

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 13.04.2023 11:01:23
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова

2023 г.

ИСПЫТАНИЕ СТАНКОВ С ЧПУ И МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКОВ
НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ

Методические рекомендации по выполнению практической работы
для студентов направления Машиностроение

Курск 2023

УДК 621.(076.1)

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *О.С.Зубкова*

Испытание станков с ЧПУ и многоцелевых станков на геометрическую точность: методические рекомендации по выполнению практической работы для студентов направления Машиностроение/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.И.Яцун – Курск, 2023. – 9 с.:– Библиогр.: с. 9.

Содержат сведения по проверке станков на геометрическую точность, классификации металлорежущих станков по точности. Указывается порядок выполнения практической работы, интерактивные ссылки на технические характеристики станков и нормативную базу испытаний станков с ЧПУ и многоцелевых станков

Методические рекомендации соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления 15.04.01 Машиностроение дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. [кол-во стр. : 16 x 0,93] . Уч.-изд. л. [кол-во стр. : 19].

Тираж 100 экз. Заказ *106* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы.

1. Ознакомиться с видами испытаний станков, целями проведения испытаний.
2. Ознакомиться с нормативной базой проведения испытаний станка на геометрическую точность, инструментальным оснащением для проведения испытания, требованиям по допускаемым значениям по точности.

Задание.

1. Изучить ГОСТ по испытанию станка на геометрическую точность (См. Библиографический список. Нормативные документы).
- 2) В соответствии с типом и моделью станка написать регламент проведения проверок на геометрическую точность станка.

ПОСМОТРИТЕ ФИЛЬМЫ:

https://vk.com/video-71440983_456239109

Проверка станка с ЧПУ на геометрическую точность

<https://youtu.be/25pL7o9ERW8> Проверка станка с ЧПУ на точность позиционирования

Общие положения

Станок в первую очередь должен обеспечивать необходимую геометрическую точность всех его элементов.

Вследствие неточного расположения отдельных механизмов и деталей станка и неточности основных направляющих элементов происходит нарушение тех геометрических траекторий, по которым перемещаются основные рабочие органы станка.

Например, из-за погрешностей подшипников шпинделя или овальности его шеек происходит радиальное биение шпинделя, которое искажает форму обрабатываемой детали в поперечном направлении. Отклонение от прямолинейности направляющих скольжения, приводит к искажению траектории перемещения суппортов и столов станка, что также искажает форму обработанной поверхности.

В нормах точности металлорежущих станков указаны допустимые отклонения (погрешности) для различных типов станков и методы проверки всех основных элементов станка.

Помимо геометрической различают кинематическую точность, которая необходима для характеристики тех станков, в которых форма обрабатываемой поверхности зависит от соотношения скоростей относительного перемещения инструмента и заготовки.

Геометрическая и кинематическая точность станков являются необходимыми, но не достаточными условиями для обеспечения высокого качества станка. Надо также учитывать сопротивляемость его деталей действию внешних и внутренних сил.

Проверка станков на геометрическую точность

Точность формы и размеров обработанных на станке заготовок зависит от точности станка, инструмента, жесткости системы СПИД (станок – инструмент – приспособление – деталь) и многих других факторов.

Точность станка должна соответствовать нормам точности, предусмотренным стандартом.

Проверке на геометрическую точность подлежат: форма и относительное расположение поверхностей, на которых базируются заготовка и инструмент; траектория перемещений рабочих органов станка; координаты линейных и угловых перемещений рабочих органов; положение осей вращения и траекторий рабочих органов, несущих заготовку и инструмент.

Классификация металлорежущих станков по точности

По разработанной в СССР классификации станков по точности они подразделяются на пять классов, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Класс точности станка	Обозначение класса точности	Соотношение основных допусков точности станков
Нормальной точности	Н	1
Повышенной точности	П	0,6
Высокой точности станки	В	0,4
Особо высокой точности	А	0,25

Сверхточные	С	0,15
-------------	---	------

Как видно из табл. 1, соотношение между величинами допусков при переходе от класса к классу для большинства показателей точности принято равным $\varphi = 1,6$.

Это соотношение позволяет согласовать требования к точности станка с требованиями к точности обрабатываемых на нем изделий, так как коэффициент 1,6 учитывается в системах допусков параметров, характеризующих точность поверхностей изделий широкого применения.

Станки повышенной точности, как правило, изготавливаются на базе станков нормальной точности, отличаясь от них, в основном, более точным изготовлением и подбором отдельных деталей и повышенным качеством монтажа.

Станки высокой и особо высокой точности отличаются от предыдущих специальными конструктивными особенностями отдельных элементов, высокой точностью их изготовления и специальными условиями эксплуатации.

Сверхточные станки предназначены для обработки деталей наивысшей точности — делительных зубчатых колес и дисков, эталонных зубчатых колес, измерительных винтов и т. п.

При приемке станков более высокого класса точности, чем регламентируется приведенными в табл. 1 нормами, можно использовать принятое соотношение основных показателей точности при переходе от более низкого к более высокому классу путем умножения допускаемых отклонений на 1,6.

Содержание отчета:

- 1) Основные виды испытаний станков (См. Метод. указания на сайте do.swsu «Основные виды испытаний станков»).
- 2) Особенности испытаний станков с ЧПУ и МС на геометрическую точность.
- 3) Конструкция и система координат станка (по варианту).
- 4) Нормативная база испытаний станка (по вариантам) на геометрическую точность.

- 5) Цели проведения испытаний станка на геометрическую точность – перечислить, в каких случаях проводятся.
- 6) Регламент испытаний станка мод. _____ на геометрическую точность. Оборудование и приборы для испытаний станка.
- 7) Схемы испытаний и допустимые отклонения (табл. 2):
- на радиальное биение оси отв. шпинделя и доп. отклонения в соотв. с кл. точности станка;
 - на точность расположения оси шпинделя относительно базовой поверхности (стол, суппорт, направляющие и т.д.)
 - на точность перемещений по X, Y, Z.
 - на точность позиционирования.
 - и др.

Таблица 2

Проверка на геометрическую точность станка мод. _____.

№№ пп	Эскизы испытаний	Допустимые отклонения, мкм	Фактические отклонения	Примечание
1				
2				
3				
4				
...				

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

№ вар.	Модель станка
1	Обработывающий центр мод. 1728С
2	Станок с ЧПУ мод. Trens SBL 300
3	Горизонтально-расточный станок мод.НВМ 4
4	Координатно-расточной станок мод. 2А450АФ10
5	Токарный обработывающий центр мод. TAKISAWA EX-108II
6	Центр обработывающий 5-осевой HERMLE C400
7	Вертикально-фрезерный обработывающий центр HAAS VF-2
8	Зубообработывающий центр KAPP NILES мод. KX 100 DYNAMIC

9	Плоскошлифовальный станок серия ACC-SA/DX
10	Круглошлифовальный станок серия OGM-UDXB
11	Шлифовально-заточной станок серия Hawemat 3000 https://pumori-invest.ru/oborudovanie/brother/rezbonareznye-stanki-s-chpu/
12	Резьбонарезной станок с ЧПУ мод. TC-32BN FT
13	Сверлильно-фрезерно-расточный станок с ЧПУ 400V http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14	Токарный центр с наклонной станиной с ЧПУ TC-400HФ3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15	Токарный трубонарезной станок с ЧПУ TTC-130Ф3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16	Сверлильный станок с коробчатой колонной ВСК-40Ф3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
17	Фрезерный станок с ЧПУ ФС-945PФ3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18	5-ти осевой фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ ФС-32-5Ф3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
19	Токарный карусельный станок с ЧПУ ТКС-1250Ф3 http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

20	Горизонтальный фрезерно-расточной станок с ЧПУ мод. ВТД-200QH https://pumori-invest.ru/oborudovanie/brother/rezbonareznye-stanki-s-chpu/
----	---

Библиографический список:

1. Проверка токарно - винторезного станка на геометрическую точность: методические указания по выполнению лабораторной работы/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун, А.А.Горохов. Курск, 2017. 26 с.
2. Юркевич, В.В. Испытания, контроль и диагностика металлообрабатывающих станков: монография / В. В. Юркевич, А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. – Стрый Оскол: ТНТ, 2011.
3. М.В. Давыдова, А.М. Михалев, Ю.И. Моисеев. Технические характеристики металлообрабатывающих станков с ЧПУ: фрезерные станки, обрабатывающие центры сверлильно-фрезерно-расточной группы. Справочное пособие. – Курган. - 2010. Режим доступа http://dspace.kgsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/4004/%D0%94%D0%B0%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%9C%D0%92_2010_%D0%A3%D0%9F_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. https://vk.com/video-71440983_456239109 / Проверка станка с ЧПУ на геометрическую точность.
5. <https://youtu.be/25pL7o9ERW8> / Проверка станка с ЧПУ на точность позиционирования.
6. <http://stanki-katalog.ru/sprav.htm/> Каталог металлорежущих станков и кузнечно прессового оборудования. Металлорежущие станки. Многоцелевые станки с ЧПУ.

Нормативные документы:

- ГОСТ 8-82 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность.
- ГОСТ 7599-82 Станки металлообрабатывающие. Общие технические условия.
- ГОСТ 22267-76 Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров
- ГОСТ 23597-79 Станки металлорежущие с числовым программным управлением. Обозначение осей координат и направлений движения. Общие положения.
- ГОСТ 27491-87 Модули гибкие производственные и станки многоцелевые сверлильно-фрезерно-расточные. Основные параметры и

размеры.

ГОСТ Модули гибкие производственные и станки многоцелевые
30027-93 сверлильно-фрезерно-расточные. Нормы точности.

ГОСТ Государственная система обеспечения единства измерений.
8.010-90 Методика выполнения измерений.

ГОСТ Р И С О 10791- 1— 2009 Центры обрабатывающие. Часть 1 Контроль геометрической точности обрабатывающих центров с горизонтальным шпинделем и дополнительными шпиндельными головками (горизонтальная ось Z).

ГОСТ ISO 10791-2-2013 Центры обрабатывающие. Часть 2. Контроль геометрической точности станков с вертикальным шпинделем и дополнительными шпиндельными головками (вертикальная ось Z).

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.А. Доктионова
« 05 » 05 . 2021 г.



**Испытание металла различных участков сварного соединения и
наплавленного металла на статическое растяжение**

Методические указания по выполнению
лабораторной работы для студентов направления подготовки 15.03.01;
15.04.01 Машиностроение

Курс 2021

УДК 621.31

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» *Н.И.Иванов*

Испытание металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на статическое растяжение: методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 15.03.01; 15.04.01 Машиностроение / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.И.Яцун. – Курск, 2018. – 30 с.: ил. 6, табл. 6. – Библиогр. 6: с. 30.

Содержат сведения о методах испытаний металла различных участков сварного соединения и наплавленного металла на статическое растяжение.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки 15.03.01; 15.04.01 Машиностроение.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл.печ.л. Уч.–изд.л . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
Общие сведения	5
Цель и порядок выполнения работы	6
Контрольные вопросы	13
Индивидуальные задания	13
Библиографический список	24
Приложение 1. Общие сведения	
Приложение 2. Диаграммы механических свойств различных материалов	

Введение

Испытания, проводимые при определении качества продукции и сварочных материалов, пригодности способов и режимов сварки, при установлении квалификации сварщиков и показателей свариваемости металлов и сплавов проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 6996-66 (ИСО 4136-89, ИСО 5173-81, ИСО 5177-81) Сварные соединения. Методы определения механических свойств.

Образцы для испытаний отбирают из проб, вырезанных непосредственно из контролируемой конструкции или от специально сваренных для проведения испытаний контрольных соединений.

Если форма сварного соединения исключает возможность изготовления образцов данного типа (детали сложной конфигурации, трубы и др.), то образцы могут быть отобраны от специально сваренных плоских контрольных соединений.

При выполнении контрольных соединений характер подготовки под сварку, марка и толщина основного металла, марки сварочных материалов, положение шва в пространстве, начальная температура основного металла, режим сварки и термической обработки должны полностью отвечать условиям изготовления контролируемого изделия или особому назначению испытания.

Сварку контрольных соединений, предназначенных для испытания сварочных материалов (электродов, сварочных проволок, присадочных прутков, флюсов и др.), если нет специальных требований, производят с остыванием между наложением отдельных слоев. Температура, до которой должен остывать металл, устанавливается стандартом или другой технической документацией.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Механическими свойствами металлов называют свойства, которые выявляются испытаниями при воздействии внешних нагрузок. В результате таких испытаний определяют количественные характеристики механических свойств. Эти характеристики необходимы для выбора металлов и режимов их технологической обработки, расчетов на прочность деталей и конструкций, контроля и диагностики их прочностного состояния в процессе эксплуатации.

Контроль механических свойств начинается еще при производстве металла на металлургических заводах. При изготовлении изделий металл подвергается различной технологической обработке, под воздействием которой происходит изменения в структуре и механических свойствах. Поэтому необходим контроль механических свойств металла и на различных стадиях изготовления деталей.

К основным механическим свойствам следует отнести прочность, пластичность, упругость, вязкость, твердость.

Зная механические свойства, конструктор при проектировании обоснованно выбирает соответствующий металл, обеспечивающий надежность и долговечность машин и конструкций при их минимальной массе. Испытания на растяжение позволяют получить достаточно полную информацию о механических свойствах металла.

Сопротивление металла действующей на него нагрузке часто сопровождается изменением размеров и формы тела. Эти изменения называются деформацией. Если деформация исчезает после снятия нагрузки, то она называется упругой, если остается - пластической.

Прочность - это свойство металлов сопротивляться деформированию и разрушению под действием внешних нагрузок.

Пластичность - это свойство металлов необратимо деформироваться без нарушения сплошности под действием внешних напряжений.

Упругость - это свойство металла восстанавливать свою форму и объем после снятия нагрузки, вызвавшей деформацию.

Цель работы: приобрести практические навыки по технике испытаний образцов на растяжение, научиться определять и анализировать показатели прочности и пластичности по диаграмме растяжения и результатам измерений.

Аппаратура, инструменты и материалы:

1. Разрывная испытательная машина.
2. Штангенциркуль с точностью отсчета 0,05 мм.
3. Микрометр с пределами измерений 0...25мм.
4. Разрывные образцы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство и принцип работы испытательной (разрывной) машины (рис. 1). Ознакомиться с правилами техники безопасности при работе на машине.

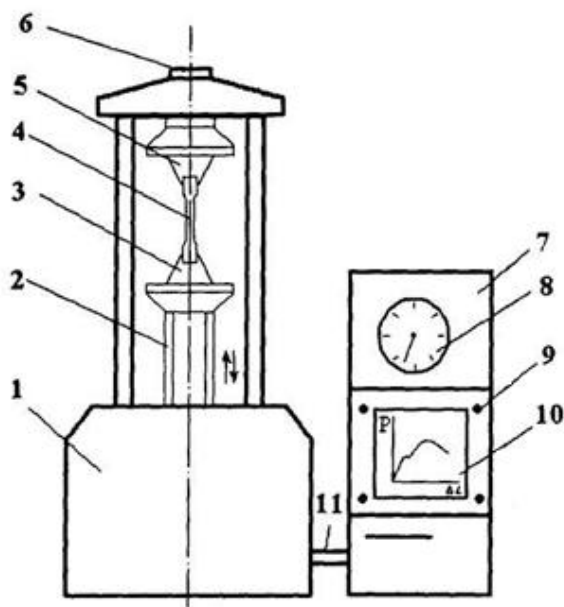


Рис. 1. Схема испытательной (разрывной) машины: 1 - собственно машина, 2 - винт грузовой, 3 - нижний захват (активный), 4 - образец, 5 - верхний захват (пассивный), 6 - силоизмерительный датчик, 7 - пульт

управления с электроприводной аппаратурой; 8 - индикатор нагрузок, 9 - рукоятки управления, 10 - диаграммный механизм, 11 - кабель

Испытания проводят на специальных образцах, имеющих в поперечном сечении форму круга (цилиндрические образцы) или прямоугольника (плоские образцы). На рисунке 2 представлена схема цилиндрического образца на различных стадиях растяжения.

2. Разметить, произвести измерения образцов. Затем образец закрепить в вертикальном положении в захватах испытательной машины и испытать его на растяжение.

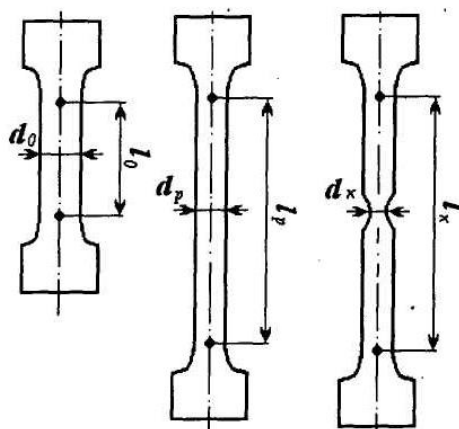


Рис. 2. Схема цилиндрического образца на различных стадиях растяжения

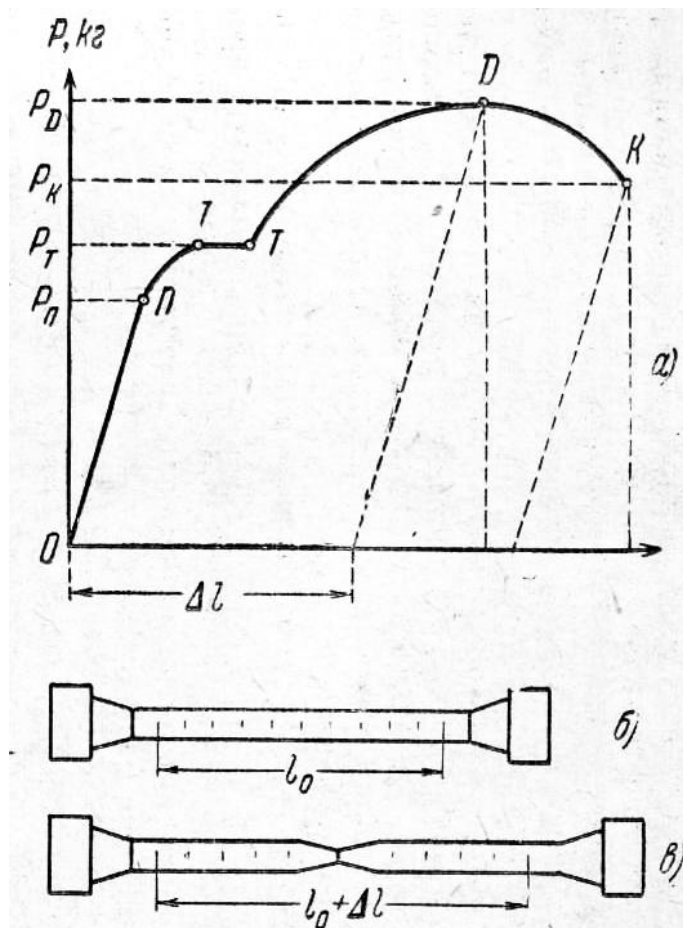


Рис. 3 Разметка, измерение образцов: а) – машинная диаграмма растяжения; б) – размеры образца до испытания; в) - размеры образца после испытания

В процессе испытания диаграммный механизм непрерывно регистрирует так называемую первичную (машинную) диаграмму растяжения в координатах нагрузка (P) - абсолютное удлинение образца (Δl) (рис. 4).

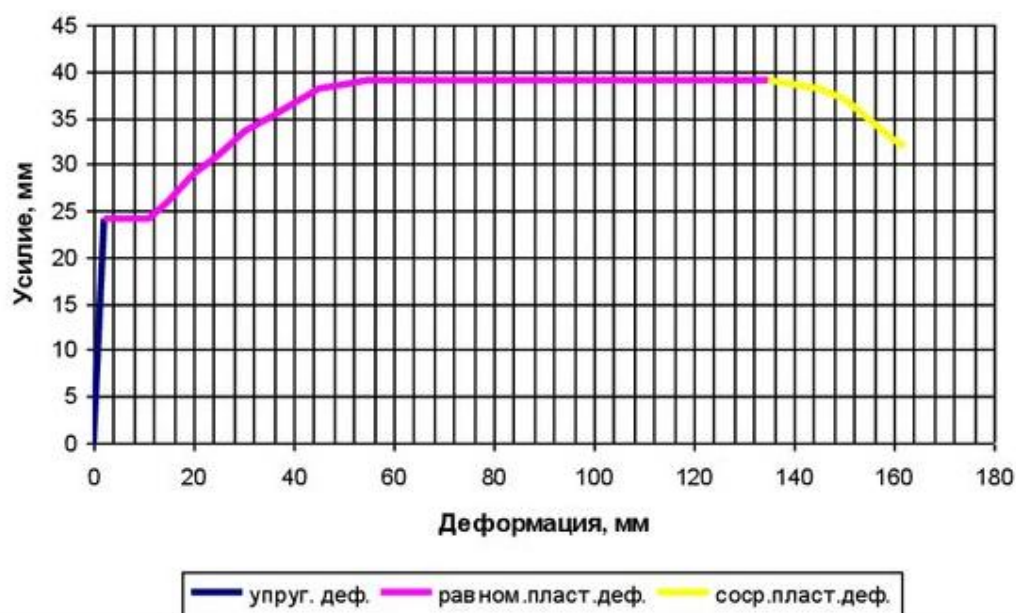


Рис. 4 Первичная диаграмма растяжения X-Y:

X – ось деформаций; Y – ось усилий

<https://youtu.be/K2nB1-pGLLY> Диаграмма - фильм

На диаграмме растяжения пластичных металлических металлов можно выделить три характерных участка (Рис. 5): OA - прямолинейный, соответствующий упругой деформации; участок AB - криволинейный, соответствующий упругопластической деформации при возрастании нагрузки; участок BC - также криволинейный, соответствующий упругопластической деформации при снижении нагрузки. В точке C происходит окончательное разрушение образца с разделением его на две части.

При переходе от упругой к упругопластической деформации для некоторых металлических металлов на машинной диаграмме растяжения может появляться небольшой горизонтальный участок, который называют площадкой текучести AA' (см. рис. 5, а).

Однако многие металлы и сплавы деформируются при растяжении без площадки текучести (см. рис. 5, б).

С увеличением упругопластической деформации усилие, с которым сопротивляется образец, растет и достигает в точке В своего максимального значения. Для пластичных металлов в этот момент в наиболее слабом сечении

образца образуется локальное сужение (шейка), где при дальнейшем деформировании происходит разрыв образца. На участке ОАВ деформация распределена равномерно по всей длине образца, а на участке ВС деформация практически вся сосредоточена в зоне шейки.

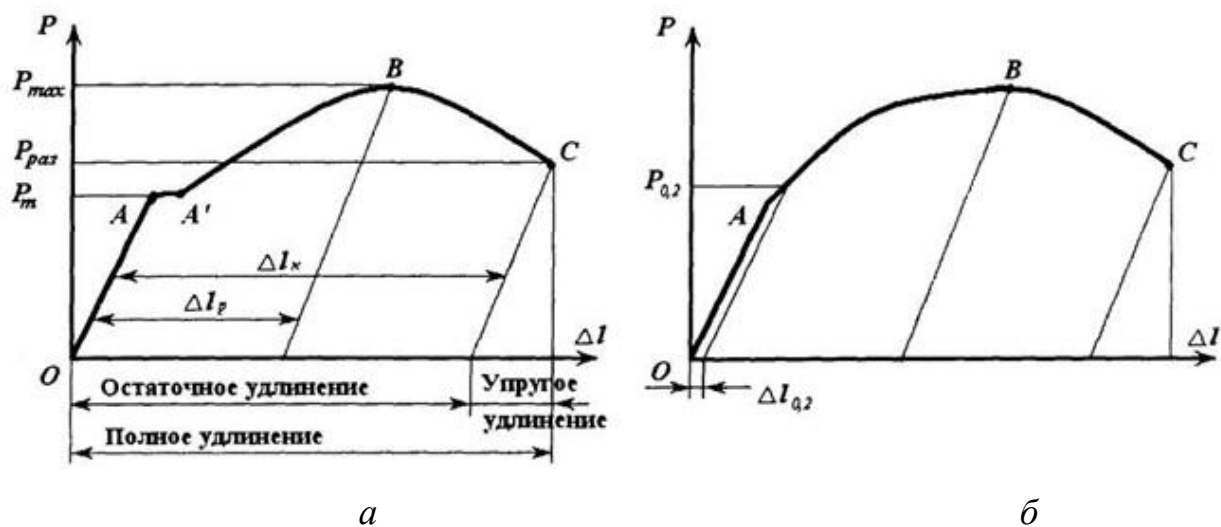


Рис. 5 Схема диаграмм растяжения пластичных металлов:
 (а) - с площадкой текучести, (б) - без площадки текучести

До точки А деформация пропорциональна напряжению. Тангенс угла наклона прямой ОА к оси абсцисс характеризует модуль упругости металла E , уравнение (1):

$$E = \sigma/\delta, \quad (1)$$

где σ - напряжение; δ - относительная деформация.

Модуль упругости определяет жесткость металла. Физический смысл E сводится к тому, что он характеризует сопротивляемость металла упругой деформации, т.е. смещение атомов из положения равновесия в решетке.

4. При растяжении определить следующие показатели прочности и пластичности металлов.

4.1. Показатели прочности:

Предел текучести (физический) (σ_T) - это наименьшее напряжение, при котором металл деформируется (течет) без заметного изменения нагрузки:

$$\sigma_T = P_T / F_0, \quad (2)$$

где P_T - нагрузка, соответствующая площадке текучести на диаграмме растяжения (рис. 3, а); F_0 - начальная площадь поперечного сечения.

Если на машинной диаграмме растяжения нет площадки текучести (рис. 3, б), то задаются допуском на остаточную деформацию образца и определяют условный предел текучести.

Условный предел текучести ($\sigma_{0,2}$) - это напряжение, при котором остаточное удлинение достигает 0,2 % от начальной расчетной длины образца:

$$\sigma_{0,2} = P_{0,2} / F_0, \quad (3)$$

где $P_{0,2}$ - нагрузка, соответствующая остаточному удлинению $\Delta l_{0,2} = 0,002 l_0$.

Временное сопротивление (предел прочности) (σ_B) - это напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке P_{max} , предшествующей разрыву образца:

$$\sigma_B = P_{max} / F_0, \quad (4)$$

Истинное сопротивление разрыву (S_K) - это напряжение, определяемое отношением нагрузки $P_{раз}$ в момент разрыва к площади поперечного сечения образца в месте разрыва F_K :

$$S_K = P_{раз} / F_K \quad (5)$$

4.2. Показатели пластичности:

Относительное удлинение (δ) - отношение приращение длины образца после разрыва к его начальной длине:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% \quad (6)$$

Относительное сужение (ψ) - отношение наибольшего уменьшения площади поперечного сечения образца к его начальной площади поперечного сечения:

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100\% \quad (7)$$

5. Характеристики металлов $\sigma_{0,2}$, σ_b , δ , ψ , а так же E являются базовыми - они включаются в ГОСТ на поставку конструкционных металлов, в паспорта приемочных испытаний, а также входят в расчеты прочности и ресурса.

Полученные экспериментальные и расчетные данные оформить в виде таблицы 1.

Таблица 1 -Экспериментальные и расчетные данные

№	Размеры образца, мм						Нагрузка, Н			Механические свойства				
	До испытаний			После испытаний			$P_{0,2}$	$P_{та}$	$P_{раз}$	$\sigma_{0,2}$	σ_b	S_k	δ	ψ
	d_0	l_0	F_0	d_k	l_k	F_k								
мм	мм	мм ²	мм	мм	мм ²									
1		60												
2		100												
3		200												
4		100												

5		150												
6		180												
7		250												
8		150												
9		125												
10		135												
11		135												
12		250												
13		135												
14		300												
15		160												

5. Оформить отчет и сделать необходимые выводы.

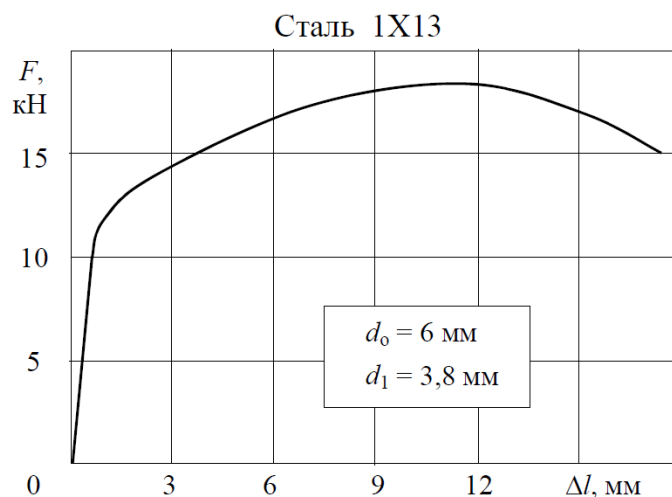
Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте механические свойства металлов.
2. Какие показатели механических свойств определяются при испытаниях на растяжение?
3. Что такое упругая и пластическая деформация?
4. Назовите основные характеристики прочности металлов, как они обозначаются?
5. Назовите основные характеристики пластичности металлов, как они обозначаются?

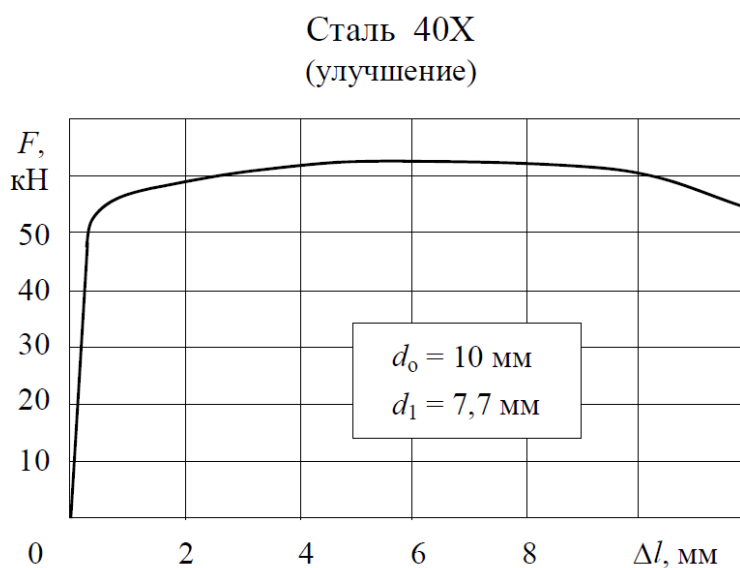
Индивидуальные задания

1. Дать характеристику материала образца – название, назначение, химический состав (%), сущность термообработки (см. ГОСТ на материал образца).
2. По машинной диаграмме дать характеристику растяжения образца.
3. Рассчитать значения механических свойств металла по формулам 1-7.
4. Дать сравнительную характеристику расчетных значений механических свойств металла с заявленными по ГОСТу.

Вариант 1

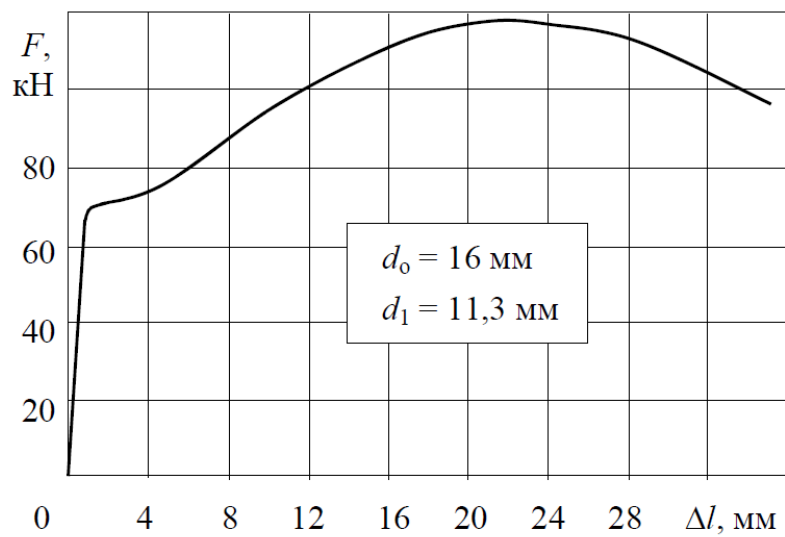


Вариант 2



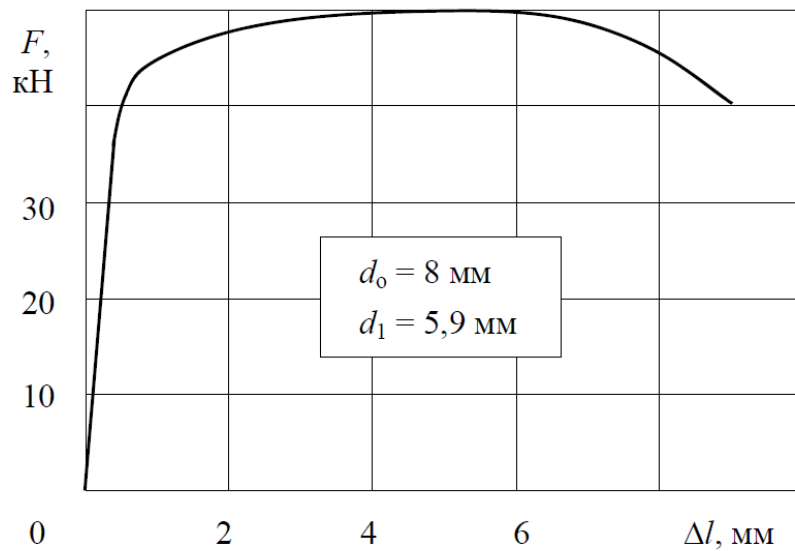
Вариант 3

Сталь 30 (улучшение)



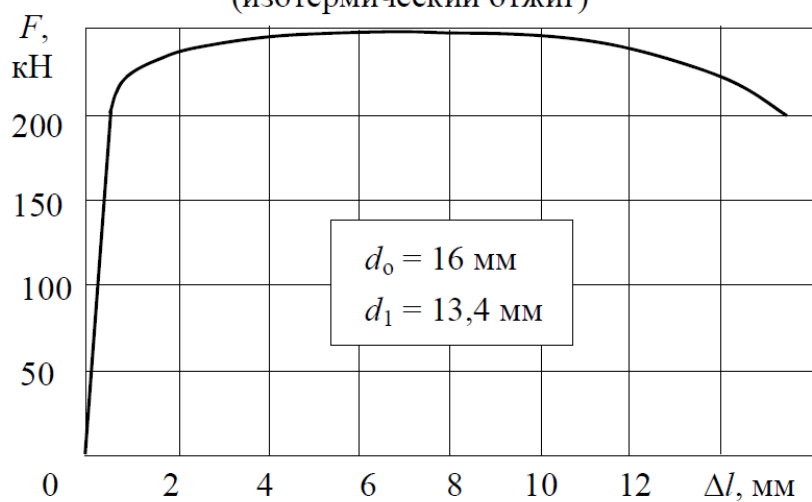
Вариант 4

Сталь 40ХН (закалка, отпуск 550°C)



Вариант 5

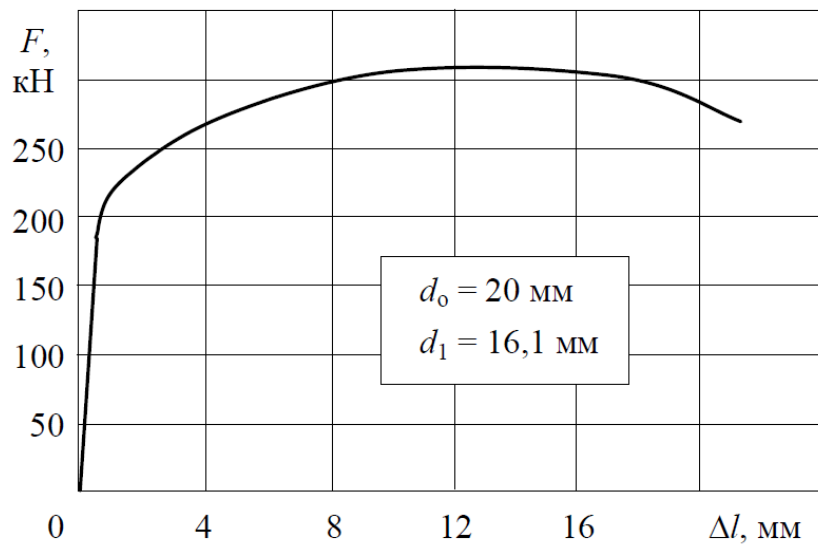
Титановый сплав ВТ14 (изотермический отжиг)



Вариант 6

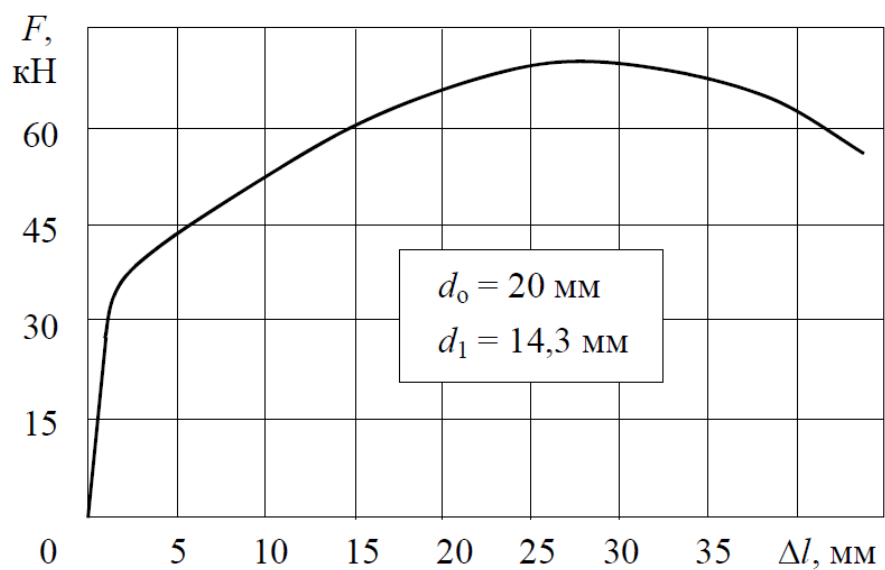
Сталь 35

(закалка с охлаждением в воде)



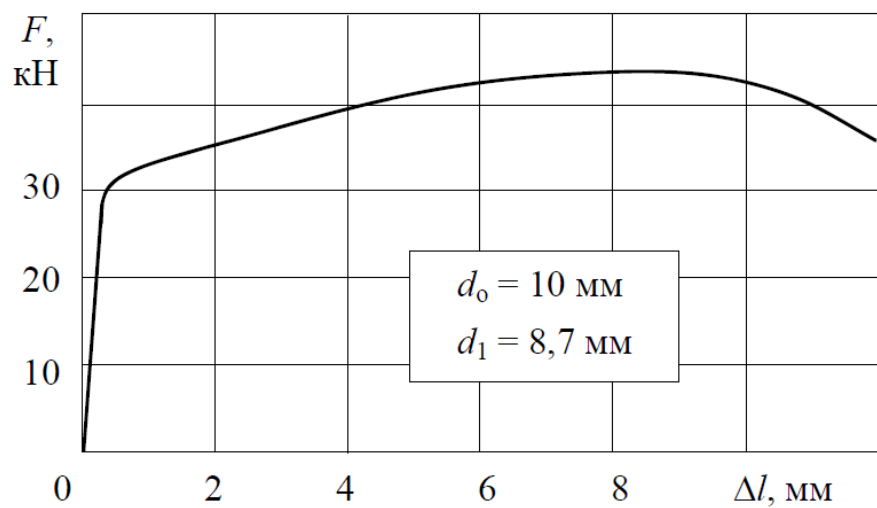
Вариант 7

Алюминиевый сплав АМг3



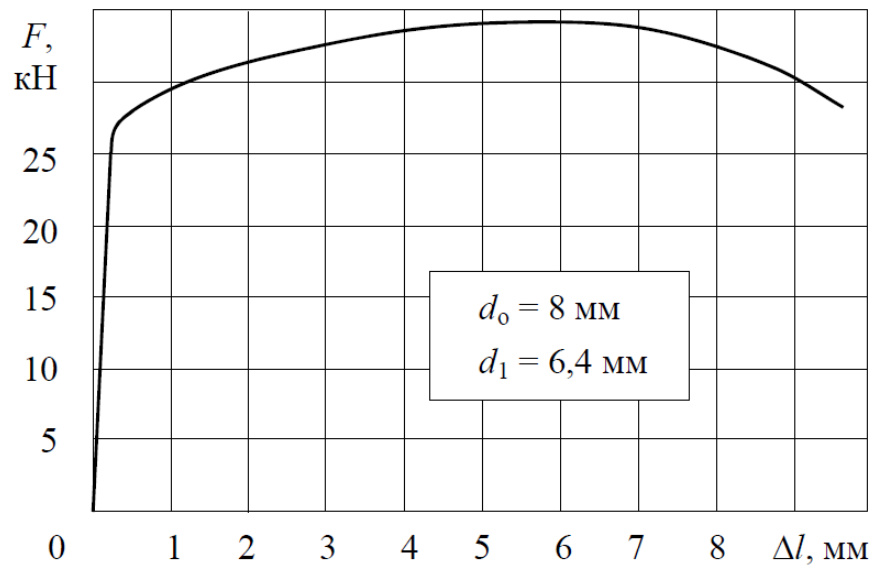
Вариант 8

Дюралюминий Д16
(закалка, естественное старение)



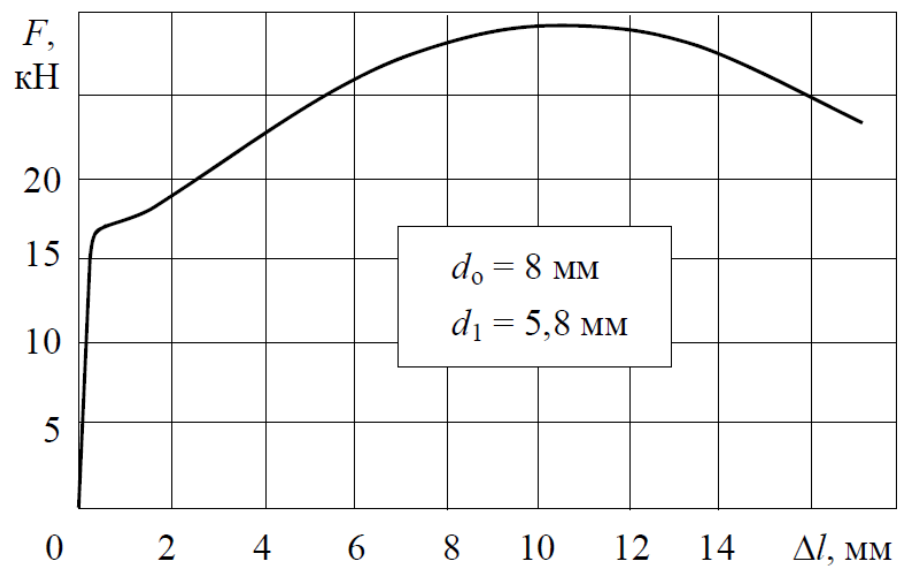
Вариант 9

Сталь 30Г
(закалка с охлаждением в масле)



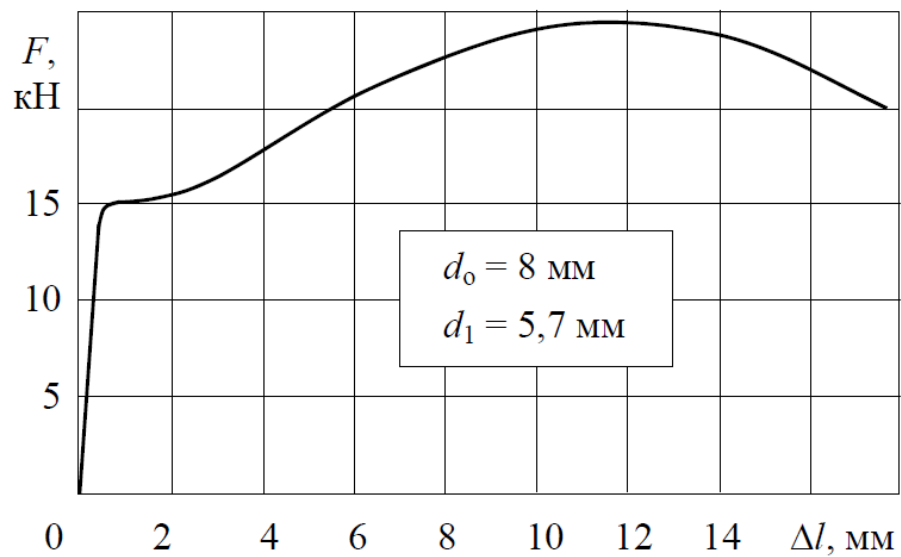
Вариант 10

Сталь 40
(нормализация)



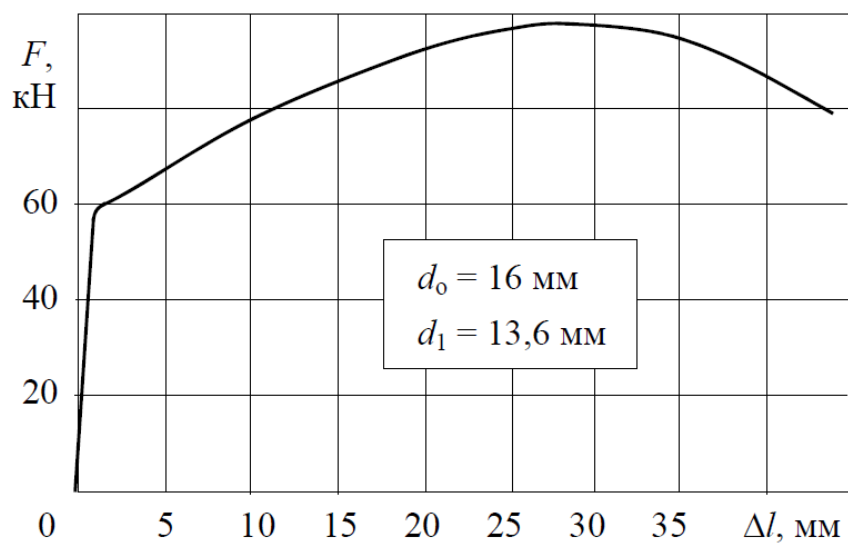
Вариант 11

Сталь 30
(нормализация)



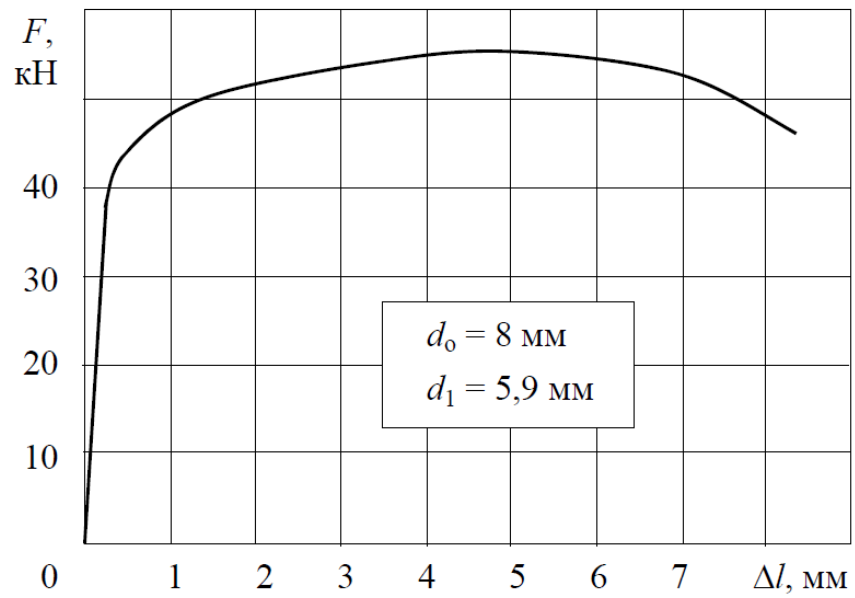
Вариант 12

Сталь 20
(цементация и закалка с охлаждением в воде)



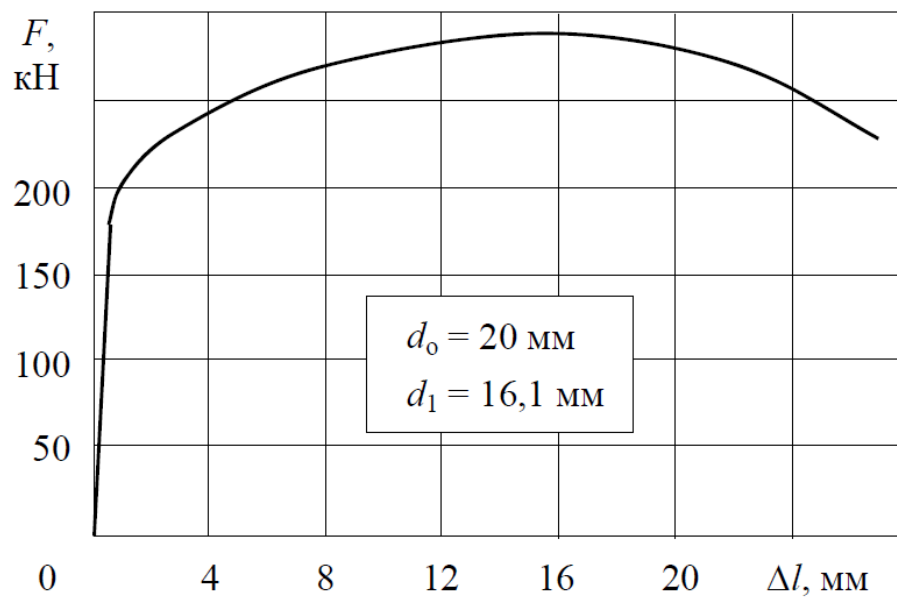
Вариант 13

Сталь 30ХГСА
(закалка, отпуск 540°C)



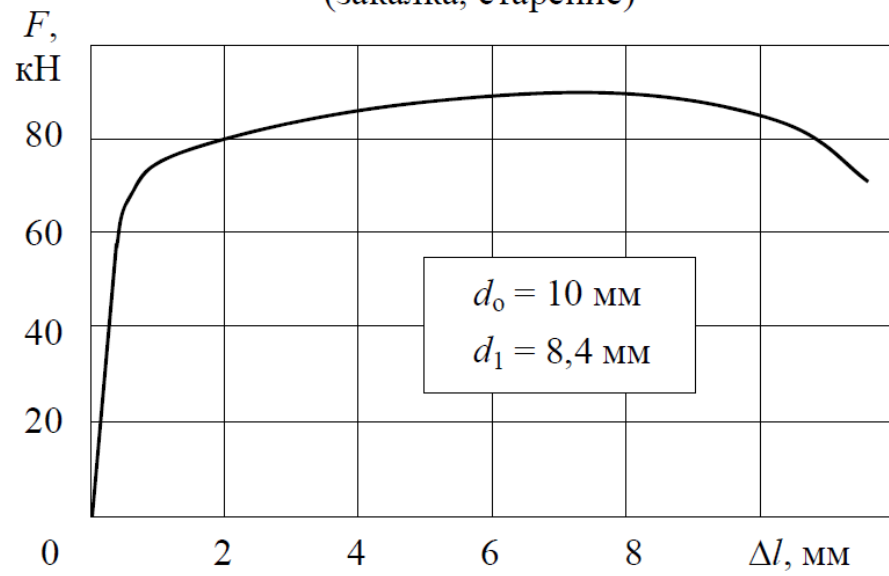
Вариант 14

Сталь 45
(закалка с охлаждением в масле)



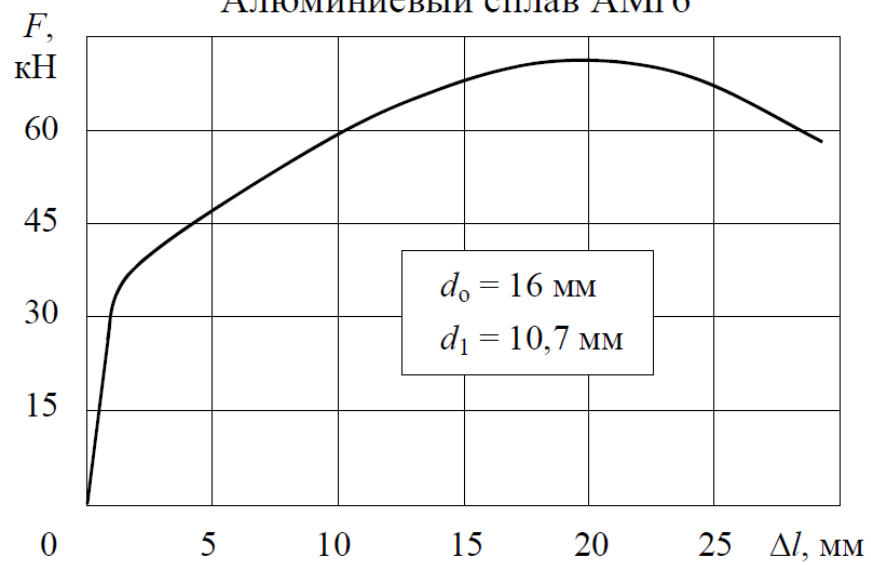
Вариант 15

Титановый сплав ВТ3-1
(закалка, старение)



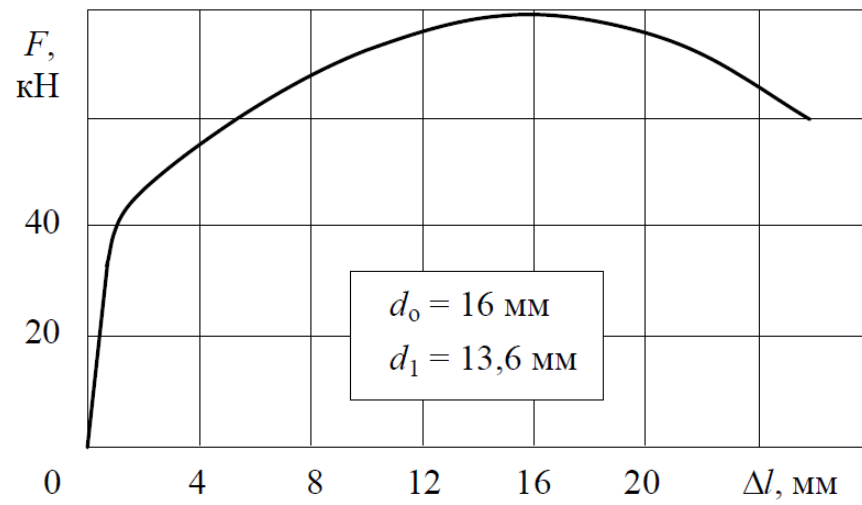
Вариант 16

Алюминиевый сплав АМГ6



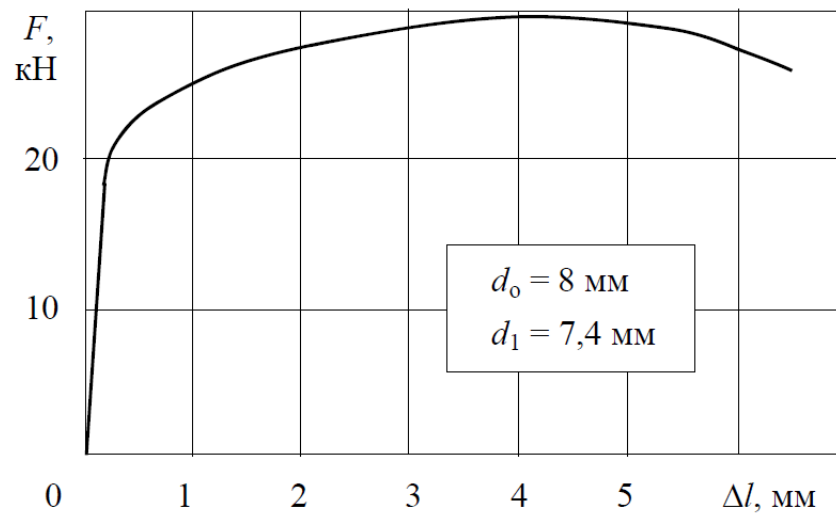
Вариант 17

Алюминиевый сплав АК4
(закалка, искусственное старение)

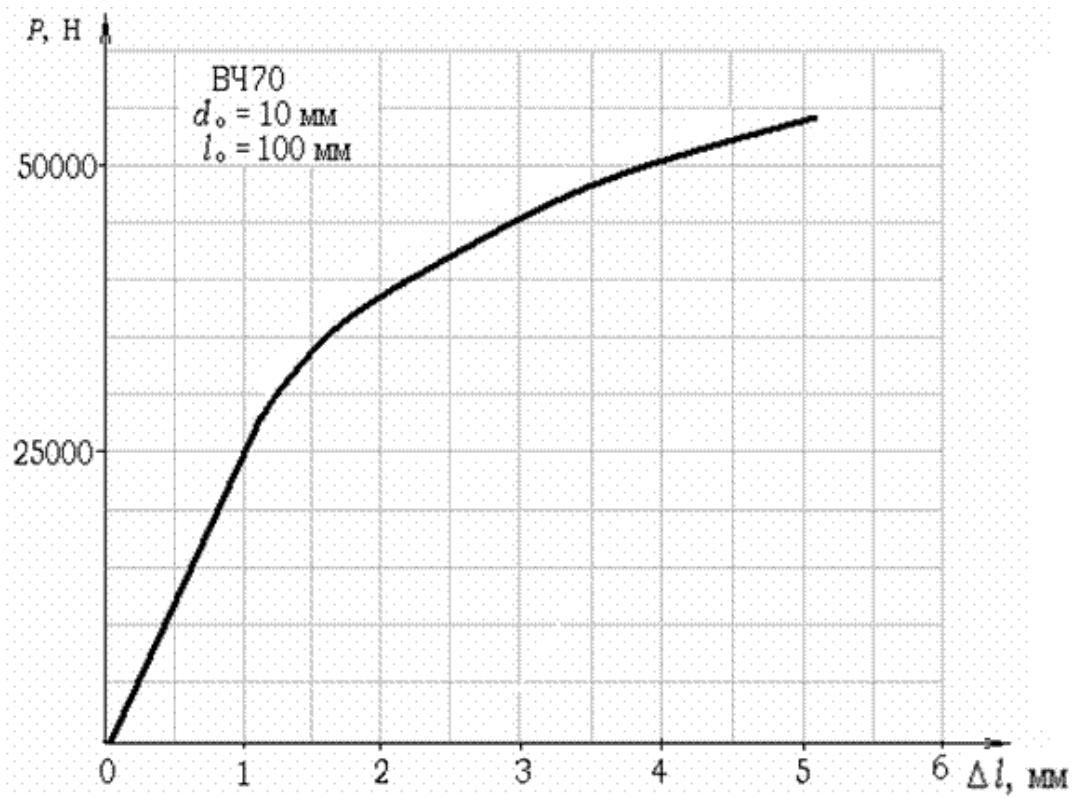


Вариант 18

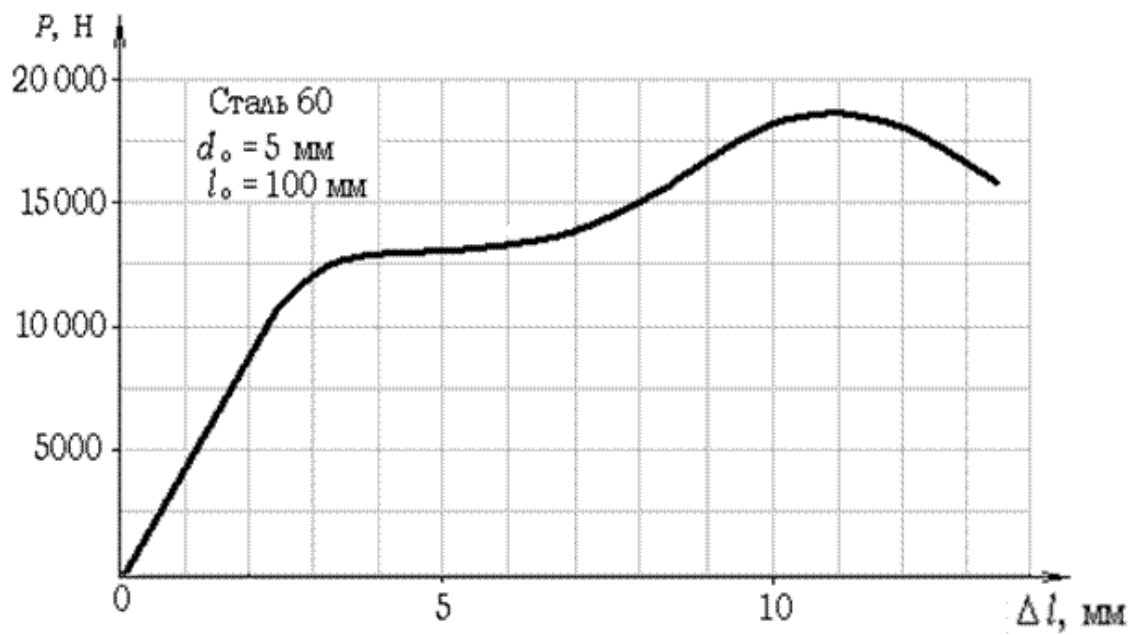
Высокопрочный алюминиевый сплав В95
(закалка, искусственное старение)



Вариант 19



Вариант 20



Библиографический список

1. Аборкин, А.В. Исследование долговечности деталей машин со сварными соединениями / А.В. Аборкин. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. - 168 с.
2. Овчинников, В. В. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений. Учебник / В.В. Овчинников. - М.: Academia, 2015. - 224 с.
3. Овчинников, В. В. Дефекты сварных соединений / В.В. Овчинников. - М.: Академия, 2015. - 64 с.
4. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Машиностроение. 1986. - 384 с.
5. Полухин П. И. Технология металлов и сварка/ Б.Г. Гринберг, В.Т. Жадан, С.К. Кантеник, Д.И. Васильев. Под ред. П.И. Полухина: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высшая школа, 1977. – 464 с.
6. Технология конструкционных материалов. Учебник для машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др.; Под общ. ред. А. М. Дальского, М.: Машиностроение, 1985. — 448 с.
7. ГОСТ 6996-66 (ИСО 4136-89, ИСО 5173-81, ИСО 5177-81) Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
8. ГОСТ Р ИСО 4136-2009. Испытания разрушающие сварных соединений металлических материалов. Испытание на растяжение образцов, вырезанных поперек шва. - М.: Стандартиформ, 2016. - 492 с.

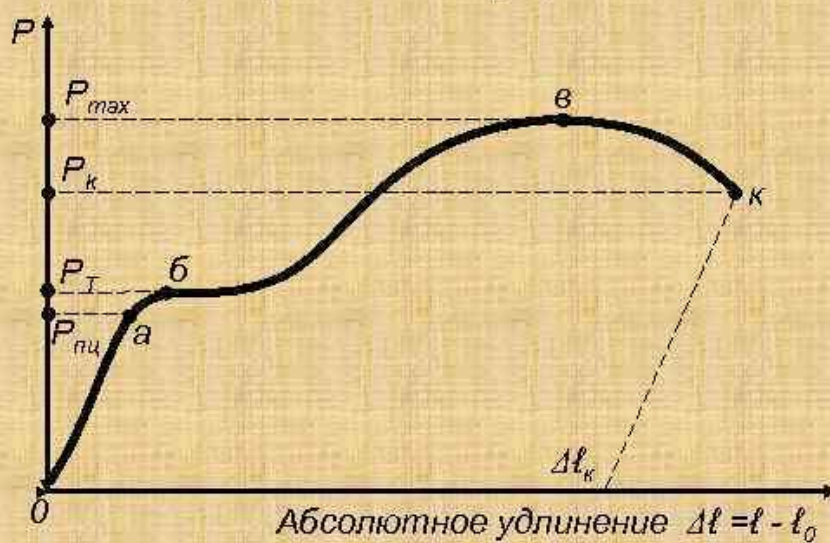
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Общие сведения

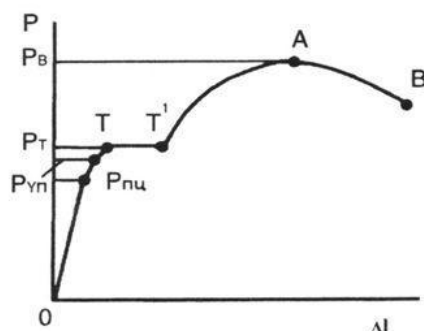
Диаграмма растяжения

Графическая зависимость Δl от P , называется индикаторной диаграммой, или **диаграммой растяжения**

Вид диаграммы растяжения малоуглеродистой стали



По результатам испытаний строят **диаграммы растяжения** образца в координатах «нагрузка – деформация»



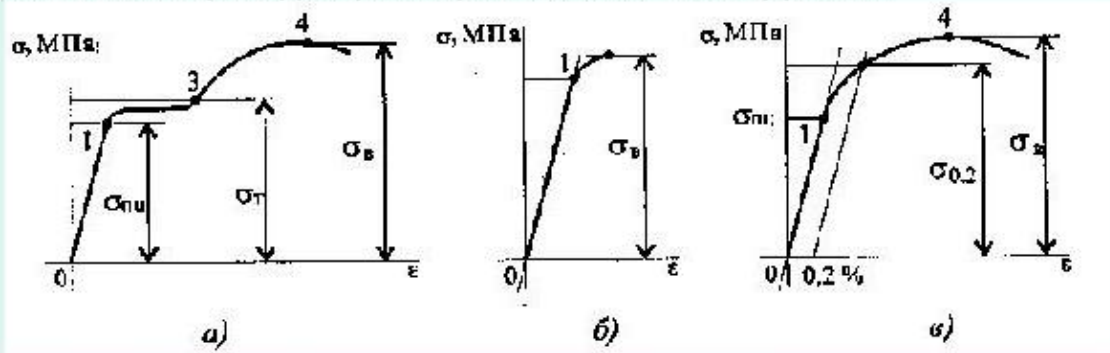
На диаграмме по кривой растяжения определяют характеристики механических свойств металла:

Предел упругости σ_y – максимальное напряжение, до которого образец испытывает только упругую деформацию.

$$\sigma_y = P_y / F_0, \text{ МПа.}$$

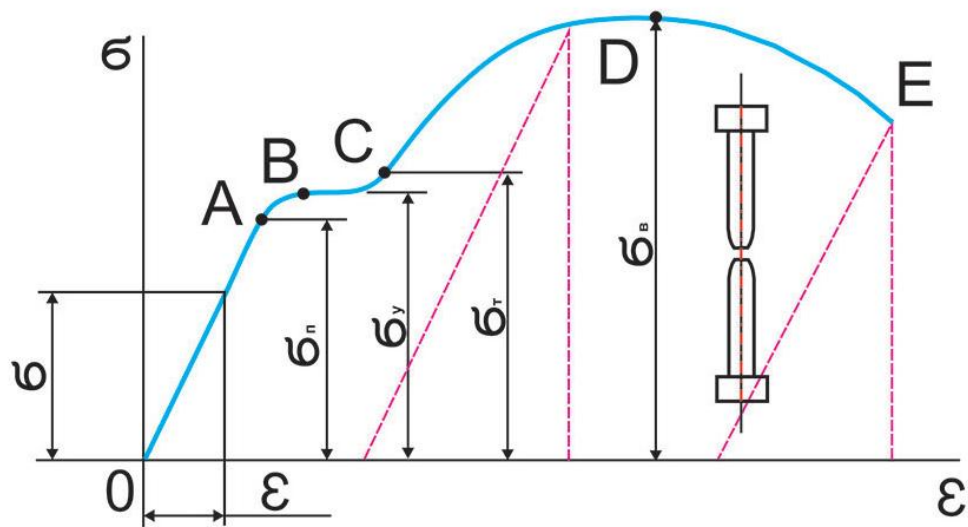
Виды диаграмм растяжения

Различные материалы по-разному ведут себя под нагрузкой, характер деформаций и разрушения зависит от типа материалов. Принято делить материалы по типу их диаграмм растяжения на 3 группы:



- **пластичные материалы**, эти материалы *имеют* на диаграмме растяжения *площадку текучести*
- **хрупкие материалы**, эти материалы мало деформируются, разрушаются по «хрупкому типу». На диаграмме *нет площадки текучести*
- **пластично-хрупкие материалы**, материалы, *не имеющие площадку текучести*, но значительно деформирующиеся под нагрузкой. Это недопустимо при работе конструкции, поэтому их деформацию ограничивают и считают максимально возможной относительную деформацию 0,2%

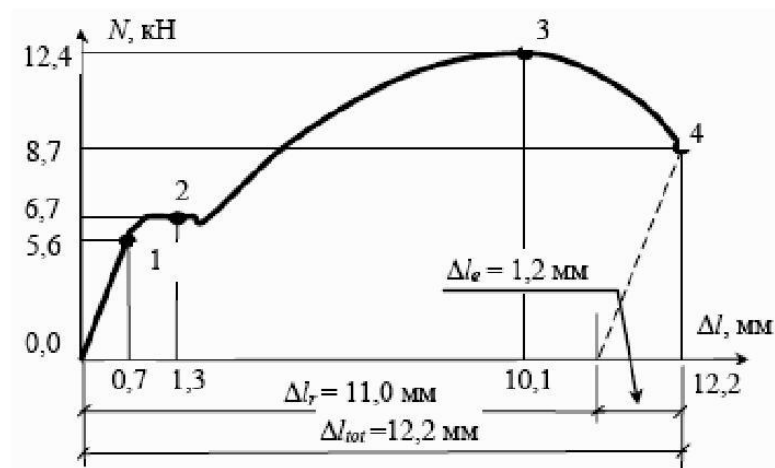
ДИАГРАММА РАСТЯЖЕНИЯ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ



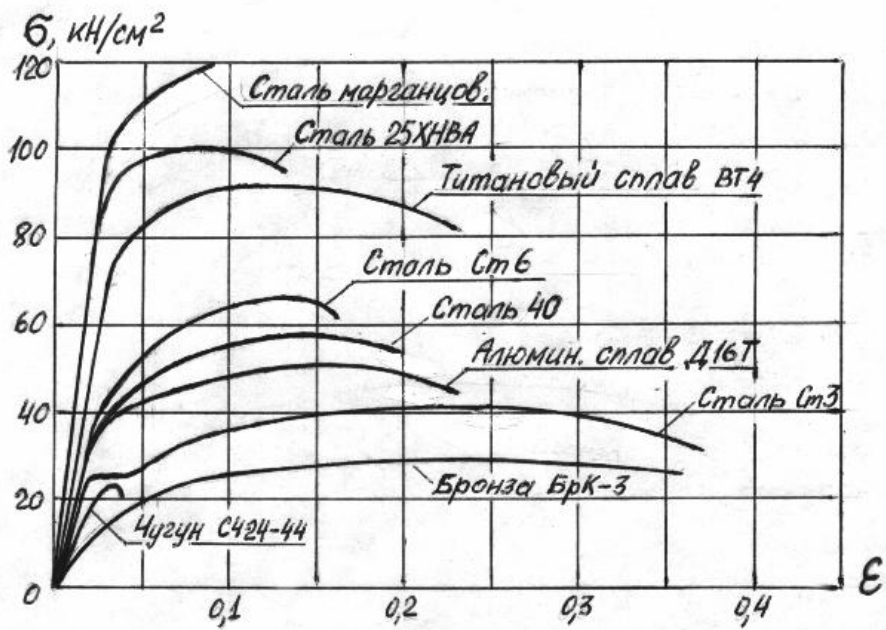
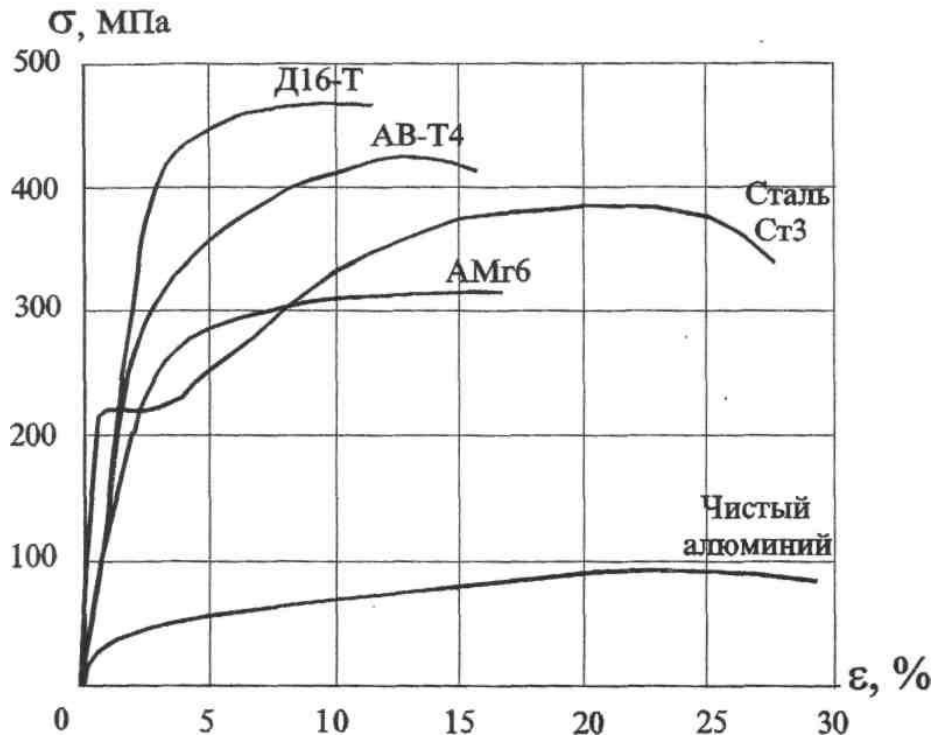
σ_n - предел пропорциональности σ_y - предел упругости

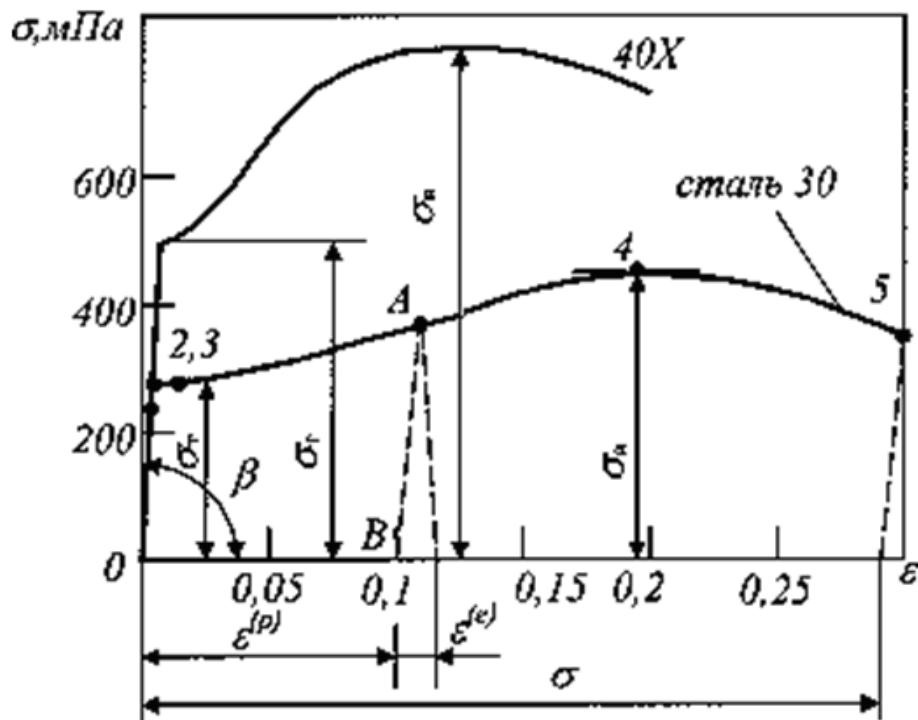
σ_r - предел текучести σ_b - предел прочности (временное сопротивление)

Машинная диаграмма растяжения

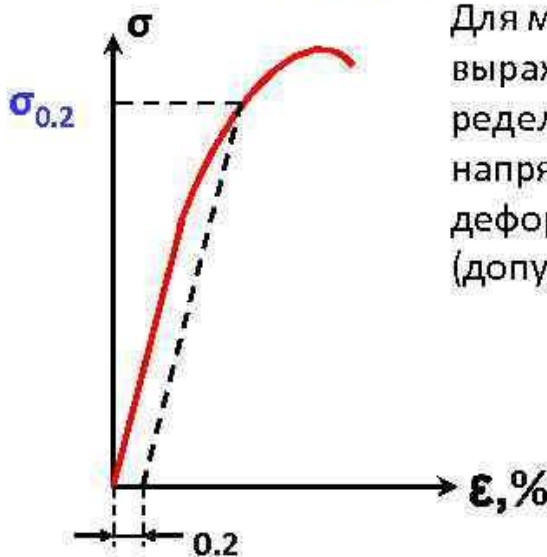


Приложение 2. Диаграммы механических свойств различных материалов





Условный предел текучести



Для материалов, не имеющих ярко выраженной площадки текучести определяется **условный предел текучести** - напряжение, при котором пластическая деформация равна какой-то величине (допуску).

Если $\epsilon_{\text{ост}} = 0.002$ или 0.2%

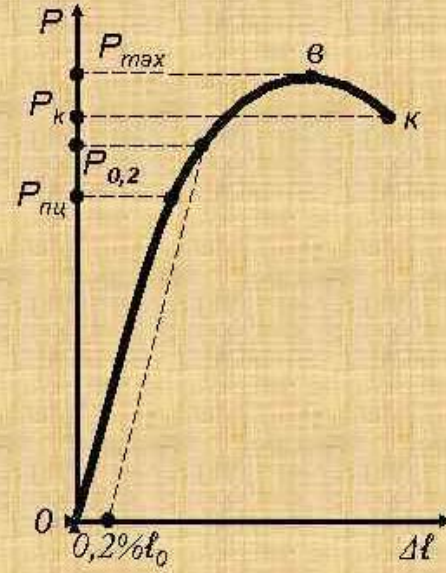
то усл.предел тек.- $\sigma_{0.2}$

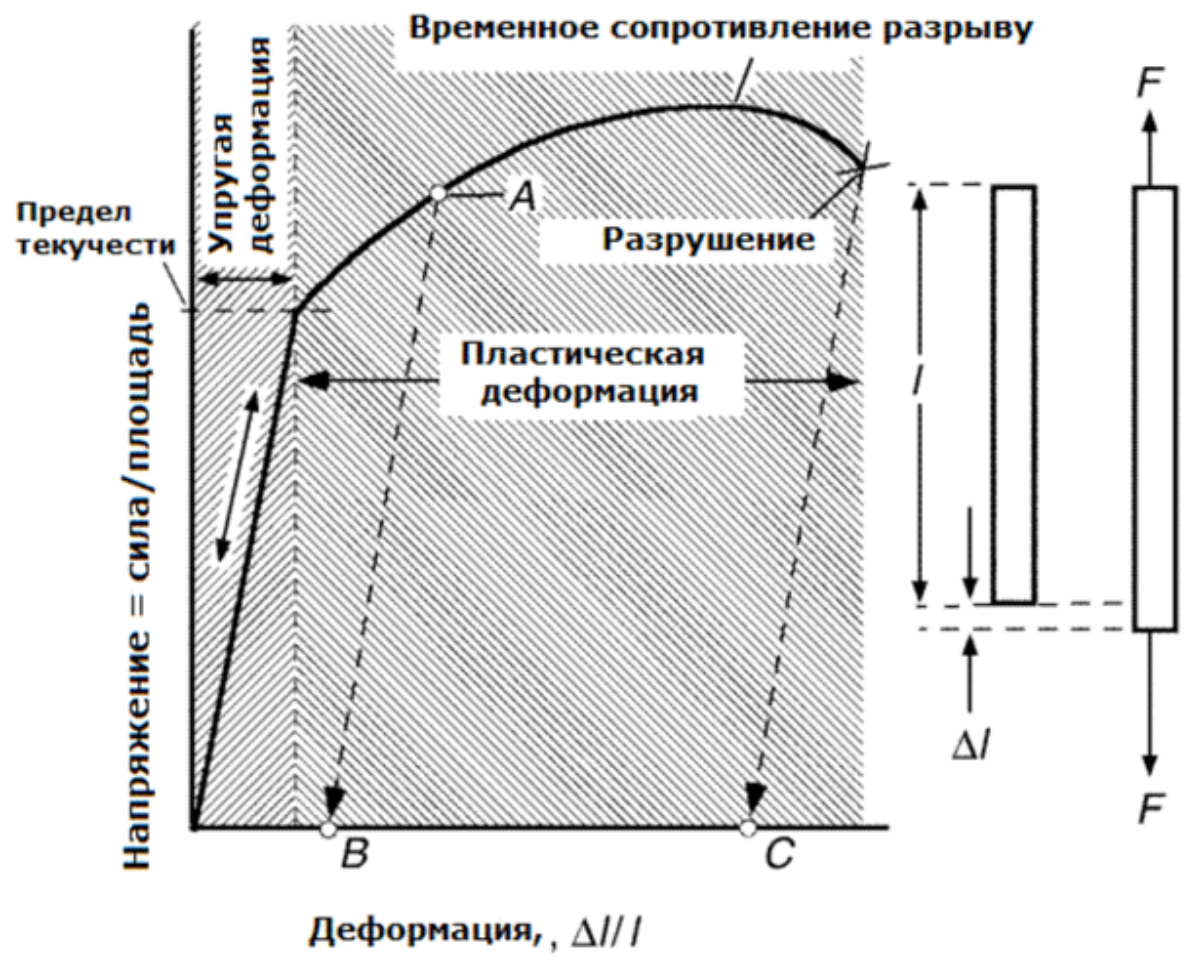
Если $\epsilon_{\text{ост}} = 0.005$ или 0.5%

то усл.предел тек.- $\sigma_{0.5}$

$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}$ **условный предел текучести**, напряжение, вызывающее остаточную деформацию образца на величину 0,2% его первоначальной расчетной длины. МН/м²

Вид диаграммы растяжения дуралюмина





МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СТАНКА

Методические указания к практическим и лабораторным занятиям
студентов направления подготовки 15.04.05
и аспирантов направления подготовки 15.06.01

КУРСК 2016

УДК 621.9.06

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *С.А. Чевычелов*

Модели параметрических отказов и оценка надежности станка: методические указания к практическим и лабораторным занятиям студентов направления подготовки 15.04.05 и аспирантов направления подготовки 15.06.01 /Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун. Курск, 2016. 24 с.: табл. 2, ил. 5. Библиогр.: с. 23.

Изучается программный метод испытаний металлорежущих станков, комплексное понятие «надежность» системы. Дается прогноз параметрической надежности станка.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения и направления подготовки кадров высшей квалификации «Машиностроение».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 9 10 20 16 г. Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. 1,4. Уч.-изд.л. 1,3. Тираж 100 экз. Заказ 1711. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТАНКА	5
1.1 БЕЗОТКАЗНОСТЬ СИСТЕМ С ОБЩИМ И РАЗДЕЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ	5
2 ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА	7
2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ОПОРНЫХ ТОЧЕК СУППОРТА В ФУНКЦИИ ВРЕМЕНИ	7
2.2 РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПОРНЫХ ТОЧЕК	7
2.3 МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ СУММАРНОЙ ТРАЕКТОРИИ	11
3 МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ	12
3.1 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	16
ПРИЛОЖЕНИЕ	17
ЗАДАНИЕ 1	
ЗАДАНИЕ 2	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	21

ВВЕДЕНИЕ

Надежность и долговечность – это те свойства, которые характеризуют работу системы во времени, то есть определяют степень и характер изменений, происходящих у характеристик системы в результате ее эксплуатации. При этом следует учитывать все этапы эксплуатации, включая простои, ремонты, переналадку, хранение, транспортирование, испытания и установку. Определение надежности и долговечности любого изделия базируется на понятии его работоспособности.

Работоспособность – это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами установленными требованиями технической документации (стандарты, ТУ, нормативы). ТУ предусматривает уровень внешних воздействий и методы техобслуживания и ремонта, нормы и допустимые отклонения от параметров. Для станков это – точность обработки и параметры шероховатости, производительность, затраты времени и средств на переналадку и ремонт, КПД и т.д..

Надежность – это свойства изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность – обобщенный показатель, включающий в себя безотказность, долговечность машины. Понятие надежности относится к машине в целом или к ее узлам и деталям.

Срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации изделия или детали, а наработка – продолжительность работы изделия в часах или единицах, характеризующих длительность работы изделия (объем работы, километры пробега, число циклов).

Отказ – это такое событие, которое заключается в нарушении работоспособности машины или ее элемента. Признаки (критерии) отказов рекомендуется оговаривать в техдокументации на изделие данного типа.

Например, поломка пружины суппорта, повышение температуры подшипников, падение точности обработки ниже нормы из-за износа направляющих являются отказом станка.

1 ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТАНКА

Для прогнозирования параметрической надежности станка надо знать вероятностные характеристики областей состояний в функции времени.

При числе испытаний, равном $n=1, \dots, N$, получают данные для построения закона распределения параметра $X - f(X)$ при $t=0$ и определяют

X_1 – максимальное значение выходного параметра;

X_{1cp} – математическое ожидание и σ_1 – дисперсию, затем рассчитывают те же значения для периода времени t_1, t_2, \dots, t_k .

Эти данные позволяют дать вероятностные характеристики областей состояний для любого периода времени t .

1.1 Безотказность систем с общим и отдельным резервированием

Рассматривая систему, состоящую из n последовательно соединенных элементов, можно предположить два варианта их резервирования:

- общее резервирование, когда при выходе из строя любого элемента включается резервная цепь, которая полностью заменяет данную. Имеется $(m-1)$ резервных цепей.

Если P_i вероятность безотказной работы одного элемента P_j всей цепи, то безотказность системы P_o будет:

$$P_o = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_j) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - \prod_{i=1}^n P_i), \quad (1.1)$$

При одинаковых элементах ($P_i = P_1$) формула (1) примет вид:

$$P_o = 1 - (1 - P_1^n)^m .$$

- Раздельное резервирование, при котором имеется возможность включать резервный элемент при выходе из строя любого элемента. В этом случае вероятность безотказной работы системы вычисляется по формуле:

$$P_p = \prod_{j=1}^n \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - P_i) \right] .$$

При одинаковых элементах:

$$P_p = [1 - (1 - P_1)^m]^n .$$

На практике часто применяют комбинированные системы резервирования с общим резервированием отдельных цепей и отдельным резервированием наиболее ненадежных и ответственных элементов.

2 ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА СКОРОСТЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА

Для оценки качества станка необходимо иметь информацию о возможных изменениях параметров траекторий формообразующих узлов станка при *изнашивании* сопряженных деталей, *о скорости изнашивания* сопряженных деталей и форме изношенной поверхности.

2.1 Определение изменения траекторий опорных точек суппорта в функции времени

Изменение начальных параметров станка с течением времени связано с *медленно протекающими процессами*, в первую очередь, с износом базовых элементов станка. Основные виды износа: абразивный износ, пластическая деформация, усталость.

На точность станка непосредственное влияние оказывает износ направляющих столов, суппортов, ползунов, шпиндельных подшипников, передач ходовой винт-гайка, а также механизмов, участвующих в формировании выходных параметров точности (поворотных-фиксирующих, кулачковых, зажимных и др.)

При прогнозировании изменения параметров станка в процессе изнашивания опираются на физику процесса изнашивания: учитывают смазку и условия трения сопряженных поверхностей, включают фактор времени.

В станке для большинства сопряжений применяется следующая закономерность для расчета линейного износа материалов:

$$U = k \cdot p^m \cdot v \cdot t$$

или

$$\gamma = u/t = k \cdot p^m \cdot v, \quad (2.1)$$

где U - линейный износ, мкм; γ - скорость изнашивания, мкм/год; k - коэффициент износа; p - давление на поверхности трения; v -

скорость относительного скольжения; t - время работы сопряжения;
 m - коэффициент, $m-1$ для абразивного и усталостного износа.

Коэффициент износа является случайной величиной и изменяется в широких пределах, поэтому скорость изнашивания можно определить лишь ориентировочно.

2.2 Расчет изменения параметров опорных точек

Принятые выходные параметры станка зависят от характеристик траекторий опорных точек формообразующих узлов станка. Нужно оценить изменение этих траекторий при изнашивании направляющих.

Рассмотрим влияние износа направляющих станины токарного станка на точность перемещения суппорта.

Передняя направляющая суппорта (треугольная призма) несет основную нагрузку, так как на нее действует сила резания. При износе направляющих резец изменяет свое положение, и точность обработки уменьшается. При этом именно *неравномерность износа* направляющих оказывает влияние на *точность траектории* суппорта, так как *равномерный износ компенсируется* за счет начальной установки резца.

Рассмотрим схему для определения ординат опорных точек направляющих скольжения с течением времени (Рис.2.1):

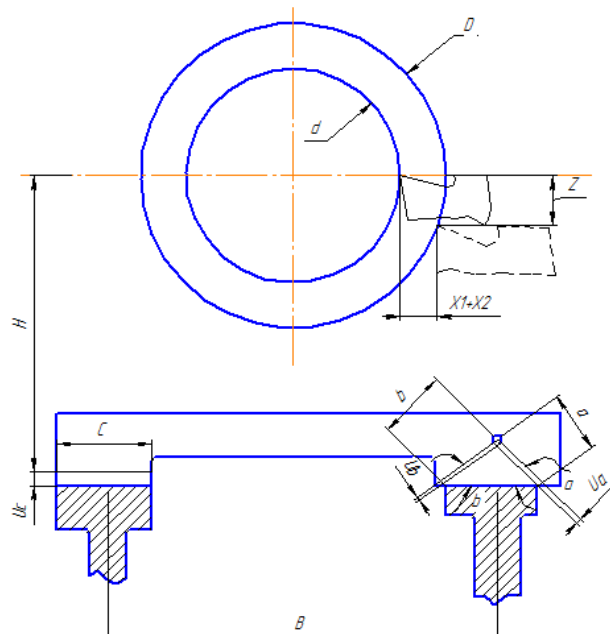


Рисунок 2.1. Влияние износа направляющих токарного станка на искажение траектории суппорта

Изменение в результате износа траекторий опорных точек формообразующих узлов приводит к изменению выходных параметров станка, которые определяют его качество с позиций точности (Рис.2.2).

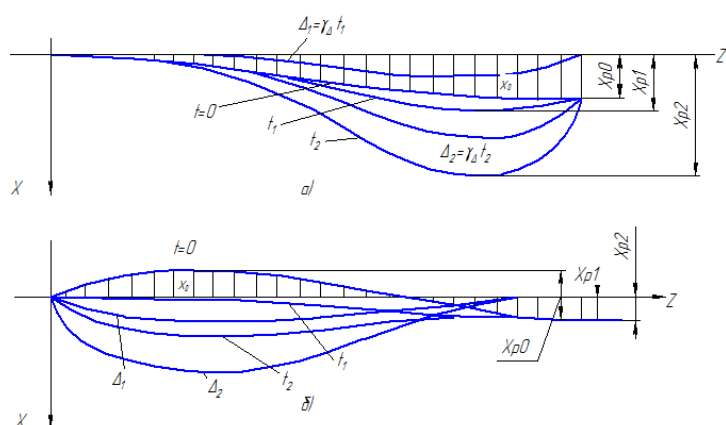


Рисунок 2.2. Схема формирования траектории и ее выходных параметров при изнашивании направляющих

Горизонтальное смещение суппорта X'_1 возникает в силу восприятия передней направляющей усилия резания

$$X'_1 = u_b \cdot \sin \beta - u_a \cdot \sin a.$$

Износ, задней направляющей приведет к повороту суппорта, в результате резец отойдет на величину X'_2

$$X'_2 = (Z - u_c) \cdot \frac{H}{B}.$$

Изменение радиуса обрабатываемой детали Δ

$$\Delta = X'_1 + X'_2. \quad (2.2)$$

Подставляя в формулу (2.2) значения X_1 и X_2 и произведя преобразования, получим:

$$\Delta = u_a \cdot \left(\frac{H}{B} \cdot \cos a - \sin a \right) + u_b \cdot \left(\frac{H}{B} \cdot \cos b + \sin b \right) - u_c \frac{H}{B}.$$

Например, при $a = 25^\circ$; $\beta = 65^\circ$ и $H/B = 0,6$ получим

$$\Delta = 0,12u_a + 1,16u_b - 0,6u_c.$$

Чтобы определить изменение ординат опорных точек направляющих скольжения Δc течением времени, воспользуемся формулой (2.1):

$$\gamma_\Delta = \Delta/t, \frac{\text{мкм}}{\text{год}},$$

где γ_Δ - скорость изменения ординат траекторий.

Расчет новых значений выходных параметров станка и оценка вероятности их изменений позволит осуществить **прогноз параметрической надежности станка**, оценить его **ресурс по точности**.

Для такого прогноза необходимо:

1. Получить на испытательно-диагностическом стенде значения ординат траекторий каждой опорной точки (опорные или фиксированные точки располагаются на установочных базах станка, определяющих взаимное положение заготовки, приспособления или инструмента).
2. Определить изменение этих траекторий в функции времени, которые могут произойти при изнашивании базовых поверхностей (направляющих, опор подшипников и т.п.).

3. На основании этих данных получить ординаты траекторий, которые будут характеризовать движение опорной точки в любой заданный промежуток времени работы станка.

2.3 Методика получения суммарной траектории

При небольших значениях износа суммарная траектория опорной точки может быть определена как алгебраическая сумма начальной ординаты X_0 и ординат Δ , характеризующих ее изменение при износе направляющих:

$$X = X_0 + \Delta = X_0 + \gamma_{\Delta}t,$$

где X – ордината траектории с учетом износа;

γ_{Δ} - скорость изменения приращения ординат;

t – время.

Рассмотрим два типичных случая формирования траектории опорной точки суппорта при его движении по изношенным направляющим, то есть две модели параметрических отказов.

3 МОДЕЛИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОТКАЗОВ

Отказ любого элемента отражается на работе машины в целом.

Если известна вероятность безотказной работы элементов $P_i(t)$ можно просчитать вероятность безотказной работы сложной системы.

Наиболее характерно, когда отказ одного элемента выводит из строя всю систему, как это имеет место при последовательном соединении элементов. Большинство машин и механизмов подчиняются этому условию. Если, например, в приводе машины выйдет из строя любая шестерня или другая деталь - весь привод перестанет работать. Вероятность безотказной работы такой системы равна произведению вероятностной безотказной работы элементов по теореме умножения вероятностей независимых событий:

$$P(t) = P_1 P_2 \cdot \dots \cdot P_n, (3.1)$$

При одинаковой надежности элементов формула (3.1) приобретает вид:

$$P(t) = P_i^n, (3.2)$$

Сложные системы, состоящие из элементов высокой надежности, могут обладать низкой надежностью за счет наличия большого числа элементов.

Например, если узел состоит из 50 деталей, а вероятность безотказной работы каждой детали за выбранный промежуток времени составляет $P(t) = 0.99$, то вероятность безотказной работы узла будет:

$$P(t) = (0.99)^{50} \approx 0,6$$

Если причина выхода из строя деталей связана только с внезапными отказами, то:

$$P_1 = e^{-\lambda_1 t}; P_2 = e^{-\lambda_2 t}; \dots; P_n = e^{-\lambda_n t}$$

Сделав подстановку в формулу (3.1) получим:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t} = e^{-\lambda_0 t}, (3.3)$$

Таким образом, вероятность безотказной работы сложной системы в

этом случае также подчиняется экспоненциальному закону с параметром

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

Модели параметрических отказов – два случая:

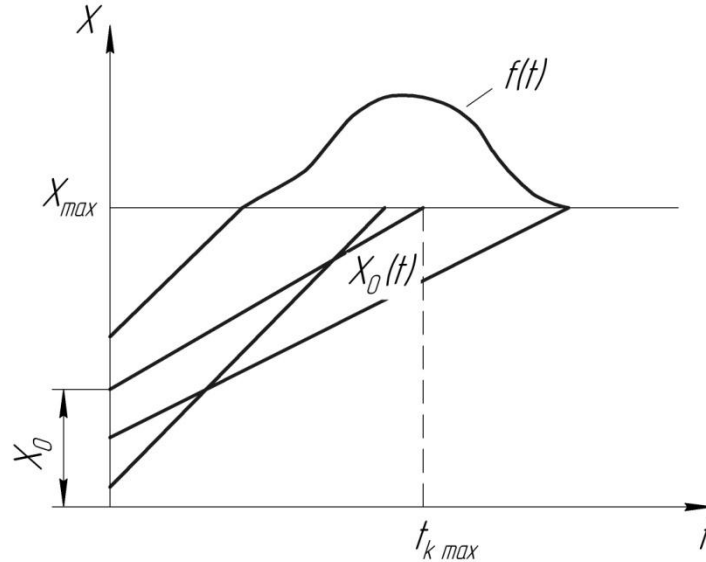


Рисунок 3.1. Изменение выходного параметра линейно во времени

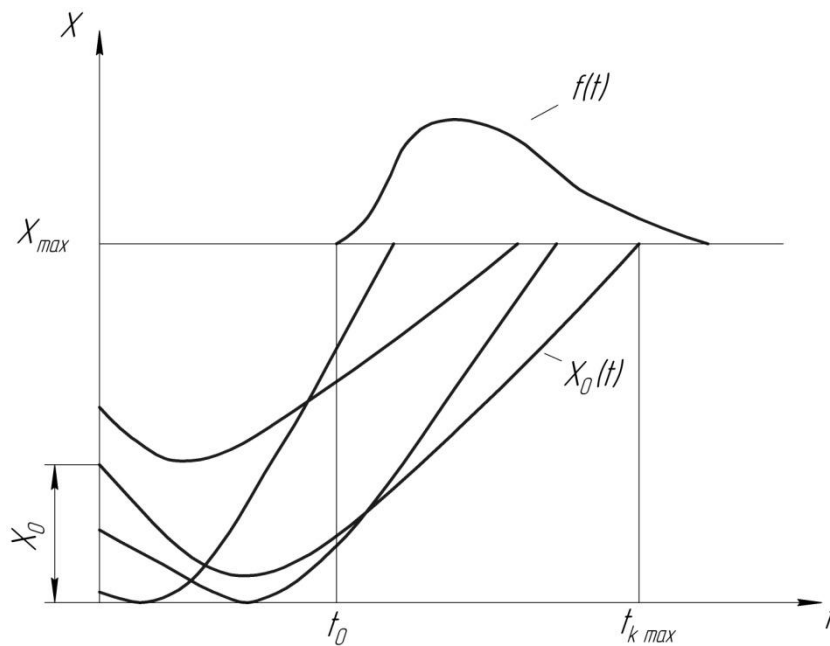


Рисунок 3.2. Нелинейное изменение выходного параметра во времени

2-й случай встречается чаще на практике, так как допуск на отклонение формы новых направляющих всегда дается в сторону выпуклости.

3.1 Математическое описание модели

1. Рассеяние данного выходного параметра X станка подчиняется закону нормального распределения с характеристиками области состояний

$a_0 = X_{1cp}$ – математическое ожидание;

$\sigma_a = \sigma_1$ – среднеквадратическое отклонение.

2. Изменение выходных параметров во времени подчиняется линейному закону:

$$X = \gamma_x t,$$

где γ_x – скорость изменения параметра ($\gamma_x = \text{const}$ для данного сочетания внешних факторов).

3. Рассеяние скоростей изменения параметров подчиняется нормальному закону распределения с характеристиками:

$\gamma_{x\text{cp}}$ – математическое ожидание;

σ_x – среднеквадратическое отклонение;

γ_x – случайная величина, и на ее рассеяние действуют различные факторы: нагрузка, скорость, смазка и ее загрязненность и т.д.

4. Изменение выходных параметров станка при износе через промежуток времени t , характеризующие закон нормального распределения:

$\gamma_x t$ – математическое ожидание;

$\sigma_x t$ – среднеквадратическое отклонение.

5. Выход области состояний за пределы области работоспособности (X_{max}) приведет к параметрическому отказу.

Как известно, вероятность отказа $F(t)$ численно равна площади кривой $f(X)$, находящейся за пределами X_{max} , а вероятность безотказной работы $P(t)$ численно равна площади кривой $f(X)$, находящейся в области работоспособности. Эту площадь определим, пользуясь функцией Лапласа Φ :

$$P(t) = 0,5 + \Phi_{\text{H}} \left[\frac{X_{\text{max}} - a_0 - \gamma_{x\text{cp}} \cdot t}{\sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_x \cdot t)^2}} \right], \quad (3.1)$$

где $0 \leq \Phi \leq 0,5$.

Вероятность отказа $F(T) = 1 - P(t)$.

6. Формула (3.1) позволяет определить вероятность безотказной работы для каждого выходного параметра. Вероятность безотказной работы всего

станка определим следующим образом:

$$P(t) = P_1(t)P_2(t) \dots P_k(t).$$

7. Задаваясь рядом значений t , можно построить зависимость $P(t)$ в функции времени:

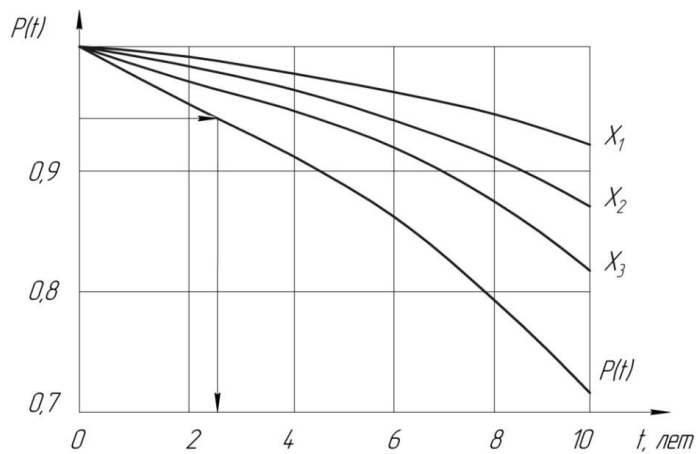


Рисунок 3.3. Вероятность безотказной работы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения безотказности машин и их элементов применяются следующие основные методы:

1. Повышение надежности узлов и элементов благодаря рациональной конструкции и применению износостойких материалов. Большая сопротивляемость вредным воздействиям на узел уменьшает скорость потери его работоспособности и смещает кривую рассеивания сроков службы $f(t)$ в область более высоких значений t и повышают вероятность безотказной работы за данный период времени.
2. Повышение стабильности технологических процессов при изготовлении деталей машин. Это приводит к уменьшению дисперсии сроков службы, что даже при одинаковых сроках службы может повысить надежность элементов $F_1 < F_2$.
3. Обкатка машины и ее узлов позволяет выявить те недостатки изготовления и сборки, которые приводят к повышенным внезапным отказам в первый период работы машины (время t_1 желательно исключать из времени работы машины).
4. Защита машины от случайных перегрузок или вредных воздействий.
5. Применение резервирования для систем из элементов невысокой надежности.
6. Применение самовосстанавливающихся схем.
7. Упрощение системы. Создать более простую машину, выполняющую заданную ранее функцию.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ЗАДАНИЕ 1

По значениям ординат опорных точек траектории перемещения суппорта токарного станка рассчитать изменения этих траекторий в функции времени:

а) заданы величины износа u_a , u_b , u_c (мкм) передней и задней направляющих станины (Табл. 1);

б) определить суммарное изменение радиуса обработанной детали:

$$X'_1 = u_b \cdot \sin \beta - u_a \cdot \sin a;$$

$$X'_2 = (Z - u_c) \cdot \frac{H}{B};$$

$$Z = u_b \cdot \cos b + u_a \cos a;$$

$$\Delta = X'_1 + X'_2;$$

$$\Delta = u_a \cdot \left(\frac{H}{B} \cdot \cos a - \sin a \right) + u_b \cdot \left(\frac{H}{B} \cdot \cos b + \sin b \right) - u_c \frac{H}{B}.$$

в) определить изменения ординат опорных точек направляющих скольжения в функции времени для каждого выходного параметра

$$\gamma_\Delta = \Delta/t, \text{ мкм/год,}$$

где $t = 1; 3; 5; 10$ лет.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ 1

Таблица 1

Величины износа u_a, u_b, u_c (мкм)
передней и задней направляющих станины

Вариант	Износ направляющих, мкм	Выходные параметры			Геометрические характеристики направляющих		
		$X_1 = X_p$	$X_2 = \operatorname{tg} \beta$	$X_1 = \Delta_z$	α , град.	β , град.	Н/В
1	Ua	0,3	0,4	0,35	35	70	0,6
	Ub	0,4	0,45	0,5			
	Uc	0,9	0,85	1,0			
2	Ua	0,8	0,85	0,7	25	65	0,8
	Ub	0,4	0,6	0,5			
	Uc	2,0	1,0	1,2			
3	Ua	0,25	0,3	0,45	25	70	1,0
	Ub	0,65	0,5	0,3			
	Uc	2,0	1,0	0,8			
4	Ua	1,0	0,8	0,94	35	70	2,0
	Ub	0,65	0,5	0,92			
	Uc	0,95	0,8	0,95			
5	Ua	0,6	0,55	0,35	25	70	0,6
	Ub	0,45	0,7	0,4			
	Uc	0,5	0,8	0,95			
6	Ua	0,35	0,4	0,6	25	65	1,0
	Ub	0,65	0,85	0,35			
	Uc	0,8	1,0	0,9			
7	Ua	0,55	0,5	0,7	35	60	0,6
	Ub	0,25	0,3	0,45			

	Uc	0,4	0,6	0,8			
8	Ua	0,3	0,35	0,4	35	65	1,0
	Ub	0,25	0,35	0,8			
	Uc	0,2	0,3	0,4			
9	Ua	0,3	0,5	0,45	25	65	0,8
	Ub	0,45	0,5	0,6			
	Uc	0,5	0,9	0,85			
10	Ua	0,45	0,35	0,5	25	65	1,0
	Ub	0,6	0,5	0,8			
	Uc	0,85	0,75	1,0			
11	Ua	0,2	0,3	0,4	25	65	0,6
	Ub	0,8	0,75	0,8			
	Uc	0,75	0,8	1,0			
12	Ua	0,2	0,3	0,4	25	65	0,8
	Ub	0,4	0,5	0,4			
	Uc	1,2	1,0	0,8			
13	Ua	0,8	0,75	0,8	35	60	1,0
	Ub	0,65	0,6	0,75			
	Uc	0,75	0,8	1,0			
14	Ua	0,5	0,65	0,7	30	70	0,8
	Ub	0,6	0,7	0,7			
	Uc	1,0	2,0	1,0			
15	Ua	0,5	0,6	1,0	30	75	1,0
	Ub	0,65	0,7	2,0			
	Uc	0,7	0,7	1,0			
16	Ua	0,8	0,65	0,75	35	60	1,0
	Ub	0,75	0,6	0,8			
	Uc	0,8	0,75	1,0			
17	Ua	0,2	0,4	1,2	25	65	0,6

	Ub	0,3	0,5	1,0			
	Uc	0,4	0,4	0,8			
18	Ua	0,45	0,65	0,90	25	65	1,0
	Ub	0,35	0,50	0,75			
	Uc	0,5	0,8	1,0			
19	Ua	0,3	0,45	0,5	25	65	0,8
	Ub	0,5	0,5	0,9			
	Uc	0,45	0,6	0,85			
20	Ua	0,3	0,25	0,2	35	65	1,0
	Ub	0,35	0,35	0,3			
	Uc	0,4	0,8	0,4			
21	Ua	0,55	0,25	0,4	35	60	0,6
	Ub	0,5	0,3	0,6			
	Uc	0,7	0,45	0,8			
22	Ua	0,35	0,65	0,8	25	65	1,0
	Ub	0,4	0,85	1,0			
	Uc	0,6	0,35	0,9			
23	Ua	0,6	0,45	0,5	25	70	0,6
	Ub	0,55	0,7	0,8			
	Uc	0,35	0,4	0,95			
24	Ua	0,1	0,65	0,95	35	70	2,0
	Ub	0,8	0,5	0,8			
	Uc	0,94	0,92	0,95			
25	Ua	0,25	0,65	2,0	25	70	1,0
	Ub	0,3	0,5	1,0			
	Uc	0,45	0,3	0,8			

ЗАДАНИЕ 2

1. Рассчитать рассеяние скоростей изменения параметров X_1, X_2, X_3 :

$$\gamma_{X_{\text{cp}}} = \frac{\sum \gamma_X}{n}$$

и среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum (\gamma_{Xi} - \gamma_{X_{\text{cp}}})^2}{n}},$$

где i – индекс максимального значения γ_x .

2. Рассчитать вероятность безотказной работы станка (область работоспособности)

$$P(t) = \Phi \left[\frac{X_{\text{max}} - a_0 - \gamma_{X_{\text{cp}}} \cdot t}{\sqrt{\sigma_a^2 + (\sigma_X \cdot t)^2}} \right]$$

для каждого выходного параметра.

3. Рассчитать вероятность безотказной работы станка

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t)$$

при $t = 1; 3; 5; 10$ лет.

4. Построить зависимость $P(t)$ в функции времени.
 5. Определить ресурс T_p станка по точности при $P(t) = 0,95$.
 6. Сделать выводы.
 7. Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Таблица 2

Оценка параметрической надежности станка

Выходной параметр	Область состояний по результатам испытаний		Область работоспособности X_{\max} , МКМ	Запас надежности K_H	Результаты прогноза и расчета		Расчет вероятности $P(t)$ при работе станка t , лет				Средний ресурс по параметру $T_{\text{ср}}$, лет
	$a_0 = X_{1 \text{ ср}}$	$\sigma_a = \sigma_1$			$\gamma_{x \text{ ср}}$, МКМ/ГОД	σ_x , МКМ/ГОД	1 год	3 года	5 лет	10 лет	
x_1	Данные из табл. 1 (практ. №1)										
x_2											
x_3											
Показатели параметрической надежности станка				Вероятность безотказной работы $P(t)$							Средний ресурс станка $T_{\text{ср}}$
				Ресурс по точности T_p при $P(t) = 0,95$							

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.М. Бржозовский А.А. Игнатъев В.В. Мартынов и др. Диагностика и надежность автоматизированных систем. - Учебное пособие (гриф МОРФ). - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 432 с.
2. Схиртладзе А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. Н. Иванова, В. П. Борискин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 708 с. - ISBN 978-5-94178-124-9 : *Гриф: УМО АМ.*
3. Металлорежущие станки [Текст] : учебник / В. Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. - 5-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 696 с. - ISBN 978-5-94178-129-4 : *Гриф УМО АМ.*
4. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1995. 287с.
5. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989. 295 с.
6. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1994. 119 с.
7. Пляскин И.И. Оптимизация технологических решений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1992. 175 с.
8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Изд-во «Мир», 1982. 381 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ ФРЕЗЕРНО-
ГО СТАНКА**

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое обес-
печение машиностроительных производств

Курск 2017

УДК 621.(076.1)

Составители: Е.И.Яцун, А.А.Горохов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Малыхин В.В.*

Определение статической жесткости фрезерного станка: методические указания по выполнению лабораторной работы/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун, А.А.Горохов. Курск, 2017. 20 с.: ил.4, табл. 3. Прилож. 1. Библиогр. 4: с. 19.

Содержат сведения по изучению методов испытаний на статическую жесткость фрезерного станка.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, дисциплина «Надежность и диагностика технологических систем».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ 20__ г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. ____.. Уч.-изд.л. ____.. Тираж 100 экз. Заказ ____.. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1 ВЫБОР УСЛОВИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКА СТАНКА	7
1.1. Цели и задачи	8
1.2. Оборудование и приборы	9
1.3 Нагрузочные устройства	9
1.4 Измерительные приборы	10
1.5 Порядок проведения эксперимента	10
1.6 Обработка результатов измерений	15
1.7 Форма отчета	18
Контрольные вопросы	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	19
ПРИЛОЖЕНИЕ. Примеры оформления графиков	20

ВВЕДЕНИЕ

Геометрическая и кинематическая точность станка является необходимым, но недостаточным условием для обеспечения требуемого качества обработки. Существующие нормы для проверки качества изготовления станков – нормы точности – не позволяют оценивать жесткость станка, так как при испытаниях, предусмотренных этими нормами, в станке не возбуждаются силы, которые могли бы заметно изменить взаиморасположение узлов станка, несущих инструмент и заготовку. В то же время производительность станков, точность размеров и формы, качество поверхностей деталей, обрабатываемых на станках, в значительной степени определяются жесткостью станка.

Проверка станков по нормам жесткости направлена на поддержание и повышение точности работы станка. Испытание станков по нормам жесткости является дополнительной количественной оценкой качества изготовления продукции станка, характеризующей точность станка под нагрузкой.

Влияние жесткости станка на точность механической обработки является исходным положением при разработке норм жесткости. Методика нормирования жесткости станка оговорена требованиями ГОСТ «Станки металлорежущие. Общие условия к стандартам на нормы жесткости».

Разработка норм жесткости на металлорежущие станки расчетным путем не представляется возможной, и поэтому единственно приемлемым является метод, основанный на обобщении статистических данных о фактической жесткости станков, выпускаемых серийно, и установлении зависимости жесткости от размера станка. Такой путь обеспечивает использование многолетнего опыта, накопленного в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации станков. Полученные таким образом нормы жесткости должны обеспечить общее повышение в стабилизацию качества выпускаемых станков.

Повышение жесткости технологической системы содействует уменьшению вибраций ее звеньев и, следовательно, позволяет повышать режимы резания, не снижая точности обработки.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, характеризует ее жесткость.

Жесткостью технологической системы называют отношение $j = P_y/u$, радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению u режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие податливости W , т. е. величины обратной жесткости:

$$W = 1/j.$$

Если исходить из определения жесткости всех звеньев технологической системы и ее элементарных связей, то общая формула для расчета жесткости системы будет иметь вид:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \dots + W_n$$

или

$$1/j = 1/j_1 + 1/j_2 + 1/j_3 + \dots + 1/j_n.$$

Жесткость станка можно определить *статическим методом*, т. е. нагружением узлов неработающего станка, и *производственным методом* - путем испытания на жесткость работающего станка.

Статический метод заключается в постепенном нагружении узлов станка силами, соответствующими тем, которые возникают в процессе работы станка, с производством замеров деформаций. При производственном методе испытания на жесткость проводят в процессе обработки заготовки с разной глубиной резания и неизменными остальными параметрами режима резания. Обработку ведут на коротких участках, после чего измеряют высоту уступа на обработанной поверхности. Разница размеров уступов является следствием различного отжатия заготовки, обусловленного глубиной резания. Чем меньше отжатие детали, тем меньше погрешность, тем выше жесткость станка или жесткость технологической системы (деформацией заготовки при испытании пренебрегают).

Исследованиями установлено, что суммарная деформация в наибольшей степени зависит от деформаций в стыках узлов станка. А так как деформации в стыках во многом связаны с точностью формы и шероховатостью контактирующих поверхностей, то для объективной оценки изделия должна контролироваться жесткость каждого станка.

Суммарную жесткость станка можно характеризовать смещением вершины режущего инструмента относительно жесткой обрабатываемой детали вследствие упругих перемещений элементов под действием сил трения. Однако знание суммарной жесткости не дает возможности решения и понимания всех вопросов эксплуатации и тем более конструирования станков. Поэтому в ряде случаев оказывается необходимым знание баланса упругих перемещений, то есть долей полной величины смещения инструмента относительно изделия, определяемых перемещения:

- 1) оценить влияние жесткости отдельных элементов конструкции на суммарную жесткость станка;
- 2) оценить жесткость конструкции отдельных узлов и качество их изготовления и сборки;
- 3) предотвратить появление конструкций с пониженной жесткостью системы за счет одного слабого элемента и с заведомо повышенными жесткостью и весом других элементов;
- 4) упругость и точность методы расчета станков на жесткость.

Для того, чтобы составить баланс упругих перемещений следует измерить перемещения элементов, образующих упругую систему станка, при статическом внутреннем нагружении, имитирующем к точке приложения силы (вершине инструмента).

Баланс упругих перемещений в станке может составляться с различной степенью детализации. Могут составляться следующие виды балансов:

- 1) укрупненный баланс, необходимый для общего представления о распределении упругих перемещений по узлам и установления основных направлений повышения жесткости;
- 2) детальный баланс упругих перемещений узла (обычно узла, имеющего наибольшее влияние на точность обработки), необходимый для усовершенствования по конструкции;
- 3) детальный баланс упругих перемещений станка (необходимый для коренной его модернизации, а также для обобщения данных по жесткости станков.

В настоящей работе содержатся общие методические указания по постановке и проведению исследования суммарной жесткости консольного горизонтально-фрезерного станка, так как для составления даже укрупненного баланса упругих перемещений отдельных узлов станка зачастую требуется большое количество индикаторов и угломеров, которое разместить на станке согласно измерительной схемы одновременно весьма сложно.

1 ВЫБОР УСЛОВИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОДГОТОВКА СТАНКА

Перед проведением испытаний станка на статическую жесткость проводится испытание на холостом ходу, которое заключается в следующем:

- проверка всех включений, переключений и передач органов управления для определения правильности их действия, взаимной блокировки, надежности фиксирования и отсутствия самопроизвольных смещений,
- проверка безотказности действий и точности работы автоматических устройств;
- проверка устройств для зажима изделия и инструмента: нет ли заеданий, ослабления зажимающих элементов при многократном включении, при перегрузке и т. п.;
- проверка исправности работы системы смазки после пуска масляных насосов и заполнения масленок: обеспечена ли подача смазки к механизмам станка в момент его пуска, поступает ли масло непрерывно и в достаточном количестве ко всем трущимся поверхностям, надежно ли функционирует система очистки масла, нет ли утечек в насосе, из-под фланцев, крышек, в маслопроводе и из других мест соединения;
- проверка работы системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости: поступает ли жидкость непрерывно и в достаточном количестве к требуемому месту (или местам), достаточна ли зона обслуживания рабочих участков, удобно ли регулировать подачу жидкости и направление струи, нет ли утечек в системе;
- проверка равномерности механических и гидравлических подач (не наблюдается ли скачкообразная подача каких-либо узлов станка);
- проверка работы электрооборудования: пуска, останова, реверсирования и торможения электродвигателей, плавности регулирования оборотов электродвигателей постоянного тока, действия защитных и аварийных блокировок, надежности работы конечных выключателей;
- проверка мощности, затрачиваемой электродвигателем на холостой ход станка;
- проверка наличия и надежности действия защитных устройств по технике безопасности и охране труда.

Станки, имеющие механизмы для осуществления быстрых (ускоренных) холостых ходов и медленных рабочих перемещений (быстрый ход — рабочая подача — реверсирование), должны быть проверены:

- а) на точность действия автоматических устройств при переключении с одного цикла на другой;
- б) на отсутствие задержек при переходе на новый цикл;

в) на плавность работы механизмов в моменты переходов.

Работа станка должна быть плавной, без толчков, без сильного шума, стуков или сотрясений, вызывающих вибрацию станка. Шум вхолостую работающего станка должен быть еле слышным на расстоянии 4-5 м. Измерение уровня шума производится шумомером (в децибелах) или фонометром (в фонах). Допустимый уровень шума в станках в районе рабочего места 70—80 децибелов.

Для общего определения жесткости станка исследования целесообразно проводить на станках новых или отремонтированных, соответствующих существующим техническим условиям и находящимся в состоянии готовности к нормальной работе. Установка станков при исследованиях должна быть технологичной их установке при эксплуатации. Перед началом проведения исследования должна быть произведена проверка:

- 1) зажима элементов, неподвижных при работе (хобота, консоли и т.д.);
- 2) регулировки подвижных соединений (планок и клиньев стола, хобота и т.д.)
- 3) затяжки затянутых стыков (хобот-станина).

Расположение узлов исследуемого станка (хобота, стола), ориентация в пространстве статической силы, имитирующей силу резания, и выбор ее величины обуславливаются следующими соображениями:

- 1) условия исследования должны соответствовать условиям типичного для станка случая обработки;
- 2) величины упругих перемещений всех элементов станка должны быть достаточно, большими, позволяющими использовать для измерения измерительные приборы нормальной точности.

Исходя из этого, максимальную величину статической силы резания. Направление силы в пространстве должно быть таким, чтобы углы наклона силы к осям координат примерно соответствовали углам, определяемым соотношениями между составляющими при резании, и были существенно больше углов трения, так как влияние сил трения на величины перемещений элементов при статическом нагружении может быть весьма существенным. Однако влияние сил трения на распределение величины суммарного перемещения между отдельными элементами системы относительно невелико и здесь не рассматривается.

1.1. Цели и задачи

1) Изучить методику и существующие способы определения статической жесткости станков различных типов и типоразмеров.

- 2) Определить величину статической жесткости консольного горизонтально-фрезерного станка мод. 6Н81Г.
- 3) Ознакомиться с нормами статической жесткости станков различных типов и типоразмеров.
- 4) Составить отчет о проведенной работе.

1.2. Оборудование и приборы

- 1) Консольный горизонтально-фрезерный станок мод. 6Н81Г.
- 2) Образцовый переносной динамометр системы Н.Г.Токаря типа ДОС-0,5.
- 3) Индикаторные головки с ценой деления 0,01 и 0,002 мм.
- 4) Индикаторные стойки.
- 5) Квадрант для измерения углов поворота.
- 6) Масштабная линейка.

Статической характеристикой жесткости является податливость технологической системы (станок – приспособление – инструмент – деталь), определяемая отношением:

$$K = \frac{Y}{P}, \text{ мм/кГ} \quad (1)$$

где P - прилагаемая сила, кГ;

Y - величина деформации, мм.

Величина, обратная податливости, называется жесткостью системы, т.е.

$$j = \frac{P}{Y}, \text{ кГ/мм} \quad (2)$$

1.3 Нагрузочные устройства

Нагрузочное устройство должно обеспечить возможность создания в станке внутренней силы требуемой величины и направления в такой точке, в которой можно считать действующей силу резания.

Основными частями любого выгрузочного устройства являются домкрат, при помощи которого осуществляется нагружение, и предварительно протарированный динамометр. Величина действующей силы указывается индикатором динамометра.

В качестве домкрата можно использовать механизмы станков, как например, при исследовании сверлильных и фрезерных станков.

Динамометр должен встраиваться так, чтобы в его показания не входили потери на трение в нагрузочном устройстве.

1.4 Измерительные приборы

Для измерения линейных перемещений элементов исследуемого станка, а также угловых перемещений в горизонтальной плоскости, определяемых по разности линейных перемещений на заданной длине, используются индикаторы с ценой деления 0,01 и 0,002 мм. Для непосредственного измерения контактирующих элементов используются индикаторы с ценой деления 0,002 мм.

Измерения угловых перемещений в вертикальной и горизонтальной плоскостях рекомендуется производить при помощи уровней с ценой деления 0,02 мм/м.

Индикаторы крепятся на стойках, устанавливаемых на общей базе. Базу целесообразно выбирать так, чтобы основания индикаторных стоек при нагружении исследуемого станка не смещались.

Для измерения взаимных перемещений контактирующих элементов индикаторные стойки устанавливаются непосредственно на один из элементов как можно ближе к краям стыка.

1.5 Порядок проведения эксперимента

- 1) Установить подвижные узлы станка (хобот, консоль, стол, серьга) в положения соответствующие схеме, приведенной на рис. 1.
- 2) Проверить и закрепить подвижные узлы станка (измерительная справка, хобот, серьга, продольное и поперечное перемещение стола).
- 3) По разработанной схеме (рис. 1) установить необходимые приборы (динамометр, индикаторные головки, квадрант для измерения угловых смещений стола).
- 4) После установки максимально возможного количества приборов станок 2-3 раза нагружается силой максимальной величины и без записи показаний разгружается. Баланс перемещений целесообразно составлять не при первичных, а при повторных нагружениях, так как жесткость при повторных статических нагружениях больше соответствует жесткости станка в работе.
- 5) После разгрузки приборы выставляются на ноль.
- 6) Измерения проводятся при нескольких (4-5) ступенях нагрузки с тем, чтобы, исходя из зависимости между перемещением и нагрузкой, близкой к линейной, выявить и устранить возможные грубые промахи.

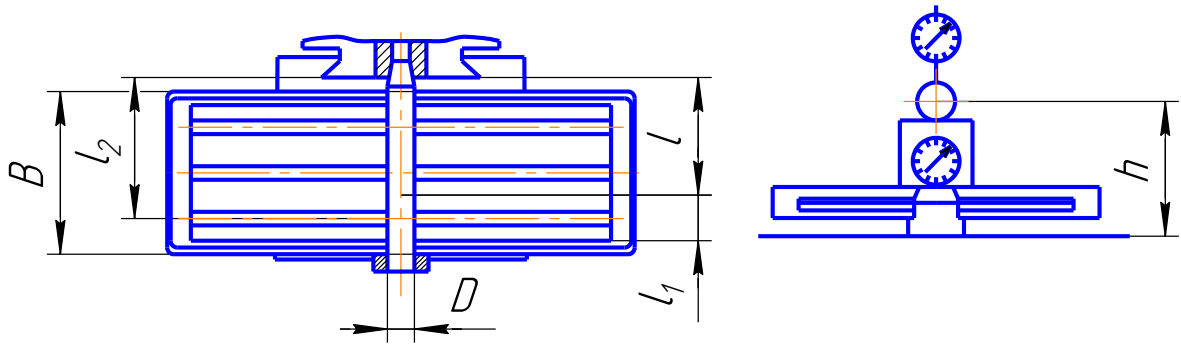


Рисунок 1. Схема определения жесткости станка

Величина ступеней нагрузки определяется индикатором динамометра по тарировочному графику (рис. 2) и зависит от выбранной величины максимальной силы.

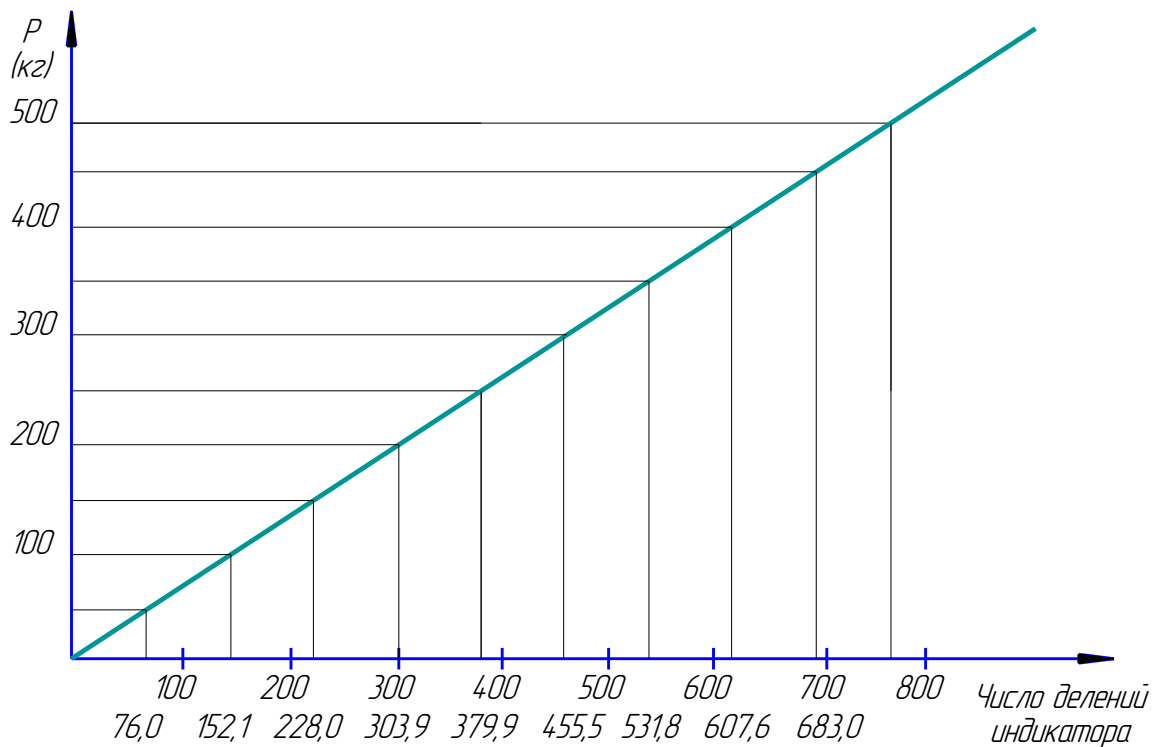


Рисунок 2. Тарировочный график образцового переносного динамометра Н.Г. Токаря типа ДОС – 0,5.

Порядок нагружения следующий.

Дается первая ступень нагрузки и записываются показания приборов. Затем дается вторая ступень нагрузки и опять записываются показания приборов и т.д.

После записи показаний приборов при максимальной нагрузке станок последовательно разгружается и фиксируются показания приборов по ступеням разгрузки.

Таблица 1.

Параметры станка, подлежащие проверке

№ п/п	Станки с шириной стола В (мм)	200	350
1	Расстояние h от оси шпинделя до рабочей поверхности стола, мм	125	140
2	Расстояние l от вертикальных направляющих станины до точки приложения силы, мм	270	280
3	Расстояние l_1 от точки приложения силы до торца подшипника серьги, мм	132	140
4	Расстояние l_2 от вертикальных направляющих станины до первого паза стола, мм	305	345
5	Диаметр D испытательной серьги в точке приложения силы, мм	80	100
6	Диаметр цилиндрической части испытательной оправки	40	60
7	Величина прилагаемой силы P , кг	500	800
8	Наибольшее допустимое относительное перемещение под нагрузкой в направлении оправки, закрепленной в шпинделе	0,36	0,48

Рекомендуемая форма регистрации показаний приборов приведена в следующей таблице (табл. 2).

Здесь приняты следующие обозначения.

$K_0, K_1, K_3 \dots K_5$ – число делений индикатора динамометра;

$P_0, P_1, P_3 \dots P_5$ – ступени нагрузки, кг;

$Y'_{H_0}, Y'_{H_1}, Y'_{H_2} \dots Y'_{H_5}$ – суммарное перемещение в мм элементов технологической системы по показаниям измерительного индикатора при нагрузках силами соответственно $P_0, P_1 \dots P_5$ при первом измерении;

$Y''_{H_0}, Y''_{H_1}, Y''_{H_2} \dots Y''_{H_5}$ – то же, но при втором измерении;

$Y'''_{H_0}, Y'''_{H_1}, Y'''_{H_2} \dots Y'''_{H_5}$ – то же, но при третьем измерении;

$Y'_{P_0}, Y'_{P_1}, Y'_{P_2} \dots Y'_{P_5}$ – суммарное перемещение в мм элементов технологической системы по показаниям измерительного индикатора при разгрузке силами $P_0, P_1 \dots P_5$ соответственно при первом измерении;

$Y''_{P_0}, Y''_{P_1}, Y''_{P_2} \dots Y''_{P_5}$ – то же, но при втором измерении;

$Y'''_{P_0}, Y'''_{P_1}, Y'''_{P_2} \dots Y'''_{P_5}$ – то же, но при третьем измерении;

$\alpha'_{H_0}, \alpha'_{H_1}, \alpha'_{H_2} \dots \alpha'_{H_3}; \alpha''_{H_0}, \alpha''_{H_1}, \alpha''_{H_2} \dots \alpha''_{H_5}; \alpha'''_{H_0}, \alpha'''_{H_1}, \alpha'''_{H_2} \dots \alpha'''_{H_3}$ – поворот в градусах консоли станка по показаниям квадранта при нагрузках силами $P_0, P_1 \dots P_5$ при 1-м, 2-м и 3-м измерениях соответственно;

$\alpha'_{P_0}, \alpha'_{P_1}, \alpha'_{P_2} \dots \alpha'_{P_3}; \alpha''_{P_0}, \alpha''_{P_1}, \alpha''_{P_2} \dots \alpha''_{P_5}; \alpha'''_{P_0}, \alpha'''_{P_1}, \alpha'''_{P_2} \dots \alpha'''_{P_3}$ – поворот в градусах консоли станка по показаниям квадранта при разгрузке силами $P_0, P_1 \dots P_5$ при 1-м, 2-м и 3-м измерениях соответственно;

$Y_{H_0}, Y_{H_1}, Y_{H_2} \dots Y_{H_3}$ – среднеарифметическое значение перемещений технологической системы по показаниям измерительного индикатора при нагрузках силами $P_0, P_1 \dots P_5$ соответственно;

$Y_{P_0}, Y_{P_1}, Y_{P_2} \dots Y_{P_3}$ – то же, но при разгрузке;

$\alpha_{H_0}, \alpha_{H_1}, \alpha_{H_2} \dots \alpha_{H_3}$ – среднеарифметическое значение в градусах консоли станка по показаниям $P_0, P_1 \dots P_5$;

$\alpha_{P_0}, \alpha_{P_1}, \alpha_{P_2} \dots \alpha_{P_3}$ – то же, но при разгрузке.

Весь цикл измерений проводится несколько раз (как минимум дважды, а при большом разбросе показаний – более 10% - трижды) после чего определяется среднеарифметическое значение показаний приборов.

1.6 Обработка результатов измерений

1) Среднеарифметическое значение показаний измерительного индикатора:

при нагрузке:

$$Y_{H_i} = \frac{Y'_{H_i} + Y''_{H_i} + Y'''_{H_i}}{3}, \text{ мм} \quad (3)$$

$i=1,2,3,4,5$ – ступени нагрузки;

при разгрузке:

$$Y_{P_i} = \frac{Y'_{P_i} + Y''_{P_i} + Y'''_{P_i}}{3}, \text{ мм} \quad (4)$$

2) Среднеарифметическое значение показаний квадранта:

при нагрузке:

$$\alpha_{H_i} = \frac{\alpha'_{H_i} + \alpha''_{H_i} + \alpha'''_{H_i}}{3}, \text{ град.} \quad (5)$$

$i=1,2,3,4,5$ – ступени нагрузки;

при разгрузке:

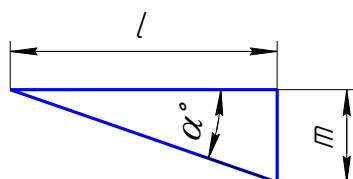
$$\alpha_{P_i} = \frac{\alpha'_{P_i} + \alpha''_{P_i} + \alpha'''_{P_i}}{3}, \text{ град.} \quad (6)$$

Следует помнить, что жесткость технологической системы станка j_{H_i} и j_{P_i} равно, как и перемещение Y_{H_i} и Y_{P_i} слагаются из жесткости и перемещений отдельных ее подсистем. В данном случае общую технологическую систему станка можно разбить на две подсистемы: 1 – шпиндель-оправка-серьга-хобот-станина и 2 – консоль-станина.

Поэтому определяем отдельно жесткости каждой подсистемы. С этой целью определяем вначале перемещения каждой подсистемы от каждой ступени нагрузки, а затем жесткости.

3) Перемещение второй подсистемы – консоль-станина:

при нагрузке



$$m_{2H_1} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha_{H_1}, \text{ мм} \quad (7)$$

$$m_{2H_2} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2}), \text{ мм} \quad (8)$$

$$m_{2H_3} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3}), \text{ мм} \quad (9)$$

$$m_{2H_4} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3} + \alpha_{H_4}), \text{ мм} \quad (10)$$

$$m_{2H_5} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{H_1} + \alpha_{H_2} + \alpha_{H_3} + \alpha_{H_4} + \alpha_{H_5}), \text{ мм} \quad (11)$$

при разгрузке

$$m_{2P_1} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha_{P_1}, \text{ мм} \quad (12)$$

$$m_{2P_2} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2}), \text{ мм} \quad (13)$$

$$m_{2P_3} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3}), \text{ мм} \quad (14)$$

$$m_{2P_4} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3} + \alpha_{P_4}), \text{ мм} \quad (15)$$

$$m_{2P_5} = l \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{P_1} + \alpha_{P_2} + \alpha_{P_3} + \alpha_{P_4} + \alpha_{P_5}), \text{ мм} \quad (16)$$

4) Суммарное перемещение подсистем станка:

при нагрузке

$$\sum Y_{CH_i} = Y_{H_i} + m_{2H_i}, \text{ мм} \quad (17)$$

при разгрузке

$$\sum Y_{CP_i} = Y_{P_i} + m_{2P_i}, \text{ мм} \quad (18)$$

5) Жесткость I-й подсистемы:

при нагрузке

$$j_{1H_i} = \frac{P_i}{Y_{H_i}}, \text{ кг/мм} \quad (19)$$

при разгрузке

$$j_{1P_i} = \frac{P_i}{Y_{P_i}}, \text{ кг/мм} \quad (20)$$

6) Жесткость II-й подсистемы:

при нагрузке

$$j_{2H_i} = \frac{P_i}{m_{2H_i}}, \text{ кг/мм} \quad (21)$$

при разгрузке

$$j_{2P_i} = \frac{P_i}{m_{2P_i}}, \text{ кг/мм} \quad (22)$$

7) Суммарная жесткость станка при нагрузке

при нагрузке

$$j_{H_i} = \frac{P_i}{\sum Y_{CH_i}}, \text{ кг/мм} \quad (23)$$

при разгрузке

$$j_{P_i} = \frac{P_i}{\sum Y_{CP_i}}, \text{ кг/мм} \quad (24)$$

8) Результаты расчетов сводим в табл. 3.

1.7 Форма отчета

- 1) Титульный лист.
- 2) Таблица 1 результатов измерений.
- 3) Таблица 2 результатов измерений.
- 4) График зависимости суммарной жесткости станка и отдельных его подсистем от прилагаемой силы P .
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы

- 1) Что называется податливостью технологической системы?
- 2) Что называется жесткостью технологической системы станка?
- 3) На какие параметры обработки оказывает влияние жесткость технологической системы станка?
- 4) как определяется жесткость технологической системы станка?
- 5) Какие необходимы приборы и оборудование для определения жесткости станка?
- 6) Что позволяет определить знание баланса упругих перемещений отдельных узлов станка?
- 7) Какие виды балансов упругих перемещений могут составляться при определении жесткости станка? Их назначение.
- 8) Как осуществляется подготовка станка к испытаниям на жесткость? Последовательность подготовки.
- 9) Нагрузочные устройства, используемые при испытаниях станков на жесткость.
- 10) Измерительные приборы при испытаниях станков на жесткость.
- 11) Порядок проведения испытания станков на жесткость.
- 12) Что называется технологической системы станка?
- 13) Из каких подсистем складывается общая технологическая система станка?
- 14) Жесткость какой подсистемы станка необходимо повысить (по результатам проведенной работы)?
- 15) За счет каких изменений или регулировок можно повысить жесткость отдельных подсистем станка и суммарную жесткость станка в целом?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: Качество и надежность. — М.: Машиностроение. 1992. — 288 с.: ил.
 2. Пуш А.В. Моделирование и мониторинг станков и станочных систем/А.В. Пуш //СТИН. 2000. №9. С. 12-20.
 3. Ямников А.С., Федин. Е.И., Попов М.А. Методика расчета динамических характеристик технологической системы по экспериментальным данным/ А.С. Ямников, Е.И. Федин., М.А. Попов// Изв. ТулГУ. Серия Машиностроение, Тула.:ТулГУ, 1997. Вып. 3. С. 202-206.
 4. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т.2. Ч.2. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А. С. Проников, Е. И. Борисов, В. В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А. С. Проникова. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана: Машиностроение, 1995. — 320 с: ил.

Примеры оформления графиков

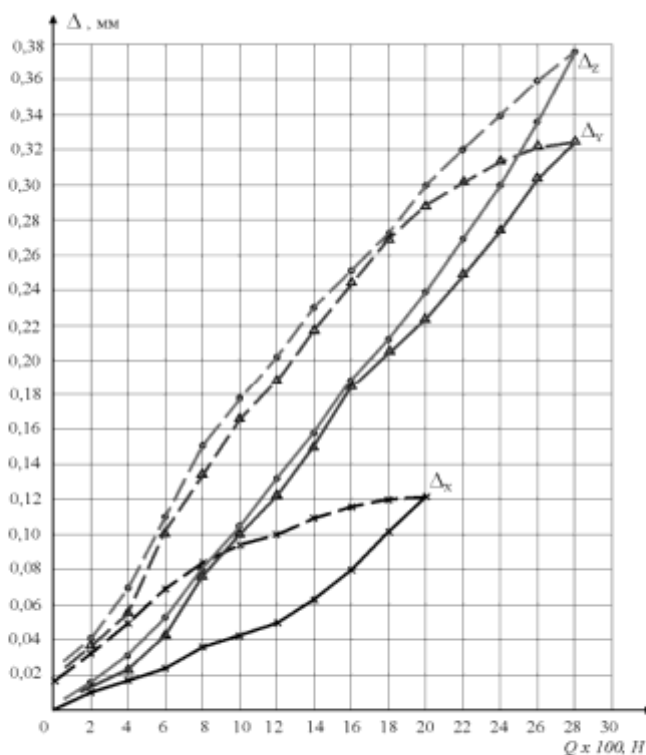


Рис. 3. Графики изменения относительных перемещений суппорта и шпинделя токарного станка 16К20 при прямом и обратном нагружении

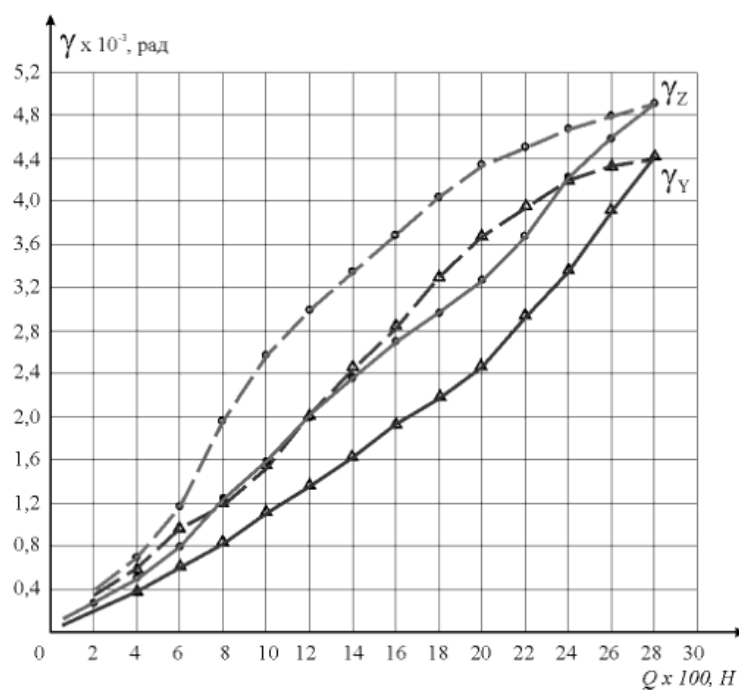


Рис. 4. Графики изменения относительных угловых перемещений суппорта и шпинделя токарного станка 16К20 при прямом и обратном нагружении

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
С.М.Сидорова
2016 г.



**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СТАНКА ПУТЕМ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСА НАДЕЖНОСТИ**

Методические указания к практическим и лабораторным занятиям

студентов направления подготовки 15.04.05
и аспирантов направления подготовки 15.06.01

УДК 621.9.06

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *С.А. Чевычелов*

Расчет показателей качества станка путем определения запаса надежности: Методические указания к практическим и лабораторным занятиям студентов направления подготовки 15.04.05 и аспирантов направления подготовки 15.06.01/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун. Курск, 2016. 25 с.: табл. 2, ил. 3. Прилож. 1. Библиогр. 12: с. 14.

Изучается программный метод испытаний металлорежущих станков, входные и выходные параметры, влияющие на точность обработки со стороны станка как компонента технологической системы. В качестве выходных параметров рассматриваются параметры траекторий формообразующих узлов станка. Определяется запас надежности станка.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения и направления подготовки кадров высшей квалификации «Машиностроение».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 9 10. 20 16 г. Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. 67. Уч.-изд.л. 66. Тираж 100 экз. Заказ 1709. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАНКА	5
1.1 Основная цель испытаний	5
1.2 Выходные параметры токарного станка	6
1.3 Параметры траекторий движения суппорта токарного станка	7
2 ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИЙ УЗЛОВ СТАНКА	10
3 ЗАДАНИЕ	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	14
ПРИЛОЖЕНИЕ. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ	15

ВВЕДЕНИЕ

Определение надежности и долговечности любого изделия базируется на понятии его работоспособности.

Работоспособность – это состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами установленными требованиями технической документации (стандарты, ТУ, нормативы).

ТУ предусматривает уровень внешних воздействий и методы техобслуживания и ремонта, нормы и допустимые отклонения от параметров. Для станков это – точность обработки и параметры шероховатости, производительность, затраты времени и средств на переналадку и ремонт, КПД и т.д..

Надежность – это свойства изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течении требуемого промежутка времени.

Надежность – обобщенный показатель, включающий в себя безотказность, долговечность машины. Понятие надежности относится к машине в целом или к ее узлам и деталям.

Срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации изделия или детали, а наработка – продолжительность работы изделия в часах или единицах, характеризующих длительность работы изделия (объем работы, километры пробега, число циклов).

Отказ – это такое событие, которое заключается в нарушении работоспособности машины или ее элемента. Признаки (критерии) отказов рекомендуется оговаривать в техдокументации на изделие данного типа.

Например, поломка пружины суппорта, повышение температуры подшипников, падение точности обработки ниже нормы из-за износа направляющих являются отказом станка.

1 ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАНКА

В качестве выходных параметров принимаются показатели точности движений формообразующих узлов станка. Эти движения характеризуются траекториями точек станка, расположенных на посадочных поверхностях станка, предназначенных для крепления приспособления, заготовки, инструмента, то есть установочные базы, контактирующие с технологическими базами заготовки.

Входные параметры варьируются при испытании станка. К ним относятся величины и направление внешних сил, скорости и законы перемещения узлов станка, тепловые воздействия и др.

Основными *выходными параметрами* станка как элемента технологической системы являются характеристики точности осуществления заданных движений узлов, несущих инструмент и заготовку, то есть формообразующих узлов.

1.1 Основная цель испытаний

Основная цель испытаний станка – *оценить* сопротивляемость станка спектру внешних воздействий в виде эксплуатационных нагрузок и *выявить* области состояний выходных параметров.

Область состояний – это область, в которой с заданной вероятностью находятся регламентированные выходные параметры станка. В результате определяется запас надежности станка.

Запас надежности – это отношение допустимых значений, определяющих область работоспособности, к фактическим значениям.

При испытании станка *области состояний* сравниваются с соответствующими *областями работоспособности*, то есть с областью допустимых значений выходных параметров.

Выходные параметры станков приведены в приведенной ниже таблице 1.

Если при каждом цикле испытаний осуществлять различные сочетания входных параметров (например, по методу Монте-Карло), то реакция станка на эти воздействия позволит оценить входные параметры станка в вероятностном аспекте. Таким образом, в качестве варьируемых параметров используется априорная и статистическая информация об эксплуатационных нагрузках и условиях работы станков данного технологического назначения.

1.2 Выходные параметры токарного станка

Таблица 1

Выходные параметры токарного станка

Узел	Положение опорных точек	Выходной параметр	Характеристика параметра траектории	Отклонения геометрических параметров обработанной детали	Класс точности станков			
					Н	П	В	А и С
Суппорт	Совпадает с вершиной резца	$x_1 = x_p$ $x_2 = \Delta x$	Размах траектории	Точность радиального размера	×	×	×	×
		$x_3 = \Delta z$	Координата начала траектории	–				
		$x_4 = \text{tg } \beta$	Координата конца траектории	Точность осевого размера		×	×	×
		$x_5 = \text{tg } \alpha_{\max}$	Средний наклон траектории	Конусообразность	×	×	×	×
		$x_6 = T$	Наибольший наклон траектории	Бочкообразность		×	×	×
		$x_7 = \alpha_\omega$	Шаг периодических волн	Седлообразность			×	×
			Амплитуды высокочастотных составляющих траектории	Волнистость в продольном направлении				×
			Шероховатость			×	×	

Шпиндель	Координаты характеристического вектора R	$x_8 = C_{0a}$	Среднее значение координаты	Точность радиальных размеров	×	×	×	×						
		$x_9 = C_{1a}$	Эксцентриситет вращения	Точность расположения поверхности	×	×	×	×						
	a	$x_{10} = C_{2a}$	Коэффициенты разложения Фурье: второго члена	Овальность	×	×	×	×						
		$x_{11} = C_{3a}$							третьего члена	Трехгранность	×	×	×	
	b	$x_{12} = C_{4a}$	членов, начиная с четвертого	Многогранность (четырёхгранность и выше)	×	×	×	×						
		$x_{13} = C_{na}$							n-го члена	Волнистость в радиальном сечении			×	
Задняя бабка	α	$x_{14} = C_{ma}$	m-го члена (m>n)	Шероховатость		×	×	×						
		$x_{15} = C_{0b}$	Аналогично для координаты b	Отклонение от перпендикулярности и торца	×	×	×	×						
Взаимное положение в движении	В вершине центра	$x_{16} = C_{1b}$		Наклон вектора в плоскости XZ	Отклонение от плоскостности торца	×	×	×	×					
		$x_{17} = C_n$	Кonusообразность		+	+	+	+						
		$x_{18} = \alpha_{max}$	Смещение центра передаточного отношения:	Точность шага при резьбонарезании	×	×	×	×						
		$x_{19} = \Delta x$							шпинделя и суппорта	Точность фасонных поверхностей		×	×	×
		$x_{20} = \Delta u_1$							продольного и поперечного суппорта	Кonusообразность	×	×	×	×
		$x_{21} = \Delta u_2$							Угол между осью шпинделя (вектором R) и направлением суппорта					
		$x_{22} = \text{tg } \beta_0$												

Примечание: × - учитываемый параметр

1.3 Параметры траекторий движения суппорта токарного станка

Параметры траекторий выбираются в принятой системе координат.

Испытание состоит из большого числа циклов ($N=100\dots150$), отражающих весь спектр эксплуатационных воздействий на станок – силовых и тепловых факторов работающего станка, имеющих вероятностную природу.

Рассмотрим пример траекторий поступательного движения суппортов, столов, ползунов станков, то есть формообразующих узлов, которые влияют на точность обработки (рис.1):

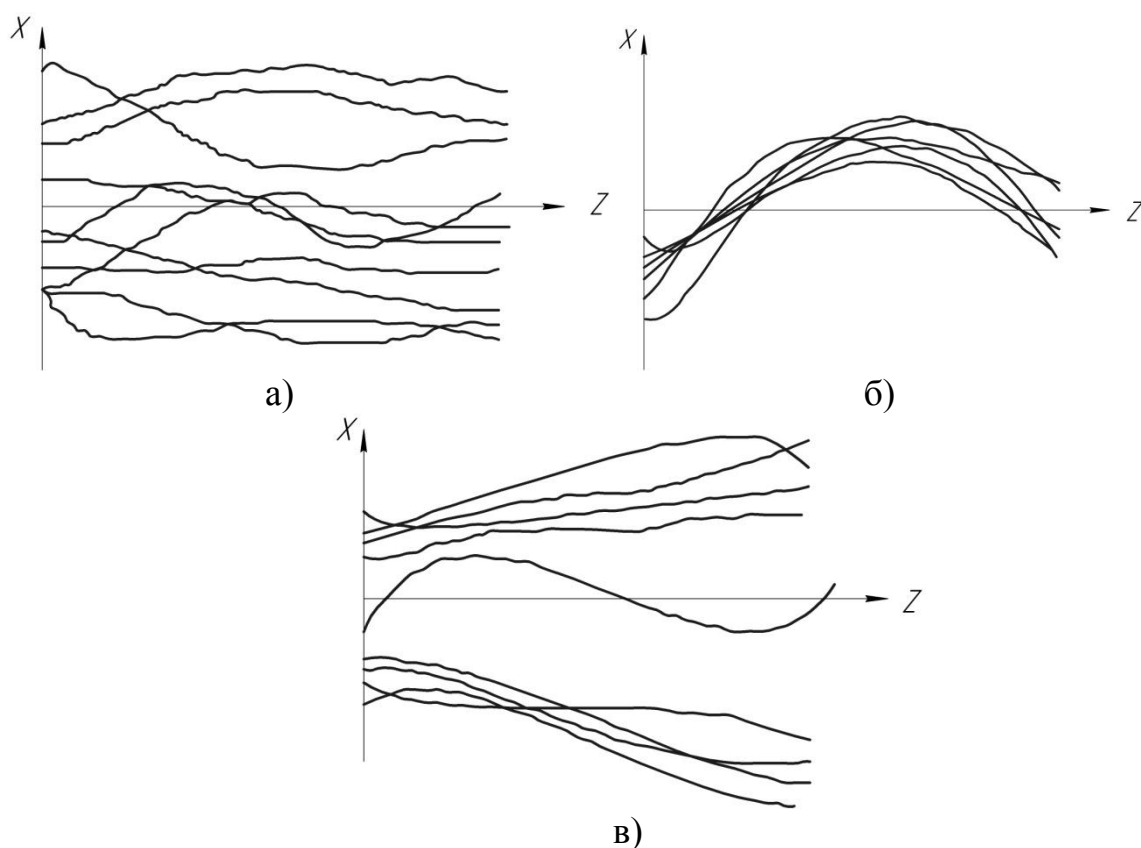


Рисунок 1. Совокупности траекторий поступательного движения

- а) основное влияние на траекторию узла оказывают **внешние силовые воздействия**;
- б) основное влияние на траекторию узла оказывают **геометрические погрешности направляющих**, силовые воздействия играют второстепенную роль;
- в) основное влияние на траекторию узла оказывают **тепловые деформации узла**.

Рассмотрим параметры траекторий поступательного перемещения формообразующего узла станка (рис.2).

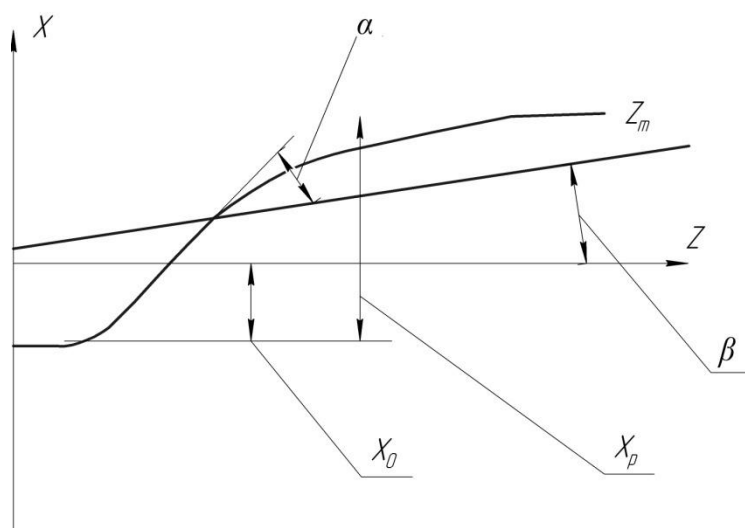


Рисунок 2. Пример траектории поступательного движения и ее параметры

2 ВЛИЯНИЕ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИЙ УЗЛОВ СТАНКА

Если предположить, что, в идеале, только станок оказывает влияние на точность обработки, то параметры траекторий узлов станка будут оказывать влияние на точность обработки следующим образом (под точностью обработки понимают точность размеров, формы, взаимного расположения, волнистость и шероховатость):

1. Точность положения узла в процессе обработки оказывает влияние на точность получаемого размера обрабатываемой детали.

$X_1 = X_p$ – размах траектории – определяет точность положения узла в направлении оси X, вносит погрешность размера в направлении оси X;

$X_2 = \Delta X$ – смещение траектории по отношению к оси Z;

X_3 – координата конца траектории, характеризует точность позиционирования узла: $X_3 = L$ в конце траектории; $X_3 = \Delta Z$ – отклонение от заданного положения (пример – суппорт токарно-винторезного станка при обработке ступени вала должен остановиться в заданном положении).

X_1, X_2, X_3 – случайные величины, определяют погрешности размера, которые зависят от конструкции станка.

2. Форма траектории оказывает влияние на точность формы детали (вогнутость, выпуклость, овальность и т.д.).

$X_4 = \operatorname{tg} \beta$ – наклон средней линии по отношению к оси Z, характеризует конусообразность для цилиндрических деталей и неплоскостность – для плоских поверхностей.

$$X_5 = \operatorname{tg} \alpha_{\max} = \left| \frac{dx}{dz} \right|_{\max}$$

3. Волнистость поверхности обработанной детали может быть связана с формой направляющих и оценена амплитудой и шагом волн на траектории формообразующего узла:

$$X_6 = \alpha_{\max},$$

$$X_7 = B.$$

Однако волнистость поверхности детали появляется не только из-за копирования формы направляющих, но и из-за динамических факторов, например автоколебаний.

4. Динамические колебания оказывают влияние на шероховатость обработанной поверхности, а также на волнистость.

Результаты расчетов оформляются в виде таблицы.

Для оценки качества станка по результатам испытаний необходимо сравнить *области состояний станка* для каждого выходного параметра с соответствующими *областями работоспособности*, определить *запас надежности* или указать причины выхода состояний за допустимые пределы.

X_i – наибольшее значение выходного параметра;

$X_{i\text{cp}}$ – среднее значение выходного параметра (математическое ожидание):

$$X_{i\text{cp}} = \frac{\sum X_i}{n};$$

σ_i – среднеквадратическое отклонение (дисперсия):

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{i\text{cp}})^2}{n}};$$

$X_{i\text{max}}$ – область работоспособности;

$K_{\text{ни}}$ – запас надежности,

$$K_{\text{ни}} = \frac{X_{i\text{max}}}{X_i}.$$

При $K_{\text{ни}} < 1$ требуется определить причину. При определении всех значений $K_{\text{ни}}$ для всех выходных параметров станка из них выбирается минимальное значение $K_{\text{ни}} = K_{\text{ни min}}$ и принимается за показатель запаса надежности станка. Как было отмечено, для оценки надежности станка и установления его ресурса по точности необходимо осуществить прогнозирование возможности потери работоспособности станком из-за износа его базовых составляющих.

3 ЗАДАНИЕ

На испытательно-диагностическом стенде при испытании суппортной группы токарного станка получены данные суммарной траектории ее перемещения – выходные параметры поступательно перемещающегося формообразующего узла X_1, X_2, \dots, X_n .

1. Показать на графике траектории поступательного движения формообразующего узла станка выходные параметры:

$X_1 = X_p$ – размах траекторий;

$X_2 = \operatorname{tg} \beta$ – наклон траекторий;

$X_3 = \Delta Z$ – точность позиционирования;

$X_n = a_w$ – амплитуда высокочастотных колебаний.

2. Рассчитать область работоспособности $X_{i \max}$; среднее значение выходного параметра (математическое ожидание) $X_{i \text{cp}}$; среднеквадратическое отклонение (дисперсию) σ_i :

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{i \text{cp}})^2}{n}}, \text{ где } n = 100.$$

Построить кривую нормального распределения.

3. Рассчитать запас надежности $K_{\text{нi}}$ по каждому выходному параметру:

$$K_{\text{нi}} = \frac{X_{i \max}}{X_i}.$$

Наименьшее из значений $K_{\text{нi}}$ принимается за запас надежности узла или станка в целом.

4. Сделать выводы о состоянии станка по каждому выходному параметру.

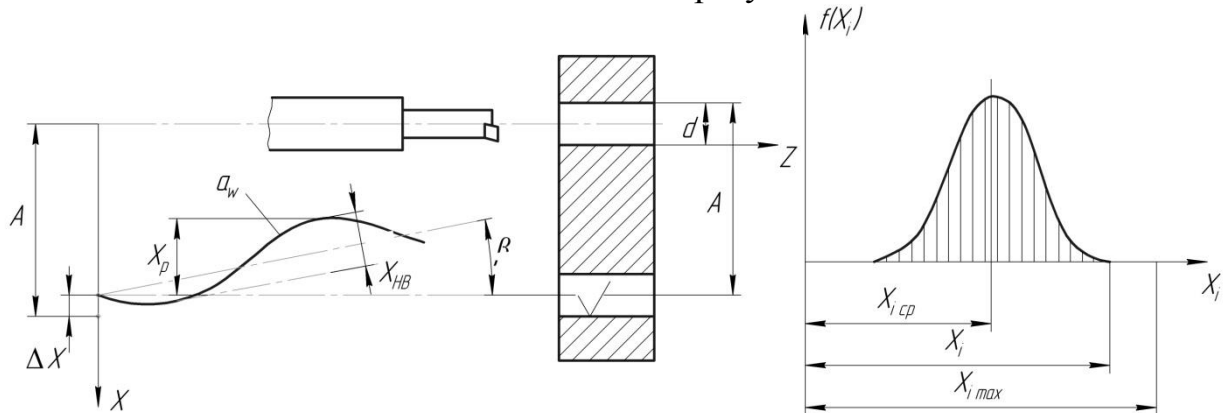
Результаты расчетов внести в таблицу 2, показанную как пример (см. стр.9).

5. Если запас надежности по какому-либо выходному параметру меньше единицы ($K_{\text{нi}} < 1$), то дайте рекомендации о путях повышения, внесите коррективы так, чтобы максимальное значение из ряда X_i стало меньше

значения области работоспособности $X_{i\max}$ и повторите расчеты.

Таблица 2

Оценка качества станка по результатам испытаний



Выходной параметр станка	Характеристика параметра	Требование к точности изделия	Область работоспособности	Область состояний по результатам испытаний, мм			Запас надежности $K_{Hi} = \frac{X_{i\max}}{X_i}$	Примечание
				X_i	$X_{i,cp}$	σ_i		
$x_1 = x_p$	Размах траектории	Допуск на диаметр 0,1 мм	$x_{1\max} = 0,33$ мм (30% допуска)*	0,017	0,015	0,002	1,75	Допустимо. Необходим прогноз ресурса То же
$x_2 = \text{tg } \beta$	Наклон траектории	Конусность 0,05 мм на длине 100 мм	$x_{2\max} = 0,025$ мм (50% допуска)	0,02	0,015	0,001	1,25	
$x_3 = \Delta x$	Точность позиционирования	Расстояние между осями $\pm 0,05$ мм	$x_{3\max} = 0,075$ мм (75% допуска)	0,111	0,070	0,007	0,9	Необходимо повышать точность позиционирования Близко к предельному
$x_4 = \alpha_\omega$	Амплитуда высокочастотных колебаний	Параметр шероховатости $R_a = 0,32$ мкм	$x_{4\max} = 0,33$ мм (90% допуска)	0,27	0,22	0,03	1,1	

* Учитывается, что на точность диаметра влияет биение шпинделя

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.М. Бржозовский А.А. Игнатьев В.В. Мартынов и др. Диагностика и надежность автоматизированных систем. - Учебное пособие (гриф МОРФ). - Старый Оскол: ТНТ, 2011. - 352 с.
2. Схиртладзе А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. Н. Иванова, В. П. Борискин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2012. - 168 с. - ISBN 978-5-94178-124-9 : *Гриф: УМО АМ.*
3. Metallорежущие станки [Текст] : учебник / В. Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. - 5-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 696 с. - ISBN 978-5-94178-129-4 : *Гриф УМО АМ.*
4. Проников А.С. Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1995. 287с.
5. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. М.: Машиностроение, 1989. 295 с.
6. Старков В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1994. 119 с.
7. Пляскин И.И. Оптимизация технологических решений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1992. 175 с.
8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. М.: Изд-во «Мир», 1982. 381 с.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Вариант 1

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,15$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,25\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,12...0,25)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,05 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,55\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,011...0,020)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,1$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,065...0,078)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,32 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,21...0,26)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают температурные деформации узла.

Вариант 2

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,17$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,25\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,012...0,025)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,005 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,55\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,0011...0,0021)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,01$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,0112...0,0078)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,35 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,021...0,026)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих станины, каретки, суппорта токарного станка.

Вариант 3

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,21$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,33\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,22...0,031)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,02 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,45\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,0014...0,0024)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,15$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,065...0,078)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,3 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,110...0,119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 4

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,17$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,35\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,026...0,035)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,025 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,016...0,021)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,18$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,110...0,119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,36 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,21...0,29)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

Вариант 5

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,058$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,37\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,020...0,032)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,045 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,025...0,033)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,20$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,110...0,119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,36 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,111...0,121)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

Вариант 6

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,58$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,37\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,20...0,032)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,45 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,16...0,23)$ мм. Всего 100 значений, расположенных

в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,18$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,110...0,119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,40 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,21...0,29)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают температурные деформации.

Вариант 7

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,16$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,34\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,028...0,034)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,035 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,5\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,010...0,019)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,85$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,097...0,114)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,40 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,29...0,35)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

Вариант 8

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 1,7$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,3...0,5)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,35 мм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,68\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,010...0,014)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,95$ мм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,520...0,619)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,80 мкм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,61...0,69)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 9

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,15$ мм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,35\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,032...0,042)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,020 мм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,006...0,009)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,35$ мм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,110...0,119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,14 мкм.

Область работоспособности $X_{i \text{ max}} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,006...0,009)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 10

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,15$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,3\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,015...0,024)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,38 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,018...0,023)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,15$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,0110...0,0119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,36 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,21...0,29)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают тепловые деформации узла.

Вариант 11

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,22$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,5\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,06...0,09)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,06 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,3\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,012...0,017)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,9$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,06...0,075)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,40 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,021...0,029)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия

Вариант 12

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,2$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,5\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,006...0,009)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,15 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,65\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,004...0,0086)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,48$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,8\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,281...0,318)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,35 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,24...0,29)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 13

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,1$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,33\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,026...0,031)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,075 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,65\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,027...0,033)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,5$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,310...0,340)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,25 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,12...0,19)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают тепловые деформации.

Вариант 14

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,8$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,046...0,055)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,045 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,65\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,0210...0,0275)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,50$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,395...0,420)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,8 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,62...0,71)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

Вариант 15

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,12$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,33\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,026...0,035)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,06 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,5\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,016...0,021)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,25$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,75\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,110...0,116)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,50 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,31...0,42)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают тепловые деформации.

Вариант 16

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,25$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,36\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,026...0,075)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,05 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,45\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,010...0,018)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,08$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,85\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,055...0,064)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,26 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,12...0,19)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 17

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,08$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,5\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,026...0,035)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,06 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,65\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,026...0,031)$ мм. Всего 100 значений,

расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,18$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,8\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,1108...0,121)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,20 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,121...0,129)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

Вариант 18

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,05$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,4\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,0016...0,0019)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. Наклон траекторий $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,03 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,012...0,017)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. Точность позиционирования $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,1$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,035...0,065)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. Амплитуда высокочастотных колебаний $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,60 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,24...0,49)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают геометрические погрешности формы направляющих.

Вариант 19

1. Размах траектории $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,5$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,4\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,016...0,019)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,03 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,011...0,016)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,2$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,09...0,112)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,15 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,9\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,121...0,129)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают температурные деформации.

Вариант 20

1. *Размах траектории* $X_1 = X_p$.

Допуск на размер $\delta = 0,07$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,35\delta$.

Интервал значений параметра $X_{1i} = (0,0026...0,0035)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

2. *Наклон траекторий* $X_{i2} = \text{tg } \beta$.

Конусность на длине 100 мм равна 0,0025 мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,6\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,0016...0,0021)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

3. *Точность позиционирования* $X_3 = \Delta Z$.

Допуск линейного размера $\pm 0,08$ мм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{3i} = (0,0110...0,0119)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

4. *Амплитуда высокочастотных колебаний* $X_{i4} = a_w$.

Параметр шероховатости 0,36 мкм.

Область работоспособности $X_{i \max} = 0,7\delta$.

Интервал значений параметра $X_{2i} = (0,205...0,245)$ мм. Всего 100 значений, расположенных в заданном интервале случайным образом.

ПРИМЕЧАНИЕ. При построении траектории перемещения узла учесть, что основное влияние на форму траектории оказывают внешние силовые воздействия.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СТАНКОВ

Методические указания по выполнению практических занятий
для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

Курск 2017

УДК 621.(076.1)

Составители: Е.И.Яцун

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Малыхин В.В.*

Основные виды испытаний станков: Методические указания по выполнению практических занятий по дисциплине для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств /Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун, Курск, 2017. 17 с.: ил.1, табл.1 , прилож . Библиогр. 17 с..

Излагаются методики приемочных испытаний металлообрабатывающего оборудования.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ 20__ г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. ____.. Уч.-изд.л. ____.. Тираж 100 экз. Заказ ____ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СТАНКОВ	8
1.1 Испытания станков на холостом ходу	9
2 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ	10
2.1 Проверка статической жесткости станка	10
2.2 Проверка виброустойчивости станка	13
2.3 Проверка точности обработки и шероховатости обработанной поверхности	14
2.4 Проверка шумовых характеристик	14
Вопросы для самопроверки	15
Заключение	16
Библиографический список	17

ВВЕДЕНИЕ

Обрабатывающие центры, обладая широкими технологическими возможностями и большим потенциалом, являются в настоящее время наиболее высокопроизводительными и самыми востребованными типами станков. На базе фрезерно-расточных центров, например, создаются многофункциональные станки, позволяющие выполнять не только традиционное фрезерование, сверление, растачивание и т.д., но также точение, шлифование, обработку деталей из прутка, лазерную обработку. Поскольку жесткость станка прямо пропорциональна его массе, то наибольшее применение у обрабатывающих центров нашли тяжелые литые станины и другие корпусные детали, хотя иногда встречаются и стальные сварные конструкции. Они, возможно, и жестче литых и наверняка легче, но контроль возникающих в них вибраций осуществлять труднее. Поэтому при высоких скоростях и тяжелых режимах резания применяют станки с литыми конструкциями, рассчитываемыми методом конечных элементов, что позволяет свести к минимуму массу этих конструкций там, где для них не требуется опора, и усилить их там, где такая опора необходима. Такого рода анализ позволяет предсказать статические и динамические характеристики станка, изменяя при необходимости виброхарактеристики его важнейших конструкций. В результате путем серии последовательных приближений конструкции станка к оптимальной ее можно оценить и испытать еще до появления первого опытного образца.

Не менее важное влияние на жесткость станка оказывают направляющие — как качения, так и скольжения. Первые рассчитаны обычно на более быстрые перемещения рабочих органов, но с пониженной рабочей нагрузкой, а вторые при относительно меньших скоростях перемещения могут выдерживать большие нагрузки. Границей преимущественного применения тех или других направляющих служит частота вращения шпинделя станка. Если она ниже 8000 мин⁻¹, это, как правило, область применения направляющих качения, если выше, то направляющих скольжения. Вертикальные обрабатывающие центры американской фирмы Fadal, например, с относительно низкой мощностью привода и невысокой частотой вращения шпинделя, полностью оснащены линейными направляющими. У аналогичных станков, но с более высокой мощностью привода для перемещений по осям X и Y применены направляющие качения, а по оси Z, направляющие скольжения. Это объясняется тем, что в связи с увеличением у вертикальных обрабатывающих центров объема рабочей зоны увеличиваются и преимущества консольного расположения шпинделя, но вместе с одновременным увеличением бокового давления. У станков этой фирмы с максимальной мощностью привода направляющие скольжения используются по всем осям координат, поскольку такие направляющие, по мнению многих специалистов, обладают большей упругостью и даже при повышенных нагрузках не становятся источниками вибраций.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система ЧПУ, стоимость которой порядка 20 — 25 % от стоимости обрабатывающего центра, во многом определяют его выбор потребителями. Как показано в таблице, это имеет первостепенное значение для 82,2 % американских заказчиков. Фирмы многих стран выпускают станки, рассчитанные на стыковку с несколькими системами ЧПУ. В России, где обрабатывающие центры производятся всего несколькими заводами, такой подход принят практически всеми изготовителями.

По результатам опроса ведущих специалистов и свыше 200 американских предприятий различных отраслей и типов производства с числом занятых на 60 % заводов 100 и более человек средний возраст обрабатывающих центров на всех предприятиях составил 8 лет.

Оценив данные по 33 моделям обрабатывающих центров американских, японских и европейских фирм, среди которых чаще всего встречаются японские и американские станки фирм Bridgeport, Cincinnati Machine, Fadal, Haas, Hardinge, Mazak, Mori Seiki и Okuma, потенциальные покупатели расставили свои приоритеты по 5—балльной шкале в категориях от «не имеет значения» до «очень важно». В результате получилась реальная картина приоритетов, характерных для американских заказчиков обрабатывающих центров. Внося небольшие поправки на отрасль и тип производства, а также на экономическую ситуацию и менталитет заказчиков, можно с большей долей вероятности предсказать, какие обрабатывающие центры будут заказаны в том или ином регионе или стране. Таблица технических и экономических приоритетов заказчиков этих станков в порядке убывания показана ниже.

Технические и экономические приоритеты американских заказчиков обрабатывающих центров	Средний показатель приоритетности, %
Надежность	96,9
Эксплуатационные характеристики	96,9
Точность обработки	93,6
Наличие запасных частей	91,9
Возможность своевременного решения возникших проблем	91,3
Наличие системы заводского обслуживания станков и технической поддержки	89,7
Легкость работы на станке и удобство доступа к нему	82,6
Возможности системы ЧПУ	82,2
Наличие в данном регионе сервисной службы поставщика и системы технической поддержки	80,7
Простота эксплуатации станка	79,6

Полная документация, поставляемая вместе со станками	75,5
Время цикла обработки и скорость проведения операции	73,5
Возможность телефонной связи с поставщиком	72,3
Длительная гарантия на поставляемый станок	70,5
Возможность обучения операторов работе на станке у поставщика	68,4
Термостабильность станка	64,9
Стоимость запасных частей	59,9
Финансовая устойчивость поставщика	57,7
Стоимость станка	56,9
Установка станка силами поставщика	55,2
Лидерство поставщика в области технологии	55,1
Опыт отношений с поставщиком	54,1
Помощь в установке и эксплуатации со стороны заводских инженеров	48,3
Возможность программирования станка в цехе	46,8
Высокая квалификация технических представителей поставщика	45,7
Сроки поставки станка	41,2
Обеспечение поставки «под ключ»	31,7
Наличие у станка системы дистанционной диагностики	26,4
Широкое присутствие поставщика в мире	18,8
Скидки со стороны поставщика в процессе переговоров о закупке	16,2
Поставщик восстанавливает старые станки своего производства	11,9
Внешний вид станка	7,5
Поставщик обеспечивает финансирование	6,1

Анализ этой таблицы показывает, что наибольшее значение покупатели придают надежности и эксплуатационным характеристикам станков и точности обработки на них. Для них важно также наличие запасных частей и системы заводского обслуживания купленных станков. Стоимость этих частей их интересует меньше, хотя, как ни удивительно, больше, чем стоимость самого станка. Возможности системы ЧПУ оцениваются достаточно высоко (82 % потенциальных покупателей

поставили этот показатель по важности выше среднего), но наличие системы цехового программирования значительно ниже — только 47 %. Это показывает, что в отличие от системы ЧПУ цеховое программирование, занимающее по важности 25 место, не является актуальной проблемой на американских заводах. К числу наименее интересных для американских покупателей относятся такие экономические вопросы, как возможность финансирования и скидок со стороны поставщика.

У российских покупателей обрабатывающих центров приоритеты во многом схожи с американскими, но стоимость станка и его запасных частей, возможность технического обслуживания, финансирования и скидок со стороны поставщика скорее всего переместились бы в такой таблице, будь она составлена для российских заказчиков, на более высокие места, потеснив, например такие важные для американцев показатели, как «Возможность своевременного решения возникших проблем» и «Наличие в данном регионе сервисной службы поставщика».

После изготовления и ремонта станки должны соответствовать по своим техническим характеристикам и параметрам определенным техническим условиям. Общие технические условия на универсальные станки включают приведенные ниже виды испытаний.

1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СТАНКОВ

Основным видом испытаний станков являются приемочные испытания, включающие:

- 1) испытание станка на холостом ходу, проверку работы механизмов и проверку паспортных данных;
- 2) испытание станка в работе под нагрузкой, а специальных станков и на производительность;
- 3) проверку станка на геометрическую точность, точность обрабатываемой заготовки и параметр шероховатости;
- 4) испытание станка на жесткость и виброустойчивость при резании.

Часть серийного выпуска станков помимо перечисленных испытаний подвергают выборочным испытаниям, к которым относятся измерение КПД привода станка, более глубокие испытания на виброустойчивость, проверка на уровень шума, измерения статической жесткости всех основных механизмов, проверка мощности и т. д. Перед приемочными испытаниями станок устанавливают на специальном фундаменте. При помощи регулировочных клиньев и башмаков производят выверку по уровню в продольном и поперечном направлениях, но фундаментальные болты не затягивают.

Испытание станка в работе под нагрузкой проводят для проверки качества работы станка, правильности функционирования и взаимодействия всех его механизмов в условиях нормальной эксплуатации. Образцы обрабатывают в течение 30 мин (не менее) на средних скоростях при нагрузке до номинальной мощности с кратковременной перегрузкой до 25 % сверх номинальной мощности на черновом или чистовом режиме в зависимости от назначения станка. При этом все механизмы станка должны работать исправно; не должно наблюдаться вибраций, резкого шума, неравномерности движений. Особое внимание обращают на надежность и безопасность действия предохранительных устройств, тормозов, фрикционных муфт. Последние не должны самовыключаться и буксовать при перегрузке свыше 25 % сверх номинальной мощности.

Испытание станков на производительность проводят для операционных станков-автоматов, полуавтоматов, агрегатных станков и др. Фактическая производительность должна соответствовать указанной в паспорте.

Испытание станков на получение параметра шероховатости поверхности производят для станков, предназначенных для доводочных работ. Обработку производят на чистовом режиме за один рабочий ход. Параметр шероховатости поверхности обработанной детали сравнивают с параметром шероховатости эталонной детали. Для более точной оценки параметра шероховатости поверхности применяют различные приборы: профилометры, профилографы, интерферометры и т. д.

Проверка на соответствие станка нормам точности – одна из важнейших проверок.

Проектирование станков в значительной степени подчиняется критерию точности. Для того, чтобы проверить точность работы станка, надо знать характер и степень влияния отдельных факторов, вызывающих погрешности обработки. Пока практически не существует таких норм точности работы станка, которые определяли бы ее однозначно. Это объясняется большим количеством факторов, влияющих на точность работы станка. Основными из них являются следующие: геометрическая, в том числе кинематическая, точность станка, включая погрешности технологической базы заготовки; температурные деформации станка; упругие деформации станка под нагрузкой; устойчивость системы станка при перемещениях узлов и обработке; вынужденные колебания; размерный износ инструмента.

1.1 Испытания станков на холостом ходу

При испытании станка на холостом ходу необходимо проверить соответствие ряда элементов паспортным данным. К ним относятся:

- а) основные размеры станка;
- б) характеристики электродвигателей, гидронасосов, гидромоторов и пневмооборудования;
- в) числа оборотов, двойных ходов и подач;
- г) давление в гидравлических механизмах;
- д) типоразмер и материал приводного ремня;
- е) наличие принадлежностей к станку и т.п.

Перед испытанием станка на холостом ходу должно быть произведено опробование всех органов управления его путем последовательного включения всех проектных циклов, всех скоростей главного движения, всех скоростей подач на одной из скоростей главного движения, и быстрых перемещений. При опробовании станка должна быть проверена правильность взаимодействия механизмов станка и установлена возможность безаварийного проведения дальнейших испытаний.

Испытание станка на холостом ходу производится последовательным включением всех его рабочих скоростей — от наименьшей до наибольшей. На наибольшей скорости станок должен работать непрерывно не менее двух часов. Механизм подач следует испытывать на холостом ходу при включении всех рабочих подач, а также при быстрой подаче, если она имеется.

Температура подшипников шпинделя при наибольшем числе его оборотов не должна превышать 60°C для подшипников скольжения и 70°C для подшипников качения во всех станках. В шлифовальных станках со шпинделями, смонтированными на подшипниках скольжения, допускается нагрев до 70°C . В других механизмах температура подшипников не должна подниматься выше 50°C .

После этого приступают к проверкам станка в статическом состоянии.

2 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ

Все факторы, за исключением геометрической точности станка являются переменными и отчасти управляемыми; влияние их точность детали можно почти устранить, снижая или меняя режимы обработки и пр., так что, в конечном итоге, достижимая точность будет определяться геометрической точностью станка. Последняя характеризует качество изготовления и сборки станка и, хотя может количественно характеризовать точность детали, обработанной на этом станке, является одной из важных характеристик возможностей станка.

Точность нормируется ГОСТами «Нормы точности», построенными на предположении, что геометрические погрешности данного станка являются систематическими, которые полностью переносятся на обрабатываемую деталь.

2.1 Проверка статической жесткости станка

Жесткость – один из основных критериев работоспособности станка, определяющих точность станка под нагрузкой в установившемся режиме работы.

Способность системы противостоять действию силы, вызывающей деформации, характеризует ее жесткость.

Жесткостью технологической системы называют отношение $j = P_y/u$. радиальной силы резания P_y , направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, к смещению u режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности заготовки в том же направлении:

Для облегчения расчетов жесткости технологической системы введено понятие податливости W , т. е. величины обратной жесткости:

$$W = 1/j.$$

Если исходить из определения жесткости всех звеньев технологической системы и ее элементарных связей, то общая формула для расчета жесткости системы будет иметь вид

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + \dots + W_n$$

$$\text{Или } 1/j = 1/j_1 + 1/j_2 + 1/j_3 + \dots + 1/j_n.$$

Жесткость станка можно определить *статическим методом*, т. е. нагружением узлов неработающего станка, и *производственным методом* - путем испытания на жесткость работающего станка.

Статический метод заключается в постепенном нагружении узлов станка силами, соответствующими тем, которые возникают в процессе работы станка, с производством замеров деформаций. При производственном методе испытания на жесткость проводят в процессе обработки заготовки с разной глубиной резания и неизменными остальными параметрами режима резания. Обработку ведут на коротких участках, после чего измеряют высоту уступа на обработанной поверхности. Разница размеров уступов является следствием различного отжатия заготовки, обусловленного глубиной резания. Чем меньше отжатие детали, тем меньше погрешность, тем выше жесткость станка или жесткость техно логической системы (деформацией заготовки при испытании пренебрегают).

Повышение жесткости технологической системы содействует уменьшению вибраций ее звеньев и, следовательно, позволяет повышать режимы резания, не снижая точности обработки.

.2.1.1 Методика проверки на жесткость

Чтобы результаты проверки на жесткость были достаточно достоверны и объективны, необходимо при испытаниях по возможности приблизиться к наиболее типичным реальным условиям обработки, применяя для простоты испытаний статическое нагружение станка. Управление и координаты точки приложения нагружающей силы должны соответствовать направлению и точке приложения силы резания при типичном случае обработки. Нагружающая сила должна быть достаточной для того, чтобы вызвать перемещения, которые можно точно зафиксировать с помощью обычного индикатора с ценой деления 0,01 мм, но она не должна превышать допустимой для испытываемого станка нагрузки. Рекомендуется определенное типичное расположение перемещаемых узлов на станке. Для того, чтобы можно было судить о качестве регулирования стыков, должно быть соблюдено требование о первичности нагружения (о нагружении сразу же после установки узлов станка в заданные положения).

Для проведения испытаний на жесткость используют специальные приборы. Основными частями каждого прибора являются нагрузочное устройство (предварительно отградуированный динамометр с индикатором нагрузки) и индикаторы перемещений.

При проверке обычно измеряют суммарную податливость станка, характеризующую относительным смещением его узлов, несущих инструмент и обрабатываемую заготовку, при заданной нагружающей силе. Нормируют наибольшее допустимое перемещение (т. е. нижнюю границу жесткости).

Знание только суммарной податливости не всегда достаточно. Поэтому при испытании опытного образца станка может быть составлен баланс упругих перемещений. Для этого при статическом нагружении

измеряют, а затем пересчитывают к точке приложения: силы перемещения элементов упругой системы станка. Баланс упругих перемещений позволяет оценить долю отдельных элементов или узлов станка в суммарном относительном смещении его испытательных звеньев, отыскать слабые (по жесткости) элементы, оценить качество их изготовления и сборки.

2.1.2 Проверка зазоров – натягов подшипников

В значительной степени жесткость станка может зависеть от регулировки подшипников шпинделя, поэтому предусмотрена проверка зазоров – натягов этих подшипников. Проверку проводят как в холодном, так и в разогретом до установившейся температуры состоянии подшипников. В процессе проверки, например, радиального зазора – натяга переднего подшипника измеряют перемещение шпинделя (относительно корпуса шпиндельной бабки) при нагружении его силой, действующей в направлении, перпендикулярном к оси шпинделя. Нагружение осуществляется ступенчато до состояния, при котором достигается линейная зависимость между силой и перемещением. Отрезок, отсекаемый на оси ординат касательной к линейной части графика $\delta = f(P)$, может оказаться выше или ниже начала координат (рис. 1). В первом случае он характеризует

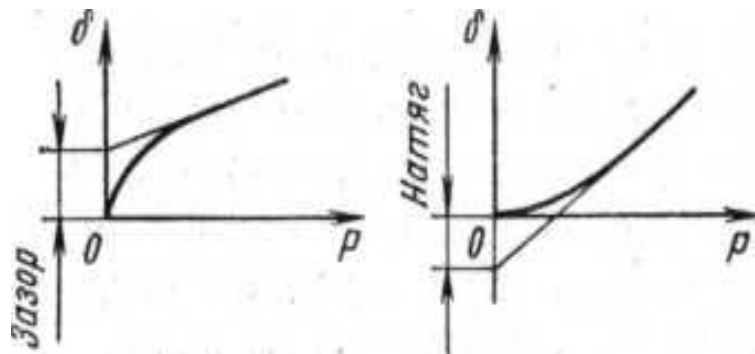


Рис. 19 Определение зазоров и натягов подшипников

радиальный зазор, во втором – натяг проверяемого подшипника. Аналогично проверяют величину осевого зазора – натяга подшипников.

Проверкам, рассмотренным выше, подвергают все станки, в том числе и серийные. Для опытных образцов станков на этом этапе дополнительно проверяют работоспособность электрооборудования (в основном, прочность и сопротивление изоляции силовых цепей), а для опытных образцов соответствие органов ручного управления требованиям эргономики (ГОСТ 21752–76).

2.2 Проверка виброустойчивости станка

Одним из важнейших критериев работоспособности станка является его виброустойчивость, которую можно понимать как способность станка сопротивляться возникновению автоколебаний при резании. Программой испытаний станков при работе предусмотрена оценка границ устойчивости процесса резания. Испытание сводится к определению так называемой предельной стружки $t_{пр}$. Под предельной стружкой понимают максимальную глубину резания, снимаемую при работе без вибраций. Для опытных образцов станка определяют зависимость предельной стружки от частоты вращения шпинделя для всех характерных обработке видов обработки и нескольких подач. Например, характерными видами обработки для токарных станков являются продольное точение вала в центрах, обработка вала, закрепленного консольно, и торцовая обработка кольца.

Определение предельной стружки является довольно трудной задачей, так как предельный режим работы станка по своей природе весьма неустойчив. Признаком предельной стружки обычно служит появление характерного звука при работе станка и довольно резкое увеличение амплитуды относительных колебаний инструмента и заготовки, на которой при этом появляются следы вибраций. Параллельно с определением предельной стружки желательно фиксировать частоту возникающих при этом на станке вибраций (так называемую частоту потенциально неустойчивой формы колебаний).

Полученные данные позволяют построить графики зависимости $t_{пр}$ от частоты вращения для каждого вида обработки и не менее чем при трех подачах. Это так называемые графики границ устойчивости (рис. 19.9). Границы устойчивости оценивают путем сравнения с лучшими образцами аналогичных станков или по производственной характеристике станка (сопоставляя границу устойчивости с другими границами использования станка).

Испытание серийных станков проводят по сокращенной программе; их цель – проверка виброустойчивости как критерия качества изготовления и сборки каждого станка. Для испытаний выбирают вид обработки, дающий наименьшую виброустойчивость. Подачу рекомендуется брать среднюю, но вызывающую резкое увеличение амплитуды колебаний при увеличении глубины резания. Частоту вращения шпинделя принимают равной n в зоне наименьшего значения $t_{пр}$ по графику границы устойчивости для выбранной ранее подачи. Глубину резания, соответствующую принятым n , S и виду обработки, при которой еще не наступает потеря станком устойчивости, нормируют. Норму устанавливают статистически по результатам испытаний 30–50 станков данной модели.

2.3 Проверка точности обработки и шероховатости обработанной поверхности

Проверка геометрической точности, которой подвергается станок в начале испытаний, дает лишь косвенную гарантию точности обработки на станке. Поэтому для оценки непосредственно точности обработки и шероховатости обработанной поверхности программой испытаний станка при его работе предусмотрена обработка контрольного образца (для станков с ЧПУ – партии образцов). Вид образца, его материал, характер и режим обработки, крепление инструмента и т. п. назначают с таким расчетом, чтобы свести к минимуму влияние факторов, не имеющих прямого отношения к качеству изготовления станка, и получить наивысшую точность обработки. Отклонения фактических размеров и формы образца, а также параметров микрогеометрии его поверхности не должны превышать величин, указанных в соответствующем ГОСТе.

При проверке постоянства размеров в партии образцов, обработанных на станке с ЧПУ, определяют среднее значение f и размах R отклонений полученных размеров. Границы p допускаемых отклонений рекомендуется определять для каждого контролируемого размера по формулам:

$$P_B = (T_B - A\sigma\delta) \text{ – для верхней границы среднего отклонения;}$$

$$P_H = (T_H + A\sigma\delta) \text{ – для нижней границы среднего отклонения;}$$

$$P_{BR} \text{ — } kn\delta \text{ — для верхней границы размаха,}$$

где T_H , T_B – границы допуска измеряемого размера; δ – половина допуска на размер; $A\sigma$ и kn – коэффициенты, определяемые в зависимости от числа n однотипных размеров в проверяемой партии:

n	5	6	7	8	9	10
$A\sigma$	0,553	0,592	0,622	0,646	0,667	0,684
kn	1,63	1,68	1,72	1,75	1,78	1,81

2.4 Проверка шумовых характеристик

В третью группу проверок включают также проверку шумовых характеристик станка под нагрузкой, которую осуществляют подобно описанной выше.

Цель проверки шумовых характеристик – установить, не превышает ли уровень шума станка допустимого значения. Допустимые значения

устанавливаются в зависимости от чувствительности человеческого уха к шумам в различных частотных диапазонах (до 90 дБ – для частот менее 350 Гц, до 75 дБ – для частот свыше 4 кГц).

Для оценки шума используют шумомеры, реагирующие на звук подобно человеческому уху. Шум обычно измеряют при наибольшей частоте вращения шпинделя.

Вопросы для самопроверки:

1. Цель и задачи испытаний оборудования.
2. Задачи сертификации оборудования.
3. Виды приемосдаточных испытаний оборудования.
4. Показатели качества оборудования.
5. Какие сведения должна содержать рабочая методика испытания?
6. Дать характеристику работ, связанных с испытаниями станков (подготовка, проведение, использование результатов, надзор за испытаниями).

ЗАДАНИЕ

- 1. Ознакомится с основными видами испытаний станков.**
- 2. Перечислить показатели качества оборудования – станок с ЧПУ, обрабатывающий центр.**
- 3. Составьте методику испытаний после проведенной модернизации.**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под нагрузкой станки нужно испытывать в условиях, близких к эксплуатационным. С этой целью обработка деталей ведется при номинальной мощности, а также при кратковременном превышении максимальной мощности на 25%, в том числе при максимально допустимом усилии подачи.

На производительность испытывают специализированные станки, при заказе которых оговорена штучная производительность.

Технологическая надежность станка – это его способность сохранять качественные показатели технологического процесса (точность обработки и качество поверхности) в течение заданного промежутка времени. Для этого следует проводить испытания станков на технологическую надежность. Эти испытания должны, во-первых, установить запас по точности обработки, которым обладает данный станок и, во-вторых, дать прогноз по длительности расходования станком этого запаса точности. Для оценки состояния станков, находящихся в эксплуатации, применяют методы диагностирования, позволяющие выявить механизмы, изменение параметров которых влияет на технические характеристики станка.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юркевич, В.В. Испытания, контроль и диагностика металлообрабатывающих станков: монография / В. В. Юркевич, А. Г. Схиртладзе, В. П. Борискин. – Стрый Оскол: ТНТ, 2011.
2. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А.Какойло и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т.2. – М.: Машиностроение, 2011. – 584 с.: ил.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справочник-учебник. В 3-х т. Т.1: Проектирование станков / А.С. Проников, О.И. Аверьянов,
4. Ю.С. Аполлонов [и др.]; под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана: Машиностроение, 1994. – 444 с.: ил.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



**ПРОВЕРКА
ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА
НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ**

Методические указания по выполнению лабораторной работы
для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств

УДК 621.(076.1)

Составители: Е.И.Яцун, А.А.Горохов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Малыхин В.В.*

Проверка токарно - винторезного станка на геометрическую точность: методические указания по выполнению лабораторной работы/Юго-Зап. гос.ун-т; сост.: Е.И.Яцун, А.А.Горохов. Курск, 2017. 26 с.: ил.10, табл.1. Прилож. 3. Библиогр.8: с. 16.

Содержат сведения по изучению методов испытаний на геометрическую точность и точность обработки на токарно-винторезном станке, о величинах отклонений размеров, формы и относительного положения элементов получаемой поверхности от соответствующих параметров заданной геометрической поверхности, о нормах точности станков, установленных ГОСТ 18097-72.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальностям автоматизированного машиностроительного производства (УМО АМ).

Предназначены для студентов направления 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, очная форма обучения при изучении дисциплины «Надежность и диагностика технологических систем».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать _____ 20__ г. Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л.____. Уч.-изд.л. ____ . Тираж 100 экз. Заказ ____ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 г. Курск, ул.50 Лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
СОДЕРЖАНИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СТАНКОВ	5
1.1 Испытание станка на холостом ходу	5
1.2 Испытание станка в работе под нагрузкой	6
1.3 Испытание станков на производительность	6
1.4 Испытание станка на жесткость	6
1.5 Испытание станка на виброустойчивость	6
1.6 Проверка точности деталей, изготовленных на станке	6
1.7 Проверка станка на геометрическую точность	7
1.8 Испытания промышленных станков с ЧПУ	7
2 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ	9
Контрольные вопросы	15
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	16
ПРИЛОЖЕНИЯ	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Классификация металлорежущих станков по точности	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Определение основных отклонений	19
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Испытание токарного станка на геометрическую точность (ГОСТ)	22

ВВЕДЕНИЕ

Все испытания и исследования станков и станочных систем условно можно разделить на три группы:

- приемо-сдаточные испытания серийного оборудования;
- испытания опытных образцов новых моделей;
- лабораторные испытания и исследования станков, отдельных узлов и механизмов.

Приемо-сдаточные испытания серийно выпускаемых станков являются завершающей частью процесса изготовления станка; они имеют целью проверку соответствия станка техническим условиям и проверку работоспособности и правильности взаимодействия всех механизмов и узлов станка.

Испытания опытных образцов новых моделей станков являются завершающим этапом создания новой модели станка. На основании результатов испытаний решается вопрос о том, удовлетворяет ли вновь созданная конструкция станка требованиям и условиям работы промышленности и является ли она более совершенной, чем конструкция ранее выпускаемых станков.

Лабораторные испытания и исследования оборудования и отдельных механизмов производятся с различными целями. Это может быть получение экспериментальной информации для разработки расчетных моделей, проверка каких-либо теоретических положений, поиск путей повышения технико-экономических показателей, оценка новых технических решений и многое другое.

В процессе испытания выполняют: проверку внешнего вида, испытание оборудования на холостом ходу и под нагрузкой, проверку геометрической точности, жесткости и виброустойчивости, проверку обработанных деталей на соответствие техническим условиям.

1 ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СТАНКОВ

В процессе обработки изделий возникают усилия, вызывающие деформацию узлов станка, обрабатываемой заготовки и инструмента, а также выделяется тепло, вызывающее тепловые деформации их.

Геометрическая точность станка является важной его характеристикой, но не может в полном объеме характеризовать точность обрабатываемых на станке изделий.

Геометрическая точность станка определяется рядом проверок с помощью измерительных инструментов и приборов. Измерение обработанных на чистовых режимах образцов является косвенной оценкой этой точности и дополняет указанные проверки.

1.1 Испытание станка на холостом ходу

При испытании производится: проверка работы механизмов главного движения на всех скоростях, начиная с низшей; на верхней ступени скорости станок должен работать не менее 8 часов до стабилизации температуры в шпиндельных узлах с подшипниками качения 80°C , подшипниками скольжения – 70°C . Также производится проверка работы механизма подач при низших, средних и наибольших величинах рабочих подач, а также при всех быстрых перемещениях и автоматических циклах.

Во время испытаний станка осуществляют непрерывное наблюдение за безотказностью средств автоматики. Особое внимание уделяют проверке работы узлов, подаче СОЖ, гидравлических и пневматических систем. Одновременно проверяют в станке плавность переключения и вращения маховиков и отсутствие сильного шума, вибраций. Проводят также проверку других паспортных данных станка.

1.2 Испытание станка в работе под нагрузкой

Испытание проводят для проверки качества работы станка, правильности функционирования и взаимодействия всех его механизмов в условиях нормальной эксплуатации. Образцы обрабатывают в течение не менее 30 мин. На средних скоростях при нагрузке до номинальной мощности с краткосрочной перегрузкой до 25 % сверх нормативной мощности на черновом или чистовом режиме в зависимости от назначения станка. При этом все механизмы станка должны работать исправно; не должно наблюдаться вибраций, резкого шума, неравномерности движений. Особое внимание обращают на надежность и безопасность действия предохранительных устройств, тормозов, фрикционных муфт. Последние не должны самовыключаться и буксовать при перегрузке свыше 25 % сверх номинальной мощности.

1.3 Испытание станков на производительность

Испытание проводят для операционных станков – автоматов, полуавтоматов, агрегатных станков и др. Фактическая производительность должна соответствовать указанной в паспорте.

1.4 Испытание станка на жесткость

Испытание проводится нагружением, при котором нагружающее усилие создается нагрузочными устройствами. В качестве устройства для нагружения могут быть использованы механизмы станка или специальные домкраты, а для измерения нагрузок – рабочие динамометры. Направление, величина и координаты точки приложения нагружающей силы должны примерно соответствовать реальным условиям нагружения станка в процессе резания. Жесткость станка определяется величиной $j = P/y$, где P – прилагаемая сила; y – величина деформации. Чем выше жесткость станка, тем точнее получают размеры деталей, обрабатываемой на нем. Перед проверкой на жесткость все части станка, которые должны быть закреплены в процессе резания, также закрепляются.

1.5 Испытание станка на виброустойчивость

Испытание проводят с целью оценки границы устойчивости станка при обработке. Испытание может осуществляться при резании и при нагружении упругой системы станка вибраторами.

Например, при испытании опытных образцов токарных станков при резании для каждого вида обработки определяют «предельную стружку», то есть наибольшую глубину резания в мм, при которой процесс резания протекает устойчиво, без вибраций. По результатам испытаний строят кривые границы устойчивости в координатах «частота вращения шпинделя – $t_{пр}$ » для каждого вида обработки.

1.6 Проверка точности деталей, изготовленных на станке

Проверка позволяет выявить точность станка в рабочем состоянии.

Выбор образца для испытаний, а также инструмента и режимов резания производят в соответствии с типом, размерами и конструкцией испытываемого станка по соответствующим стандартам.

Так, на токарных станках производят: обтачивание закрепленной в патроне заготовки валика диаметром не менее $1/4$ высоты центров и длиной не менее высоты центров, но не более 300 мм; подрезку торца заготовки

диаметром не менее высоты центров. Обработанный валик контролируют на отклонение от овальности и конусообразность. Полученные отклонения сравнивают с наибольшими допустимыми.

1.7 Проверка станка на геометрическую точность

Под геометрической точностью станка, понимают качество его изготовления и установки.

Точность обработки на станке характеризуется величинами отклонений размеров, формы и относительной положения элементов получаемой поверхности от соответствующих параметров заданной геометрической поверхности.

Общесоюзным стандартом установлены допустимые нормы точности для всех видов станков. Проверке по Государственным стандартам (ГОСТ) на нормы точности должен подвергаться каждый изготовленный станок.

ГОСТ 18097-93 предусматривает проверки точности станка в статике и в работе.

Точность формы и размеров обработанных на станке заготовок зависит от точности станка, инструмента, жесткости системы СПИД (станок – инструмент – приспособление – деталь) и многих других факторов. Точность станка должна соответствовать нормам точности, предусмотренным стандартом.

Проверке на геометрическую точность подлежат:

- форма и относительное расположение поверхностей, на которых базируются заготовка и инструмент;
- траектория перемещений рабочих органов станка;
- координаты линейных и угловых перемещений рабочих органов;
- положение осей вращения и траекторий рабочих органов, несущих заготовку и инструмент.

1.8 Испытания промышленных станков с ЧПУ

Испытание выполняется по аналогии универсальных станков, которые дополняются рядом специфических испытаний. Дополнительные испытания проводятся с целью оценки точности станков, оснащенных системами ЧПУ, и получения информации о безотказности их работы по заданной программе. Оценивается точность позиционирования и зона нечувствительности, расположение инструмента при многократной автоматической смене, точность и чистота обработки контрольного образца, безотказность станка и системы ЧПУ.

При испытании на холостом ходу прежде всего проверяют работу станка; если дефектов не обнаружено, включают устройство ЧПУ и

проверяют работу комплекса станок – устройство ЧПУ. После испытания на холостом ходу приступают к испытаниям под нагрузкой, на точность и на жесткость, а также на виброустойчивость станка при резании.

Испытанию на безотказность подвергают все выпускаемые станки с ЧПУ в процессе приемо-сдаточных испытаний и при испытании опытных образцов. Они проводятся на холостом ходу по управляющей тест-программе и в работе. Тест-программа должна содержать контрольные точки, координаты которых при испытаниях могут быть периодически проверены с помощью внешних измерительных устройств. Длительность одного цикла работы станка по управляющей тест-программе порядка 3...30 мин.

Суммарная продолжительность работы станка по управляющей программе на холостом ходу (наработка) при приемо-сдаточных испытаниях серийных легких и средних токарных станков составляет 8 часов. Нарботка при испытаниях опытных образцов станков с ЧПУ – не менее 48 часов. Отказы, в том числе сбои, во время испытаний и на холостом ходу не допускаются. Испытания на безотказность в работе проводят при обработке деталей по управляющей программе после испытаний на холостом ходу.

Проверку точности станков с ЧПУ классов П, В и А и комплексов станок – устройство ЧПУ в работе, а также геометрической и кинематической точности станков рекомендуется проводить не реже 1 раза в 6 месяцев для станков класса П и В и 4 месяцев для станков класса А. Работоспособность комплекса станок – устройство ЧПУ проверяют по тест-программе на холостом ходу станка не реже 1 раза в месяц.

2 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ НА ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ

2.1 Цель работы:

1. Ознакомиться с назначением и конструкцией станка, его основными узлами.
2. Ознакомиться с требованиями ГОСТ18097-93 «Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности», инструментальным оснащением проведения испытания на геометрическую точность.
3. Освоить методику проведения и провести ряд проверок на геометрическую точность токарно-винторезного станка.

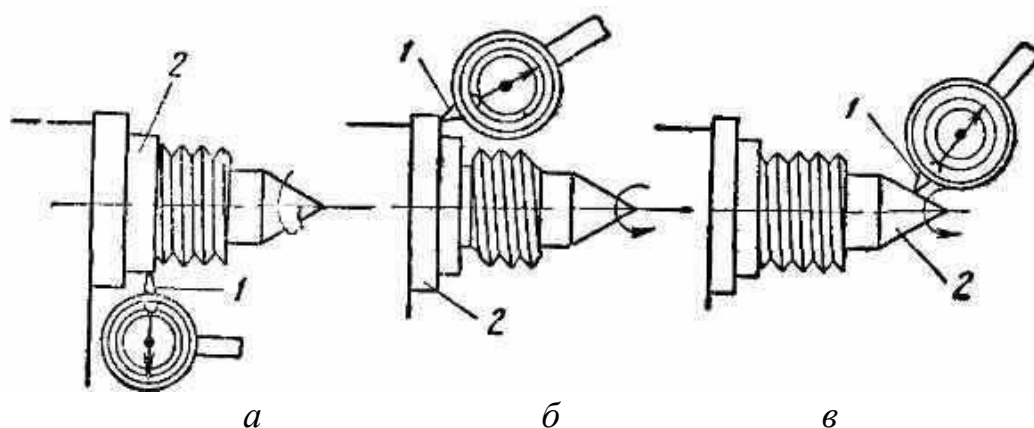
2.2 Оборудование приспособления и инструменты, необходимые для проведения работы:

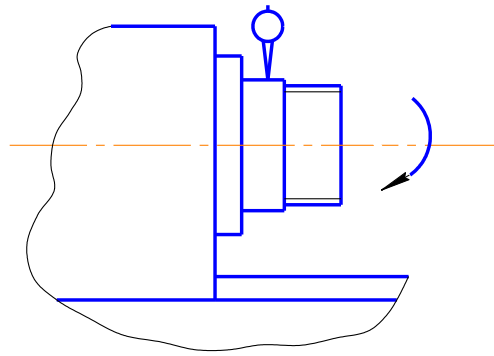
- токарно-винторезный станок;
- цилиндрическая оправка $L = 500$ мм, $d = 50$ мм;
- цилиндрическая оправка с коническим хвостовиком $L = 200$ мм, $d = 50$ мм;
- магнитная стойка - 2 шт.;
- индикаторная головка с ценой деления $0,001$ мкм - 3 шт.;
- образец для проверки в работе.

2.3 Порядок проведения работы:

Проверка 1. *Проверка радиального биения центрирующей шейки шпинделя передней бабки.*

При проверке (Рис.1) индикатор устанавливают так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности шейки вращающегося шпинделя и был перпендикулярен к образующей. Допуск на отклонение - $0,01$ мм. В резцовой головке необходимо закрепить индикатор, затем упревав его штифт в шейке шпинделя произвести измерения. По ГОСТ значение не должно превышать $0,01$ мм. Недопустимо при вращении шпинделя, чтобы он отклонялся от оси.





г

Рис. 1 Проверка биения шпинделя:

а — проверка биения шейки шпинделя;

б — проверка осевого перемещения шпинделя;

в — проверка биения переднего центра;

г - схема установки индикатора для проверки радиального биения центрирующей шейки шпинделя

Проверка 2. Проверка радиального биения оси отверстия шпинделя передней бабки.

В отверстие шпинделя передней бабки вставляют цилиндрическую оправку, штифт индикатора касается оправки (Рис. 2). Шпиндель приводится во вращение и проводятся измерения, допустимое биение у конца шпинделя 0,01 мм, на расстоянии 300 мм от конца шпинделя - 0,02 мм.

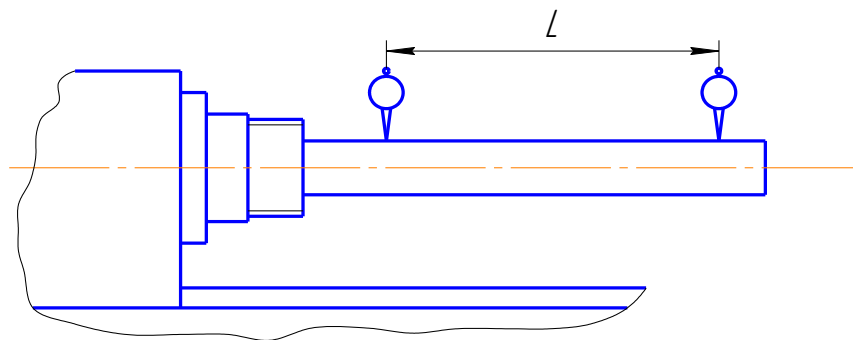


Рис. 2. Схема установки индикатора для проверки радиального биения оси отверстия шпинделя передней бабки

Проверка 3. Проверка параллельности оси шпинделя передней бабки направлению продольного перемещения суппорта

В отверстие шпинделя передней бабки плотно вставляется цилиндрическая оправка. (Рис. 3).

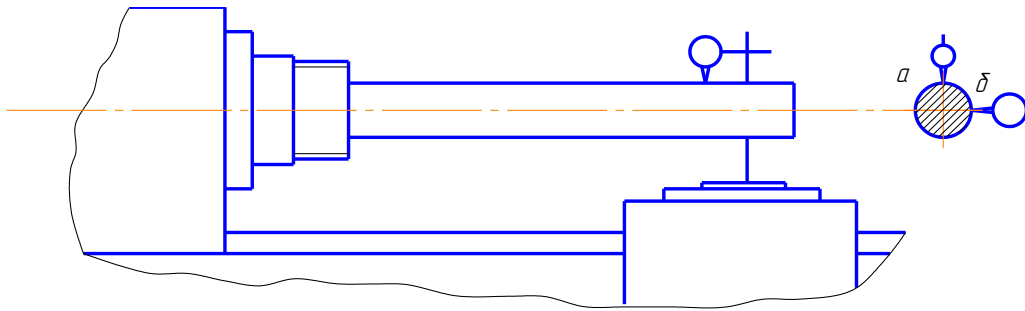


Рис. 3 Схема установки индикатора для проверки параллельности оси шпинделя направлению продольного перемещения суппорта

Индикаторы устанавливаются так, чтобы их измерительные штифты касались поверхности оправки по ее верхней (Рис. 3,а) и боковой (Рис. 3, б) образующим. Суппорт перемещается вдоль станины. Отклонения измеряют по двум диаметрально противоположным образующим (поворачивают шпиндель на 180°). Погрешность определяется средним арифметическим значением обоих измерений в данной плоскости. Допустимые отклонения:
 в позиции а - 0,03 мм на длине 300 мм
 в позиции б - 0,012 мм на длине 300 мм.

Проверка 4. *Проверка осевого биения шпинделя передней бабки*

В отверстие шпинделя вставляется короткая оправка торцовая поверхность которой перпендикулярна ее оси. Индикатор устанавливается так, чтобы его мерительный штифт касался торца оправки у его центра. Шпиндель приводится во вращение. Проверка производится при затянутых упорных подшипниках, допуск 0,01 мм. Рис. 4.

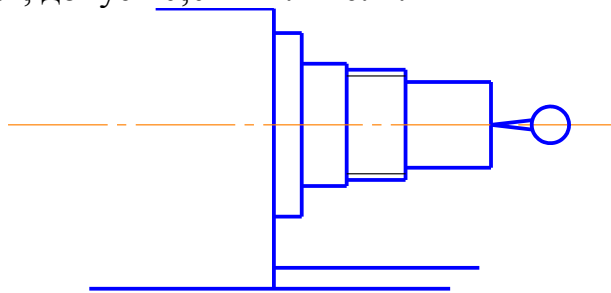


Рис. 4 Схема установки индикатора для проверки осевого биения шпинделя

Проверка 5. *Проверка перпендикулярности торцевой поверхности буртика шпинделя передней бабки оси вращения шпинделя*

Индикатор устанавливается так, чтобы его мерительный штифт касался торцевой поверхности буртика шпинделя у его периферии. Шпиндель приводится во вращение. Измерения производят не менее чем в двух диаметрально противоположных точках (Рис. 5). Погрешность определяется как наибольшая величина показаний индикатора, допуск 0,02 мм.

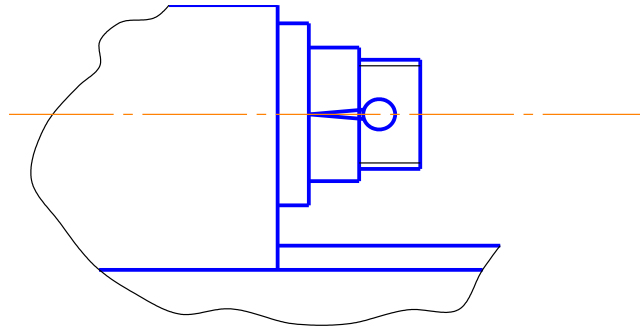


Рис. 5. Схема установки индикатора для проверки перпендикулярности буртика шпинделя оси вращения шпинделя

Проверка 6. Проверка параллельности перемещения пиноли направлению продольного перемещения суппорта

Пиноль вдвигается в заднюю бабку и зажимается. Индикатор укрепляют на суппорте так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности пиноли (положение А) в точках, расположенных:

- а) на ее верхней образующей;
- б) на ее боковой образующей.

Пиноль освобождается, выдвигается наполовину максимального выдвижения и снова зажимается. Суппорт перемещается в продольном направлении, так, чтобы штифт индикатора снова коснулся образующей пиноли в той же точке, что и при первоначальной установке (положение Б). допускаются отклонения в позиции а - 0,03 мм на длине 100 мм и в позиций б - 0,01 мм на длине 100 мм (Рис. 6).

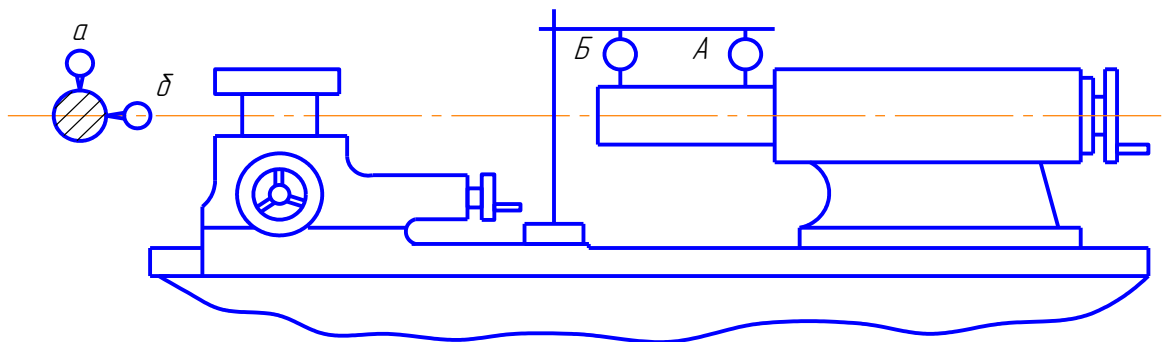


Рис.6 Схема установки индикатора для проверки параллельности перемещения пиноли направлению продольного перемещения суппорта

Проверка 7. Проверка параллельности оси конического отверстия задней бабки (пиноли) направлено продольного перемещения суппорта

Цилиндрическая оправка плотно вставляется в отверстие пиноли. На суппорте устанавливают индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности оправки. Суппорт перемещается вдоль станины. Погрешность определяется средней арифметической результатов трех измерений и допускается 0,03 мм на длине 300 мм (Рис. 7).

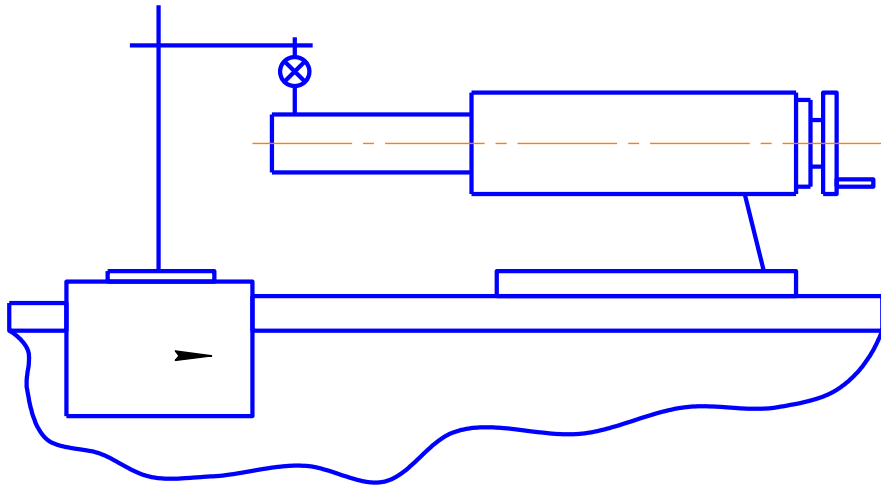


Рис. 7 Схема установки индикатора для проверки параллельности оси конического отверстия шпинделя задней бабки (пиноли) направлению продольного перемещения суппорта.

Проверка 8. Проверка правильности расположения осей отверстий шпинделя передней бабки и пиноли

Оси должны быть на одинаковой высоте над направляющими станины (Рис. 8). Между центрами передней и задней бабок (при полностью вдвинутой пиноли) зажимают цилиндрическую оправку длиной не менее $1/4$ наибольшего расстояния между центрами. Индикатор укрепляют на суппорте так, чтобы его мерительный стержень касался поверхности оправки по ее верхней образующей. Суппорт перемещают вперед и назад для определения наибольшего показания индикатора. Измерения производят у обоих концов оправки приблизительно на одинаковых расстояниях от центров. Погрешность определяется как разность наибольших показаний индикатора при обоих измерениях. Допустимое отклонение $0,06$ мм (ось отверстия пиноли может быть только выше оси отверстия шпинделя передней бабки).

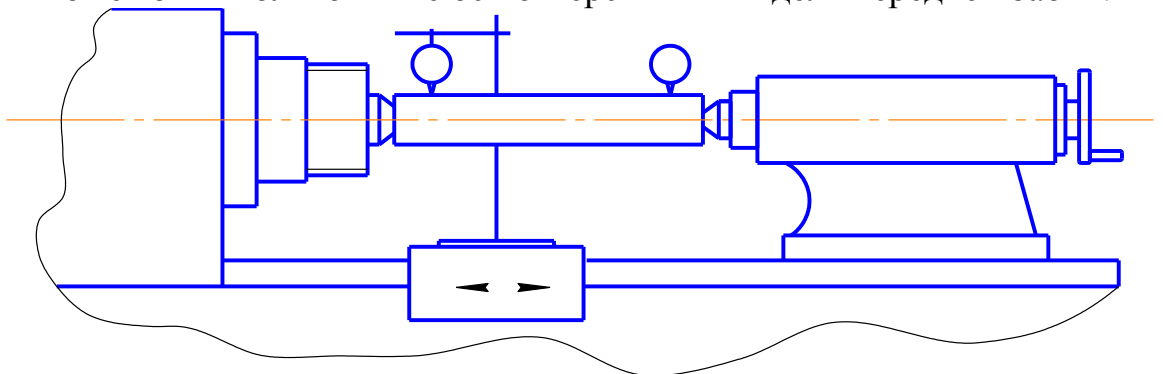


Рис. 8 Схема установки индикатора для проверки расположения осей отверстия шпинделя передней бабки и пиноли на одинаковой высоте над направляющими станины и суппорта

Проверка 9. Проверка параллельности направления перемещения салазок суппорта оси шпинделя передней бабки

В отверстие шпинделя передней бабки плотно вставляют цилиндрическую оправку. Индикатор укрепляют на салазках суппорта так, чтобы его мерительный штифт, касаясь поверхности оправки по ее боковой образующей. Поворотная часть суппорта устанавливается в таком положении, чтобы при передвижении салазок показания индикатора по концам оправки были одинаковы. После достижения этого положения индикатор переставляют так, чтобы его штифт касался поверхности оправки по ее верхней образующей. Салазки суппорта перемещаются вдоль верхних направляющих на всю длину хода. Допуск 0,03 мм на длине 300 мм. Станок проверяется в действии (Рис. 9).

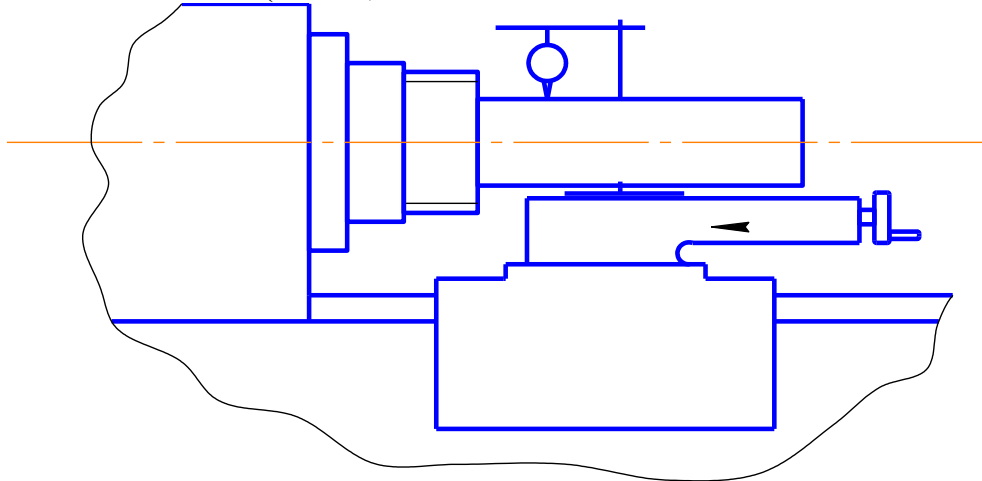


Рис. 9 Схема установки индикатора для проверки параллельности направления перемещения салазок суппорта оси шпинделя

Проверка 10. *Точность детали после чистовой обработки на станке*

Для определения точности деталь проверяют на овальность и конусность. Стальной валик обрабатывается в патроне или коническом отверстии шпинделя (без задней бабки). Диаметр валика должен быть не менее 0,25 высоты центров, но не более 200 мм. После обточки валик измеряют микрометром.

Для определения овальности погрешность вычисляют по разности взаимно перпендикулярных диаметров любого сечения валика, допускаемая погрешность 0,01 мм. Для определения конусности погрешность вычисляют по разности диаметров расположенных в одной осевой плоскости, на длине (Рис. 10) допускается погрешность 0,01 мм; на длине - 100 мм.

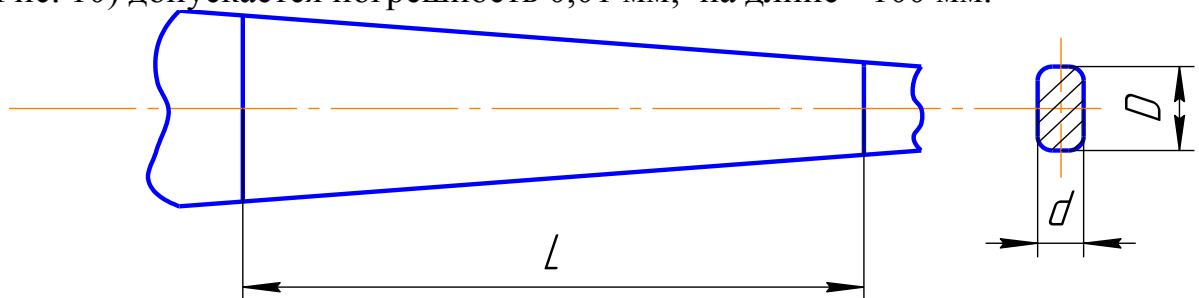


Рис. 10 Эскиз детали для проверки точности изделия

Оформление отчета:

При проведении лабораторной работы содержание всех этапов заносится в таблицу 1.

Таблица 1.

Проверка на точность токарно-винторезного станка.

№№ пп	Номера этапов работы	Эскизы установки	Допустимые отклонения	Фактические отклонения	Примечание

Контрольные вопросы.

1. Каким проверкам должен подвергаться станок перед вводом в эксплуатацию?
2. Как устанавливаются и выверяются токарные станки на фундаменте?
3. Назначение и выполнение испытаний стайка на холостом ходу и под нагрузкой.
4. Как выполняется практическая проверка точности работы станка?
5. Основные методы проверки геометрической точности токарного станка.
6. Точность станков и способы ее оценки.
7. От чего зависят и что характеризуют геометрические погрешности в металлорежущих станках?
8. Какими документами регламентируются нормы точности станков?
9. На что влияет геометрическая точность станка?
10. Перечислите методы повышения точности станков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.ГОСТ 22267-76 Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров
- 2.ГОСТ 8-82 «Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность»
- 3.ГОСТ 18097-93 «Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности».
- 4.РД 24.022.09-87 Отраслевая система технологической подготовки производства. Правила проверки оборудования на технологическую точность
- 5.Схиртладзе А. Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств [Текст] : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе, Т. Н. Иванова, В. П. Борискин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 708 с. - ISBN 978-5-94178-124-9 : *Гриф: УМО АМ.*
- 6.Металлорежущие станки [Текст] : учебник / В. Д. Ефремов [и др.] ; под общ. ред. П. И. Ящерицына. - 5-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2009. - 696 с. - ISBN 978-5-94178-129-4 : *Гриф УМО АМ.*
- 7.Кузнецов Ю. Н. Станки с ЧПУ : учебное пособие для вуз. по спец. "Технология машиностроения" и "Металлорежущие станки и инструменты" / Ю. Н. Кузнецов. - Киев : Выща школа, 1991. - 267 с. : ил.
- 8.Решетов Д. Н., Портман В. Т. Точность металлорежущих станков.—М.: Машиностроение, 1986. — 336 с, ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Классификация металлорежущих станков по точности

По разработанной в СССР классификации станков по точности они подразделяются на пять классов, приведенных в таблице.

Класс точности станка	Обозначение класса точности	Соотношение основных допусков точности станков
Нормальной точности	Н	1
Повышенной точности	П	0,6
Высокой точности станки	В	0,4
Особо высокой точности	А	0,25
Сверхточные станки	С	0,15

Как видно из табл. соотношение между величинами допусков при переходе от класса к классу для большинства показателей точности принято равным $\varphi = 1,6$.

Это соотношение позволяет согласовать требования к точности станка с требованиями к точности обрабатываемых на нем изделий, так как коэффициент 1,6 учитывается в системах допусков параметров, характеризующих точность поверхностей изделий широкого применения.

Станки повышенной точности, как правило, изготавливаются на базе станков нормальной точности, отличаясь от них, в основном, более точным изготовлением и подбором отдельных деталей и повышенным качеством монтажа.

Станки высокой и особо высокой точности отличаются от предыдущих специальными конструктивными особенностями отдельных элементов, высокой точностью их изготовления и специальными условиями эксплуатации.

Сверхточные станки предназначены для обработки деталей наивысшей точности — делительных зубчатых колес и дисков, эталонных зубчатых колес, измерительных винтов и т. п.

При приемке станков более высокого класса точности, чем регламентируется приведенными ниже нормами, можно использовать принятое соотношение основных показателей точности при переходе от более низкого к более высокому классу путем умножения допускаемых отклонений на 0,6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Определение основных отклонений

Основные понятия отклонений формы и расположения линейчатых поверхностей, применяемых в стандартах на нормы точности в соответствии с общими условиями испытания станков на точность по ГОСТ 8-53:

1. Непрямолинейность поверхности (в заданном направлении, рис. 124)

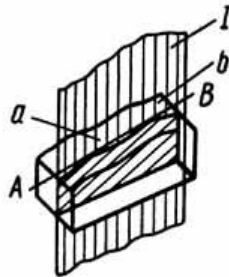


Рис. 124

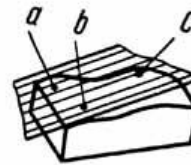


Рис. 125

Определение Наибольшее отклонение от прямой линии (AB) профиля сечения проверяемой поверхности, образованного перпендикулярной к ней плоскостью (I), проведенной в заданном направлении; прямая линия проводится через две выступающие точки (a, b) профиля сечения.

2. Неплоскостность поверхности (рис. 125)

Определение Наибольшее отклонение проверяемой поверхности от плоскости, проведенной через три выступающие точки поверхности (a, b, c).

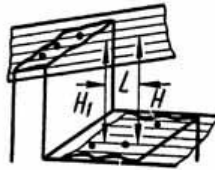


Рис. 126

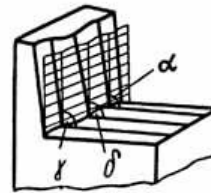


Рис. 127

3. Непараллельность поверхностей (рис. 126)

Определение Наибольшая разность расстояний между плоскостями, проходящими через три выступающие точки каждой из поверхностей (H и H_1), на заданной длине (L).

4. Неперпендикулярность поверхностей (рис. 127)

Определение Наибольшее отклонение угла, образованного двумя поверхностями и измеренного в заданной точке линии их пересечения или в двух крайних и средней точке этой линии (углы α , γ , δ), от прямого угла.

5. Овальность (рис. 128)

Определение Наибольшая разность между наибольшим и наименьшим диаметрами в двух крайних и среднем сечениях или в одном обусловленном сечении ($D - d$; $D_1 - d_1$).

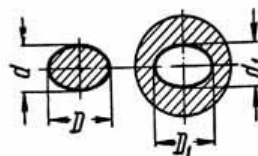


Рис. 128

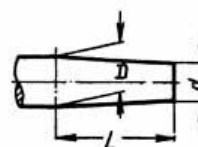


Рис. 129

6. Конусность (рис. 129)

Определение Отношение наибольшей разности диаметров двух поперечных сечений проверяемой поверхности ($D - d$) к расстоянию между этими сечениями (L).

7. Огранка (рис. 130)

Определение Наибольшая разность между диаметром окружности, в которую вписан контур сечения проверяемой поверхности, и расстоянием между двумя параллельными плоскостями, касательными к этой поверхности.

8. Непрямолинейность образующей (рис. 131)

Определение Наибольшее отклонение профиля осевого сечения проверяемой поверхности от прямой линии (AB ; CD), проведенной через две выступающие точки профиля.



Рис. 130

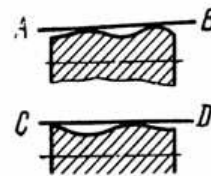


Рис. 131

9. Радиальное биение (рис. 132)

Определение Наибольшая разность расстояний (a) от проверяемой поверхности до оси ее вращения.

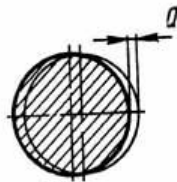


Рис. 132

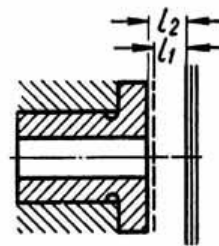


Рис. 133

10. Торцовое биение (рис. 133)

Определение Наибольшая разность измеренных параллельно оси проверяемой торцовой поверхности расстояний до плоскости, перпендикулярной к оси вращения ($l_2 - l_1$) на заданном диаметре.

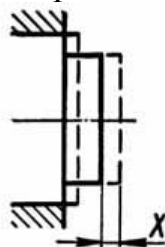


Рис. 134

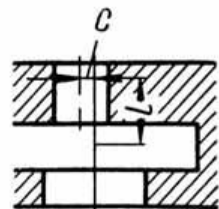


Рис. 135

11. Осевое биение (рис. 134)

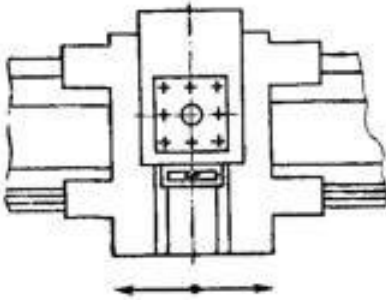
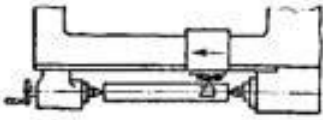
Определение Наибольшее перемещение (x) проверяемой детали вдоль оси ее вращения в течение полного ее оборота вокруг этой оси.

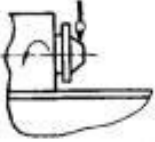
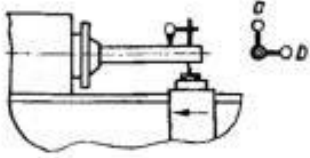
12. Несовпадение осей (рис. 135)

Определение Наибольшее расстояние (c) между центрами поперечных сечений проверяемых поверхностей в пределах заданной длины (l)•

Примечание. В ГОСТ 10356—63 приведены определения отклонений формы и расположения поверхностей, несколько отличающиеся от приведенных выше определений, принятых по действующему ГОСТ 8—53.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Испытание токарного станка на геометрическую точность

Содержание и эскиз проверки	Метод проверки	Допуск, мм
1	2	3
<p>1. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в вертикальной плоскости</p> 	<p>На суппорте (ближе к резцедержателю) параллельно направлению его перемещения устанавливается уровень</p> <p>Суппорт перемещается в продольном направлении на всю длину хода. Замер производится не более чем через 500 мм на станках с длиной хода суппорта до 6 м. При проверке резцедержатель сдвинут к оси центров станка</p> <p>Погрешность определяется наибольшей ординатой траектории движения от прямой линии</p>	<p>На 1 м хода суппорта 0,02.</p> <p>На всей длине хода суппорта до 2 м ... 0,04 (Допускается только выпуклость)</p>
<p>2. Прямолинейность продольного перемещения суппорта в горизонтальной плоскости</p> 	<p>При длине хода суппорта до 3 м проверка производится с помощью цилиндрической оправки, установленной в центрах, и индикатора</p> <p>На суппорте устанавливается индикатор так, чтобы его мерный штифт касался боковой образующей оправки. Показания индикатора по концам оправки должны быть одинаковыми, что достигается соответствующей установкой задней бабки</p>	<p>На 1 м хода суппорта 0,02. На всей длине хода суппорта до 2 м ... 0,03</p> <p>(При перемещении суппорт может иметь отклонения только к оси центров станка)</p>

1	2	3
<p>3. Раднальное биеие центрирующей шейки шпинделя</p> 	<p>На станке устанавливается индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался центрирующей шейки шпинделя и был перпендикулярен к образующей. Шпиндель приводится во вращение</p>	<p>Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм 0,01; до 800 мм 0,015</p>
<p>4. Раднальное биеие оси отверстия шпинделя</p> 	<p>В отверстие шпинделя плотно вставляется цилиндрическая оправка с коническим хвостовиком На станке устанавливается индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности оправки Шпиндель приводится во вращение</p>	<p>Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм а 0,01, б 0,02, до 800 мм а 0,015, б 0,025.</p>
<p>5. Осевое биеие шпинделя</p> 	<p>В отверстие шпинделя вставляется короткая оправка, торцовая поверхность которой перпендикулярна к ее оси На станке устанавливается индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался торца оправки у его центра Шпиндель приводится во вращение</p>	<p>Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм . . . 0,01; до 800 мм . . . 0,015</p>
<p>6. Параллельность оси шпинделя направлению продольного перемещения суппорта</p> 	<p>В отверстие шпинделя плотно вставляется цилиндрическая оправка с коническим хвостовиком На суппорте устанавливается индикатор так, чтобы его мерительный штифт касался поверхности оправки: а — по верхней образующей, б — по боковой образующей Суппорт перемещается вдоль станины В каждом разделе проверки замер производится по двум диаметрально противоположным образующим (при повороте шпинделя на 180°) Погрешность определяется средней арифметической результатов обоих замеров в данной плоскости -</p>	<p>Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм а 0,03, б 0,012; до 800 мм а 0,03, б 0,015</p>