Гра- дусы	М Н Н У Т Ы									
	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
1	0,9998	0,9998	0,9998	0,9997	0,9997	0,9997	0,9996	0,9996	0,9995	0,9995
2	0,9994	9993	9992	9992	9991	9990	9990	9989	9988	9987
3	0,9986	9985	9984	9983	9982	9981	9980	9978	9978	9977
4	0,9976	9974	9973	9972	9971	9969	9968	9966	9965	9963
5	0,9962	9960	9959	9957	9956	9954	9952	9951	9949	9947
6	0,9945	9943	9942	9940	9938	9936	9934	9932	9930	9928
7	0,9925	9923	9921	9919	9917	9914	9912	9910	9907	9905
8	0,9903	9900	9988	9895	9893	9890	9888	9885	9882	9880

Для рассматриваемого примера угол аппроксимации

$$\Delta\varphi = 2 \arccos \left[1 - \frac{\delta_1}{R} \right] = 2 \arccos \left[1 - \frac{0,06}{15} \right] = 2 \arccos 0,996.$$

По таблице 2 определяем $\arccos 0,996 = 5^{\circ}06'$ и, следовательно, $\Delta\varphi = 10^{\circ}12'$.

С целью уменьшения расчетов, в табл. 3 даются координаты точек многоугольника, вычисленные по формулам: $x = R \sin \alpha$, $y = R \cos \alpha$ для различных значений радиусов, соответствующих индивидуальным заданиям, приведенным в табл. 5.

Радиусы при этом выражены не в мм, а числом импульсов, соответствующих перемещениям стола по координатам ОХ и ОУ (1 мм соответствует 40 имп.). В табл. 5 значение координат дается для углов аппроксимации со степенями в 10° . В случаях получения промежуточных значений производим округление в сторону меньших значений.

Допускается округление и в сторону больших значений, но с таким расчетом, чтобы погрешность аппроксимации не превысила максимально-допустимого значения ($\delta_1 = 0,4\delta$).

Таблица 3

Значения координат точек аппроксимированной дуги окружности

Радиус дуги, мм.	Координаты	Г р а д у с ы									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
420	x	0	73	144	210	269	322	367	395	414	420
	y	420	414	395	367	322	269	210	144	73	0
440	x	0	76	150	220	283	337	381	413	433	440
	y	440	433	413	381	337	283	220	150	76	0
460	x	0	80	157	230	296	352	398	432	453	460
	y	460	453	432	398	352	296	230	157	80	0
480	x	0	84	164	240	309	368	416	451	473	480
	y	480	473	451	416	368	309	240	164	84	0
500	y	500	492	470	433	383	321	250	171	87	0
	x	0	87	171	250	321	383	433	470	492	500
520	y	520	512	489	350	398	334	260	178	90	0
	x	0	90	178	260	334	398	350	489	512	520
540	x	0	94	185	270	347	414	468	507	532	540
	y	540	532	507	468	414	347	270	185	94	0
560	x	0	97	192	280	360	429	485	526	552	560
	y	560	552	526	485	429	360	280	192	97	0
580	x	0	100	198	290	373	444	502	545	571	580
	y	580	571	545	502	444	373	290	198	100	0
600	x	0	104	205	300	386	460	520	564	591	600
	y	600	591	564	520	460	386	300	205	104	0

**В. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК
В ВИДЕ КООРДИНАТНЫХ РАЗНОСТЕЙ, ВЫРАЖЕННЫХ ЧИСЛОМ
КОМАНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ
ОТРАБОТКИ КАДРА**

Программа движений фрезы по эквидистанте выражается не координатами точек, а изменениями координат от исходного положения в виде координатных разностей.

Так, в ранее приведенном примере (рис. 2.3) в соответствии с принятой программой движений в первом кадре будет отражена информация, относящаяся к ускоренному подводу фрезы по оси OZ на $Z = 2$ мм.

Для реализации этого необходимо подать в цепь управления по оси OZ

$$m = Z_0 \cdot m_2 = 2 \cdot 680 = 1360 \text{ импульсам.}$$

Емкость памяти интерполятора по оси OZ не превышает 999 импульсов (рис. 2.5). Следовательно, этот переход необходимо выразить двумя кадрами по 680 импульсов.

Если принять, как было указано ранее, что движение осуществляется со скоростью $V_1 = 50$ мм/мин, то скорость подачи в импульсах в секунду определится

$$V_1 = \frac{50 \cdot 680}{60} = 566 \text{ имп/сек.}$$

При этом время обработки кадра

$$t_1 = \frac{680}{566} = 1,2 \text{ сек.}$$

Нетрудно заметить, что это значение можно было получить, выражая перемещения в мм и скорость в мм/мин., т. е.

$$t_1 = \frac{\Delta L}{V_1} \cdot 60 = \frac{1}{50} \cdot 60 = 1,2 \text{ сек.}$$

Учитывая, что программа выражается в импульсах, в дальнейшем все расчеты рекомендуется производить в размерности: для перемещения в импульсах и для скорости в импульсах/сек.

Таким образом, для первых двух кадров получаем величины перемещений по осям OX и OY , равные нулю, а по оси $OZ - Z_1 = +680$ импульсов при скорости перемещения 566 имп./сек., что соответствует времени отработки кадра 1,2 сек. Сравнивая это значение с табличным (табл. 1), при-

нимаем ближайшее большее значение

$$t_1 = 1,33 \text{ сек.},$$

что соответствует пробивке отверстия на перфоленте в 7 столбце на пятой дорожке при объеме делителя D_2 (пробивка в 12 столбце второй дорожки).

Таким же образом определяются координатные разности для последующих кадров.

Рассмотрим некоторые особенности при расчете перемещения фрезы относительно детали по двум координатам (участок 3—4 рис. 2.3). Расстояние между двумя точками, выраженное числом командных импульсов, при этом определится

$$\Delta L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Для упрощения расчетов при программировании в этом случае могут быть использованы таблицы (табл. 4).

Таблица 4

		Значение коэффициента λ							
$\frac{\Delta W}{\Delta U}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,55	0,6	0,7	
λ	1,0	1,02	1,04	1,08	1,12	1,14	1,17	1,22	
$\frac{\Delta W}{\Delta U}$	0,65	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1		
λ	1,19	1,25	1,28	1,31	1,34	1,38	1,41		

Так, значение ΔL можно выразить

$$\Delta L = \Delta U \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta W}{\Delta U}\right)^2} = \lambda \cdot \Delta U,$$

где ΔU — значение наибольшей координатной разности в имп.

Для рассматриваемого примера (рис. 2.3, участок 3-4) при отношении

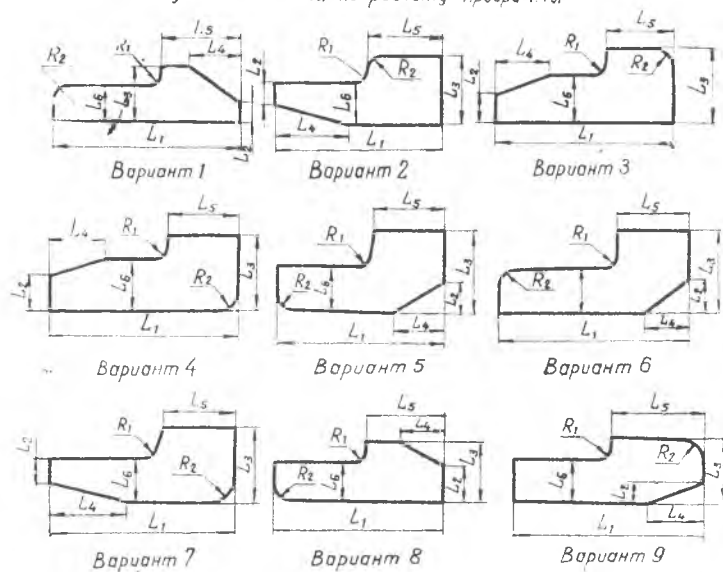
$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{320}{1200} = 0,267 \text{ по табл. 4 получим}$$

$$\lambda = 1,04, \text{ т. е. } \Delta L = 1,04 \cdot 1200 = 1250 \text{ имп.}$$

При аппроксимации окружности длина участка ΔL определяется один раз, что соответствует принятому углу аппроксимации.

При этом для определения участков аппроксимированной окружности можно использовать таблицу 4.

Таблица 7
Индивидуальные задания по расчету программы



Размеры детали

№№ вариан- тов	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	R_1	$R_2 \pm 0,5$
1	100	10	32	25	40	20	$2,5 \pm 0,5$	8,0
2	105	11	33	26	41	21	—	8,5
3	110	12	34	27	42	22	—	9,0
4	115	13	35	28	43	23	—	9,5
5	120	14	36	29	44	24	—	10,0
6	125	15	37	30	45	25	—	10,5
7	130	16	38	31	46	26	—	11,0
8	135	17	39	32	47	27	—	11,5
9	140	18	40	33	48	28	—	12,0

Г. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОГРАММЫ В ВИДЕ ТАБЛИЦ

В первой таблице программы в порядке установленной последовательности движений заполняются координатные разности для каждого прямолинейного участка в виде значений Δx , Δy и ΔZ , выраженных числом командных импульсов. Указывается скорость движения фрезы в имп./сек., время обработки кадра (расчетное и табличное) и соответствующий код времени (из таблицы 1).

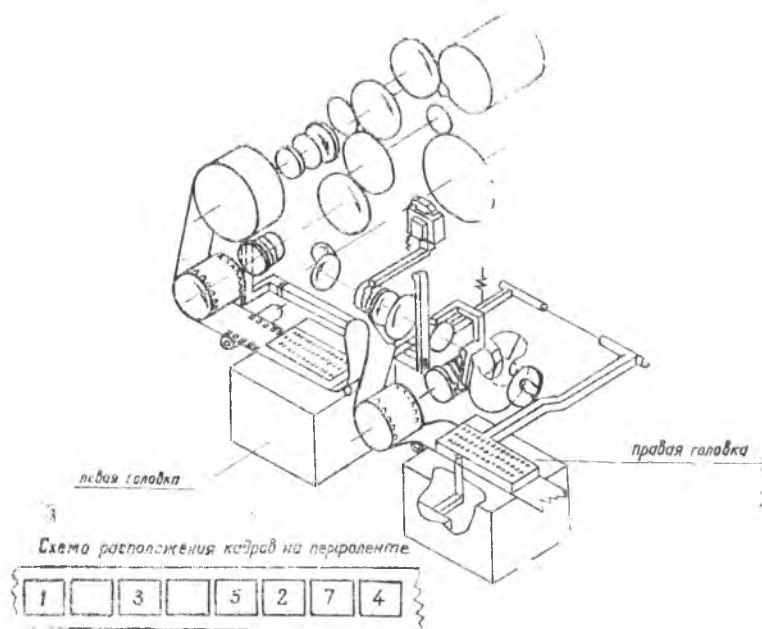


Рис. 2.7. Схема считывающего устройства.

При заполнении второй таблицы программы кадры располагаются в том порядке, в котором осуществляются пробивки на перфоленте. При этом следует учитывать, что четные кадры сдвигаются на два кадра, что связано с конструкцией считывающего устройства преобразователя (рис. 2.7).

Дело в том, что считывание нечетных кадров выполняется одной (левой) головкой, а четных кадров — другой головкой. Головки, по конструктивным соображениям, сдвинуты одна относительно другой.

Учитывая это, сначала следует заполнить данные, относящиеся к нечетным кадрам, затем, сместив четные на два кадра (после пятого), заполнить данные четных кадров. В первых двух строчках для четных кадров (после первого и третьего) ставятся нули. Знак координатных разностей и время отработки кадра в этой таблице отмечается кружками в соответствующем столбце, что означает пробивку на пятой дорожке перфоленты (см. схему, рис. 2.5).

Индивидуальные задания и порядок их выполнения

В табл. 5 приведены задания по расчету программ. Рекомендуется следующий порядок их выполнения.

1. Вычерчивается обрабатываемый контур в масштабе и эквидистанта контура.

2. Наносятся оси координат.

3. Устанавливается исходная точка контура, от которой начинается обработка детали и направление обхода контура.

4. Составляется программа обработки детали и согласовывается с преподавателем.

5. Определяются координатные разности для каждого участка эквидистанты, скорость движения фрезы и время отработки кадра и заполняется первая таблица программы, которая проверяется преподавателем.

6. Заполняется вторая таблица программы и также проверяется преподавателем.

7. Определяется время обработки детали путем суммирования данных по отдельным кадрам.

8. Выполняется пробивка программы на перфоленте с помощью ручного перфоратора. Для экономии перфоленты каждый студент пробивает 2—3 кадра по указанию преподавателя.

9. Производится ознакомление студентов с кодовым преподавателем ЛКП-2-60 и пультом записи ПЗК-3-61.

10. Контур детали обрабатывается на гравильно-фрезерном станке с применением пульта управления ПРС-1-58 и секундомером определяется время обработки, которое сравнивается с соответствующей программой, разработанной одним из студентов.

11. Делаются выводы по работе и на основе трудоемкости разработки программы для отдельных участков оценивается область применения «ручных» методов программирования.

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 2

Составление программы и обработка детали
на гравировально-фрезерном станке
с числовым программным управлением

Выполнил студент _____

Группа _____

Дата _____

1. Чертеж обрабатываемого контура детали и эквидистанты.

2. Программа рабочих движений фрезы
(относительно обрабатываемой детали).

Первая таблица программы

№ кадров	Координатные разности в импульсах			Подача в имп/сек.	Время в сек.		Объем делителя	Код времени
	Δ x	Δ y	Δ z		расчет.	таб- личн.		

Вторая таблица программы

№ кадров	Δx				Δy				Δz				D	Время от- раб. кадра	Примечание
	+x	-x	+y	-y	+z	-z	7	8	9	10	11	12			

Выводы по работе.

Работу сдал _____ Работу принял _____

Дата _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОБУНКЕРА

Целью работы является исследование параметров и производительности вибробункера в зависимости от режима его работы и веса засыпаемых заготовок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучение конструкции вибробункера и режимов его работы:

2. Исследование амплитуды колебаний лотка вибробункера от силы питающего тока.

3. Исследование зависимости скорости движения заготовок по лотку от амплитуды колебаний.

4. Исследование влияния веса засыпаемой партии деталей на значение амплитуды и скорости движения деталей по лотку.

5. Определение коэффициента, учитывающего непрерывность потока (целевого КПД), и производительности вибробункера.

Продолжительность работы 2 часа.

КОНСТРУКЦИЯ ВИБРОБУНКЕРА. ПРИНЦИП РАБОТЫ, РЕЖИМЫ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Вибробункер (рис. 3.1.) состоит из следующих узлов:

1. чаши бункера (емкости) для засыпки деталей со спиральным лотком 5;

2. основания бункера;
3. плоских пружин, на которых чаша крепится к основанию;
4. электромагнитных вибраторов.

В машиностроении применяются и другие конструктивные разновидности вибробункеров: с наружным винтовым лотком, с одним вибратором, расположенным на оси бункера, с креплением чаши на стержнях круглого сечения и др.

Спиральный лоток 5 исследуемого вибробункера располагается на внутренней поверхности цилиндрической чаши под углом α к горизонту.

Чаша укрепляется на плоских пружинах, расположенных к вертикали под углом

$$\delta = \alpha + \beta, \quad (1)$$

где β — угол между лотком и перпендикуляром к пружинам.

При работе лоток совершает колебательное движение в направлении, перпендикулярном пружинам, которые располагаются по окружности. Это движение можно разделить на вращательное, относительно вертикальной оси бункера, и

возвратно - поступательное — вдоль этой оси. При движении лотка действует противоположно-направленные силы инерции. При движении лотка вниз (рис. 3.2.) вертикальная составляющая силы инерции P_v будет направлена в сторону, противоположную весу детали, за счет этого уменьшается как нормальное воздействие детали на лоток, так и сила трения между деталью и лотком. При соответствующих значениях амплитуды колебаний

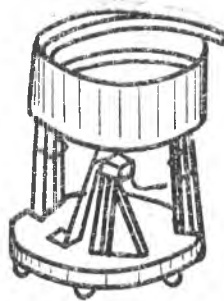


Рис. 3.1. Принципиальная схема вибробункера.

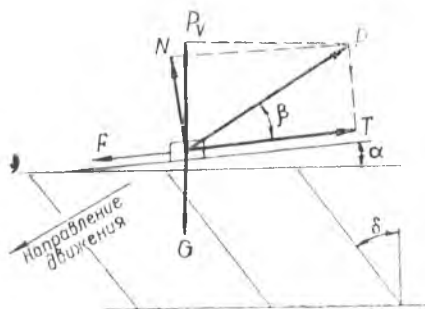


Рис. 3.2. Схема сил при движении лотка вниз:

P — сила инерции; P_v — вертикальная составляющая силы инерции; N — нормальная сила; T — сила, действующая в направлении лотка; G — вес детали; F — сила трения детали о лоток.

под действием составляющей силы инерции T , направленной вдоль лотка, деталь будет скользить вверх относительно лотка.

При движении лотка вверх за счет сил инерции нормальное воздействие детали на лоток и сила трения между деталью и лотком увеличиваются, и деталь двигается также вверх вместе с лотком. В этом случае составляющие веса детали и силы инерции, действующие вдоль лотка, меньше, чем сила трения между деталью и лотком.

За счет указанных сил при малых амплитудах колебаний наблюдается устойчивое движение детали по лотку. С увеличением амплитуды колебаний, скорость движения увеличивается. Такой режим работы бункера называется «режимом с проскальзыванием деталей».

При увеличении амплитуды колебаний возрастают и силы инерции и наступает момент, когда вертикальная составляющая сил инерции будет больше веса детали. Этот момент соответствует началу нового режима — «с подбрасыванием детали». Предельное значение амплитуды, соответствующее переходу на этот режим, выражается формулой

$$a = \frac{g}{\omega^2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \beta}, \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения;

$\omega = 2\pi\Theta$ — круговая частота;

Θ — частота колебаний в герцах;

$\beta = \delta - \alpha$ — угол между лотком и перпендикуляром к пружинам.

Режим работы «с подбрасыванием» до определенных значений амплитуд увеличивает скорость движения деталей, а следовательно, и производительность бункера, не требует конструктивных улучшений лотка и приемных устройств питателя, направленных на обеспечение условий устойчивости движения. При данном режиме наблюдается соударение деталей, ухудшающее их направленное движение, вследствие чего чрезмерное увеличение амплитуды колебаний ведет к снижению производительности бункера.

Под производительностью бункера понимается количество деталей в минуту, выдаваемое бункером в отводящий лоток или питатель.

Производительность вибробункера определяется по формуле

$$Q = \frac{V}{l} \cdot \eta, \quad (3)$$

где V — средняя скорость движения заготовок по лотку
мм/мин;

l — длина детали (*мм*);

η — коэффициент, учитывающий непрерывность потока деталей. Обычно принимаются $\eta = 0,8 - 0,9$.

Средняя скорость движения заготовок по лотку вибробункера определяется по формуле

$$V = S_{cp} \cdot h, \quad (4)$$

где S_{cp} — среднее перемещение детали за 1 цикл (*мм*);

h — число циклов в минуту.

Величина среднего перемещения за один цикл зависит от многих факторов, главными из которых является:

1. Амплитуда колебаний, зависящих от тягового усилия вибратора и соотношения частоты собственных колебаний системы и вибратора, определяющая режим работы бункера.

2. Частота колебаний системы. Для получения колебаний, приближающихся к гармоническим, и повышения КПД вибратора, частота его колебаний должна приближаться к частоте собственных колебаний системы, что достигается установкой пружин соответствующей жесткости. Частота колебаний электромагнитного вибратора при питании его промышленным током соответствует 100 герц, а при подаче тока через выпрямитель — 50 герц.

3. Углы α и β определяющие положения лотка и плоских пружин.

4. Коэффициент трения между поверхностями детали и лотка, который существенно изменяется при загрязнении лотка и попадании смазки.

5. Режим работы бункера.

Теоретические формулы, позволяющие рассчитать величину перемещения детали за цикл, среднюю скорость движения и производительность бункера являются приближенными. Наиболее простыми являются формулы, относящиеся к переходному режиму при указанном значении амплитуды

колебаний. В этом случае величина среднего перемещения за цикл определяется так:

$$S_{cp} = 7af \cdot \sin\beta - \frac{g\pi^2}{\omega^2}, \quad (5)$$

где f — коэффициент трения скольжения детали по лотку.

С учетом выражения (2) величина среднего перемещения за цикл может быть представлена в виде

$$S_{cp} = 10a \cdot \sin\beta (0,7f - \text{tg}\gamma). \quad (6)$$

Для алюминиевого лотка и остальных заготовок могут быть приняты следующие значения f :

- а) для необработанных деталей $f = 0,6 \text{--} 0,8$;
- б) для предварительно-обработанных заготовок $f = 0,5 \text{--} 0,7$
- в) для закаленных шлифовальных заготовок $f = 0,4 \text{--} 0,6$.

Установлено, что при обычно принятой конструкции бункера основным параметром, определяющим режим работы бункера и среднюю скорость движения деталей, является амплитуда колебаний. Установление связи между ней и другими параметрами бункера имеет большой теоретический и практический интерес.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

После изучения конструкции и принципа работы с разрешения преподавателя вибробункер включается в сеть через селеновый выпрямитель, что обеспечивает частоту колебаний вибраторов 50 герц.

Режим работы бункера при проведении экспериментов изменяется с помощью реостата, создающего необходимое напряжение и силу тока в катушках электромагнитных вибраторов.

Рекомендуется следующий порядок проведения экспериментов и обработки данных:

1. При 8—10 значениях силы тока с помощью измерительной луны определяется амплитуда колебаний чаши бункера. При этом для каждого значения силы тока при небольшом количестве деталей, загруженных в бункер, путем измерения пути их движения за фиксированное время (по секундомеру) определяется скорость движения деталей по лотку и отмечается режим работы бункера («с проскальзыванием» или «подбрасыванием»).

2. При поочередной засыпке деталей весом в 1, 2, 3 и 5 кг определяется действительная производительность бункера при значениях силы тока, обеспечивающих наибольшую скорость движения деталей.

3. Строятся графики скорости деталей по лотку в зависимости от силы тока и амплитуды колебаний.

4. Определяется наибольшая производительность вибробункера (при непрерывном движении деталей) по формуле

$$Q = \frac{V}{l},$$

где V — средняя наибольшая скорость движения детали при оптимальном значении силы тока;

l — длина детали.

5. Определяется коэффициент, учитывающий разрывы в потоке деталей,

$$\eta = \frac{Q_{\text{г}}}{Q}.$$

6. Строится график производительности вибробункера в зависимости от веса засыпаемых деталей при оптимальном режиме его работы.

7. Производится расчет производительности на переходном режиме (от режима «с проскальзыванием» к режиму «с подбрасыванием») по формулам (2), (6), и (3) и производится сравнение с экспериментальными данными на основании наблюдений о режимах работы.

8. Делаются выводы по работе.

О Т Ч Е Т
по лабораторной работе № 3
**«ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОБУНКЕРА»**

Выполнил студент _____

Группа _____

Дата _____

Схема вибробункера:

2. Расчеты и построение графика:

3. Выводы по работе

Работу сдал _____ Работу принял _____

Дата _____

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 1

Исследование погрешностей копирования при обточке
ступенчатых валиков с применением гидросуппорта

Выполнил студент _____

Группа _____

Дата _____

1. Схема гидросуппорта

2. Эскиз обрабатываемой детали.

3. Расчет скоростных и позиционных погрешностей копирования.

4. Результаты экспериментального определения погрешностей копирования.

а) скоростные (δ_v) $t =$ _____ мм; $n =$ _____ об/мин.

Величины	Участок II ($\beta=21^\circ$)		Участок IV ($\beta=90^\circ$)	
	V_k	δ_v	V_k	δ_v
$S_1 =$				
$S_2 =$				
$S_3 =$				

б) позиционные (δ_k) $S =$ _____ мм/об; $n =$ _____ об/мин.

Глубина резания	ΔR	δ_k	$\delta_{\text{факт}}$
$t_1 =$			
$t_2 =$			
$t_3 =$			

в) точность копирования $S =$ _____ мм/об; $t =$ _____ мм;

$n =$ _____ об/мин.

Величина	Участок детали					
	I	II (D_2-D_1)	III	IV (D_3-D)	V	VI (D_2-D)
Данные копира						
Данные детали						
$\delta_{\text{факт}}$						

5. Выводы.

Работу сдал _____ Работу принял _____

Дата _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИБОРА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ АК-ЗМ

Целью работы является изучение прибора активного контроля и методики исследования его метрологических характеристик.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Изучение конструкции прибора АК-ЗМ для активного контроля диаметров валов.
2. Исследование стабильности показаний прибора и точности измерения.

Продолжительность работы — 2 часа

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Прибор АК-ЗМ предназначен для активного контроля валов в процессе наружного шлифования методом врезания и управления процессом обработки по результатам измерения.

С помощью прибора можно измерять детали диаметром 10—120 мм при измерительном усилии 1 кг. Прибор АК-ЗМ (рис. 4.1.) состоит из скобы с датчиком и электронного преобразующего блока с прибором визуального наблюдения типа М-362.

Как видно из рисунка, на деталь надевается измерительная скоба с неподвижными наконечниками 1 и 2 и подвижным наконечником на измерительном штоке 3.

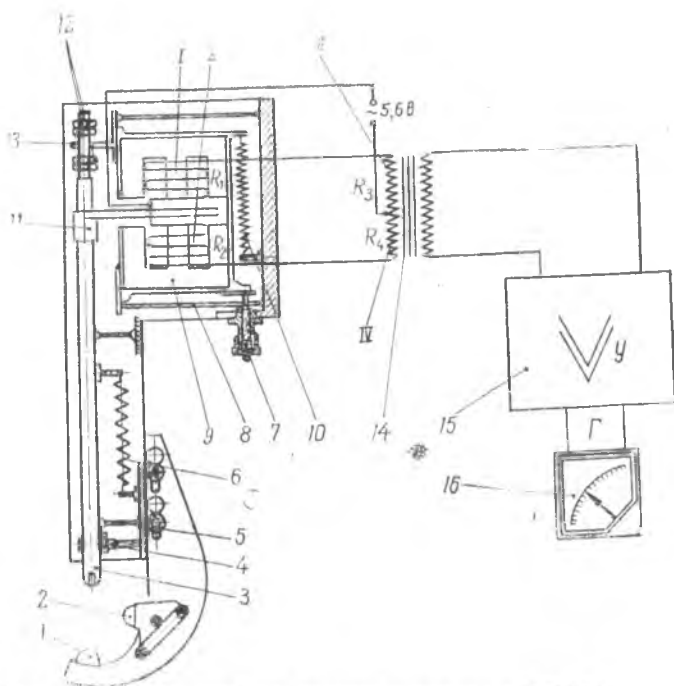


Рис. 4.1. Схема прибора активного контроля АК-3М.

Измерительный шток крепится к корпусу датчика на плоских пружинах 5 с возможностью перемещения вдоль оси. Подвижный измерительный наконечник пружиной 6 прижимается к детали. На втором конце штока крепится якорь 11 электроиндуктивного датчика. Кроме этого, с помощью гаск 12 перемещение измерительного штока ограничивается в пределах измерительной шкалы прибора. Если перемещение штока превышает величину допустимого хода, то корпус датчика с электромагнитами на пружинах отклоняется, отрываясь от микровинта 7. При этом измерение не производится. Оно возможно лишь при условии, когда корпус магнита соприкасается с микровинтом 7.

Измерительная скоба с датчиком крепится на подвеске амортизатора, обеспечивающего плавное перемещение скобы в период ее подвода, отвода и надевания на контролируемый вал.

Электроннопреобразующий блок имеет электроизмерительную систему с дифференциальным трансформатором.

Катушки I и II датчика и обмотки III и IV трансформатора составляют мост, равновесие которого наступает при условии $R_1 R_4 = R_2 R_3$. При этом токи в диагоналях I и II моста будут равны между собой и направлены в противофазе. В этом случае магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 уравновешены, и ток на выходной обмотке дифференциального трансформатора отсутствует. При перемещении ферромагнитного якоря, связанного с измерительным штоком, происходит изменение сопротивлений R_1 и R_2 катушек датчика, и на выходе трансформатора появится электрический сигнал (ток), модуль которого будет пропорционален его величине, а фаза — направлению изменения сигнала. Равновесие моста настраивается по эталонной детали с помощью микрометрического винта 7.

Электросхема прибора (рис. 4.2.) изготовлена на лампах 1ЛА (6Н2П) с анода которых снимается усиленный сигнал, поступающий через конденсатор и переменное сопротивление на сетку лампы 2ЛА (6Н1П). В катодную цепь этой лампы включен регистрирующий прибор М-362. Величина тока, текущего через прибор, определяется амплитудой сигнала на сетке лампы 2ЛА (6Н1П), пропорциональной смещению якоря датчика относительно точки баланса, и током, создаваемым диодом D_1 . Ток, протекающий через прибор, равен алгебраической сумме токов лампы 2ЛА и диода D_1 .

Кроме этого в приборе имеются цепи управления для предварительной и окончательной команд управления станком, в которых предусматриваются в качестве исполнительных элементов реле и электромагниты, воздействующие на золотники управления станком.

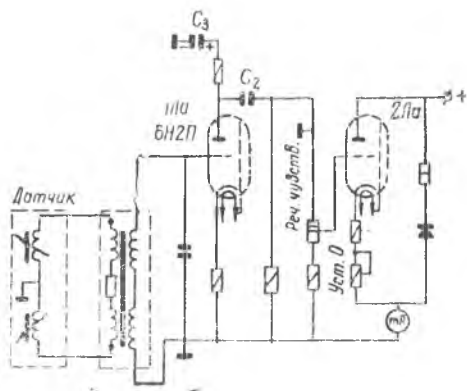


рис. 4.2. Электросхема прибора АК-3М

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока через феррорезонансный стабилизатор напряжения. Время прогрева электронного преобразующего блока 20 минут.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Исследование стабильности показаний прибора и его точности производится на установке, смонтированной на токарном станке. Прибор на подвеске крепится на резцедержателе.

В центрах станка устанавливается конический валик с цилиндрической поверхностью на его конце, на который настраивается прибор.

Путем перемещения суппорта вдоль станины относительно неподвижного конического валика на величину 50, 100, 200 и 250 мм фиксируются показания прибора. Действительный размер диаметров конической части валика определяется по формуле

$$D_{iл} = D_{ц} - Kl_i, \quad (1)$$

где $D_{ц}$ — диаметр цилиндрической части валика;

K — конусность валика;

l_i — длина от начала конической части до места измерения.

По формуле (1) определяются действительные диаметры конических поясков, которые сравниваются с показанием прибора.

Определяется погрешность измерения

$$\delta_i = D_i - D_{iл},$$

где D_i — размер валика по прибору;

$D_{iл}$ — действительный размер вала.

На основании не менее 50 измерений определяется средне-квадратическое отклонение

$$\sigma = \sqrt{\sum \delta_i^2 / n}.$$

Определяются величины вероятной погрешности

$$\delta = \frac{2}{3} \sigma$$

и предельного значения погрешности измерения

$$\delta = 6\sigma.$$

По полученным результатам делаются заключения о точности и стабильности показаний прибора.

О Т Ч Е Т

по лабораторной работе № 4

«ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИБОРА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ АК-ЗМ»

Выполнил студент _____

Группа _____

Дата _____

1. Схема прибора АК-ЗМ.

2. Эскиз.

3. Данные измерения

№ п/п	Действ. размер.	Отклонения по прибору	Результат измерения	Погрешность	Для расчетов
----------	--------------------	--------------------------	------------------------	-------------	--------------

4. Среднеквадратное отклонение

5. Величина вероятной и предельной погрешности.

6. Заключение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрохимическая обработка металлов и вопросы точности в авиационном машиностроении. Труды КуАИ, вып. XXVII, Куйбышев, 1967.
2. *Агурский* и др. Числовое программное управление станками. Машгиз, 1966.
3. *Евстигнеев* и др. Руководство к лабораторным занятиям. МАИ, 1968.
4. *Медвидь*. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы. Машгиз, 1963.