

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА, СТОЙКОСТИ
И РЕСУРСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ПРИ ТОЧЕНИИ**

САМАРА 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА, СТОЙКОСТИ
И РЕСУРСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ПРИ ТОЧЕНИИ**

Методические указания к лабораторной работе

САМАРА 2008

Исследование износа, стойкости и ресурса режущего инструмента при точении: Методические указания к лабораторной работе/ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева; Сост.: М.В. Винокуров, М.Б. Сазонов. Самара, 2008, 16 с.

Представлены критерии оценки износа, стойкости и ресурса режущего инструмента при точении. Изложена методика экспериментального определения кривых износа и количественных параметров износа режущего лезвия. Рассмотрены способы обработки результатов эксперимента и получения эмпирических зависимостей стойкости и ресурса инструмента от скорости резания.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы студентами специальности 130200 дневного и вечернего факультетов "Двигатели летательных аппаратов", разработаны на кафедре "Механическая обработка материалов".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева.

Рецензент: А.В.Тарасов

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:

Ознакомление с методикой экспериментального исследования износа режущего инструмента при точении и получение эмпирических зависимостей стойкости и ресурса лезвия от скорости резания; приобретение навыков работы с необходимой измерительной и регистрирующей аппаратурой.

1. ИЗНОС, СТОЙКОСТЬ И РЕСУРС РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

1.1. Износ режущего инструмента

Режущий инструмент в процессе работы подвергается интенсивному износу в условиях высоких значений давления и температуры, а также их больших перепадов.

Износом называют потерю режущих свойств инструментом в процессе резания вплоть до полного его затупления или разрушения.

Визуально наблюдаемые признаки износа показаны на рис. 1. и рис. 2.

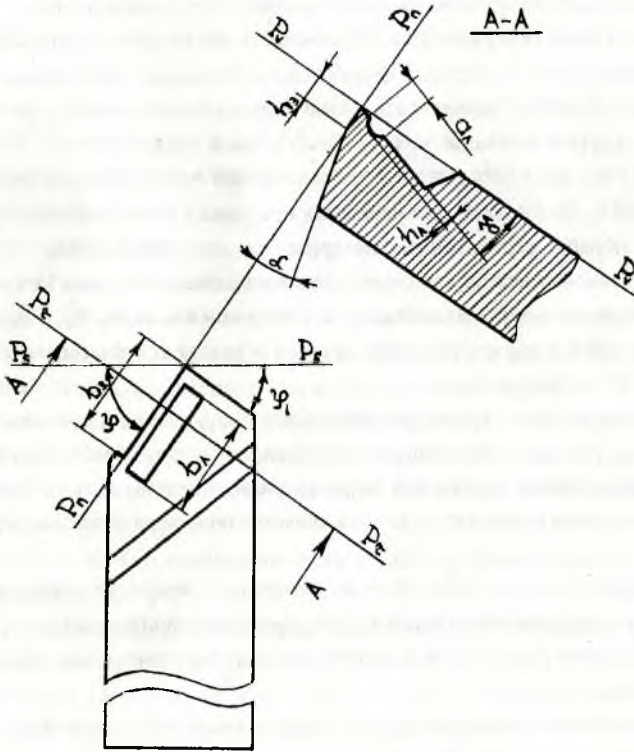


Рис. 1. Визуально наблюдаемые признаки износа лезвия ($S = 0,1 \dots 1$ мм/об).

*Вспомогательная задняя
поверхность (ВЗП)*

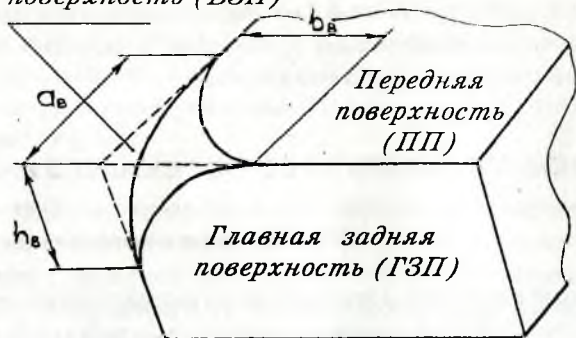


Рис. 2. Износ вершины лезвия резца.

Режущий инструмент выходит из строя в результате износа:

- по задней поверхности с образованием фаски износа шириной h_3 и длиной b_3 (износ характерен для чистовой обработки с небольшими значениями подач $S \leq 0,1$ мм/об, а также при обработке материалов малой и средней пластичности, обладающих большим упругим восстановлением обработанной поверхности);
- по передней поверхности с образованием лунки износа шириной a_n , глубиной h_n и длиной b_n (характерен для черновых операций с большими подачами $S \geq 1$ мм/об, а также при обработке пластичных материалов с устойчивым наростом);
- с комбинацией перечисленных выше признаков (см. рис.1);
- вершины резца с линейными параметрами износа a_v , b_v , и h_v (см. рис. 2);
- с выкрашиванием режущей кромки (в условиях прерывистого резания с развитым наростом).

Износ изменяет геометрию режущего инструмента и, как следствие, силы и температуру резания, что как правило ухудшает чистоту обработанной поверхности, точность выполнения размеров и формы детали, может вызвать вибрации.

Конечным результатом износа является полное разрушение вершины резца за счет:

- оплавления или пластической деформации режущего лезвия из-за высокой температуры резания (чаще всего у быстрорежущих инструментов);
- хрупкого разрушения, характерного для твердосплавного или керамического инструмента.

Износ инструмента оценивают линейными h , объемными w или массовыми m критериями путем сравнения с допустимой нормой износа. Связь между объемными, массовыми и линейными параметрами для наиболее простого случая равновеликого износа (см. рис.1) можно установить путем несложных геометрических построений. После некоторых преобразований, соотношения будут иметь вид:

-объемный w_3 и массовый износ m_3 по задней поверхности

$$w_3 = \frac{b_3 h_3^2 \sin \alpha \cos \gamma}{2 \cos(\alpha + \gamma)}; \quad (1)$$

$$m_3 = w_3 \rho_u; \quad (2)$$

-объемный w_n и массовый износ m_n по передней поверхности

$$w_n = \frac{2}{3} a_n b_n h_n; \quad (3)$$

$$m_n = w_n \rho_u. \quad (4)$$

Аналогичные выражения для износа вершины резца, показанного на рис. 2, приближенно можно записать в следующей форме

$$w_B = a_B b_B h_B \sin(\pi - \varphi - \varphi_1) \cos(2\alpha + \gamma) / 4; \quad (5)$$

$$m_B = w_B \rho_u. \quad (6)$$

Здесь:

φ -главный угол в плане;

φ_1 -вспомогательный угол в плане;

γ -передний угол;

α -главный задний угол;

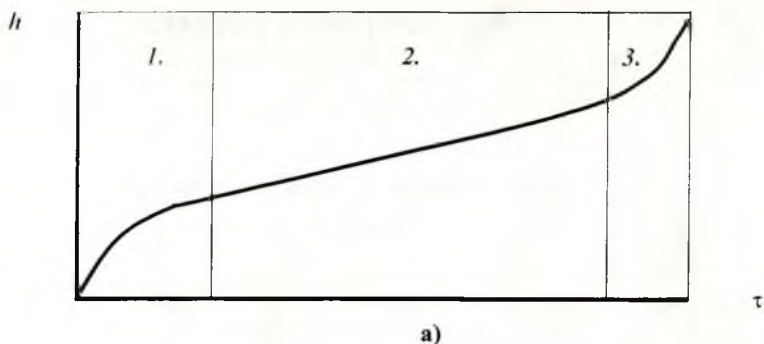
ρ_u -плотность материала режущего инструмента.

Функциональную зависимость износа режущего лезвия от продолжительности резания τ или длины пути L в направлении результирующего движения резания выражают кривыми износа, характерный вид которых показан на рис. 3.

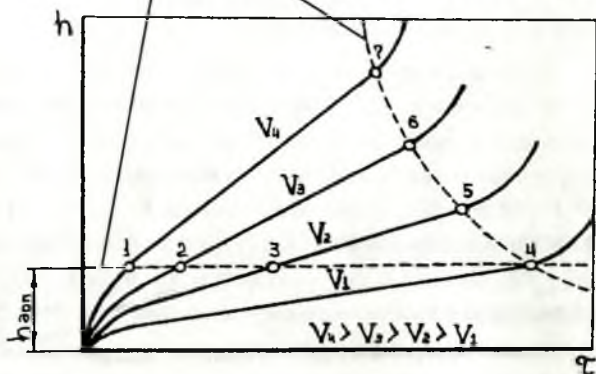
На практике часто вместо критерия равного износа, регламентируемого нормой износа $h_{доп}$ (линия 1-2-3-4), используют критерий оптимального износа (линия 4-5-6-7), особенно в работе на автоматах или станках с ЧПУ при стабильных режимных параметрах резания.

Существует несколько механизмов износа, действующих самостоятельно или в сочетании друг с другом:

- абразивный или абразивно-механический (микрорезание поверхности одного тела микровыступами поверхности другого);
- адгезионный (образование и последующее разрушение металлических связей двух трущихся тел с уносом части массы одного из них);
- диффузионный (обмен химическими элементами между двумя контактирующими поверхностями);
- усталостный (обусловлен образованием волн деформации в поверхностном слое одного тела при трении по нему микронеровностей второго).



а)
Линия равного износа
Линия оптимального износа



б)

Рис.3. Зависимость параметра износа h от времени резания τ для четырех значений скорости резания V :

а) - зоны износа: 1-зона приработки; 2- зона нормального износа; 3- зона катастрофического износа; б) - кривые износа.

Интенсивность износа зависит от скорости, подачи, глубины резания; геометрии и механических свойств материала инструмента и обрабатываемой детали.

1.2. Стойкость режущего инструмента

Стойкость режущего инструмента - это продолжительность резания до момента, когда максимальный износ лезвия достигает допустимого значения износа.

В данной работе стойкость инструмента будет определяться действительным временем резания T до затупления лезвия, а за критерий затупления принято увеличение

темпа роста сил резания в следствие износа (переход в зону катастрофического износа) или заметное ухудшение качества обработанной поверхности детали.

Экспериментальные исследования и практический опыт показывают, что наибольшее влияние на износ и стойкость режущего инструмента оказывает скорость резания.

Общая зависимость стойкости инструмента T от скорости резания V представлена на рис.4.

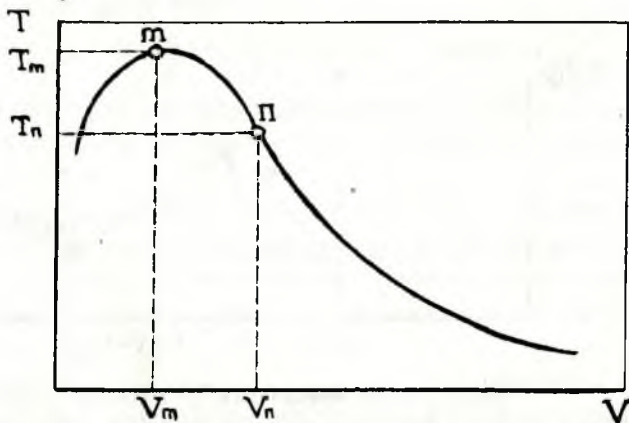


Рис.4. Зависимость стойкости инструмента от скорости резания.

Участок $V < V_m$ это область нерациональных режимов резания, которая может использоваться для обработки деталей с высокой точностью выполнения размеров и качеством полученной поверхности.

Участок $V_m < V < V_n$ – область рациональных режимов резания (компромис между производительностью и экономичностью обработки), часто используемая на автоматическом и автоматизированном оборудовании.

Участок $V > V_n$ – область производительных режимов резания, характерная для работы на универсальных металлорежущих станках.

Частная зависимость $T(V)$ при $V > V_n$ аппроксимируется уравнением Тейлора:

$$T = A/V^z \Rightarrow V = A^{1/z}/T^{1/z} \Rightarrow V = C/T^n \Rightarrow V \cdot T^n = C; \quad (7)$$

где $n=1/z$ – показатель относительной стойкости;

$C=A^{1/z}$ – постоянная Тейлора, зависящая от конкретных условий обработки.

Анализ зависимости $T(V)$ в простых координатах довольно затруднен, поэтому прибегают к ее линеализации путем логарифмирования правой и левой частей уравнения (7):

$$\lg T = \lg A - z \lg V \quad \text{или} \quad n \lg T = \lg C - \lg V.$$

Вид этой зависимости в логарифмических координатах представлен на рис. 5. Из графика можно найти:

-показатель степени $n = \text{ctg} \psi$;

-постоянную Тейлора C (при $T = 1 \Rightarrow \lg T = 0 \Rightarrow \lg V = \lg C \Rightarrow C = V$).

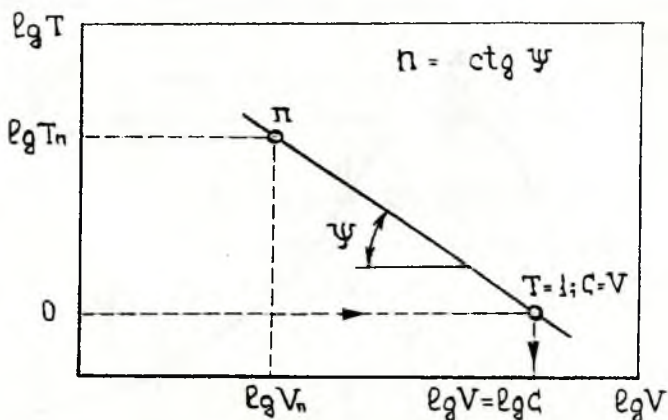


Рис.5. Частная зависимость $T(V)$ (уравнение Тейлора).

1.3. Ресурс режущего инструмента

Под ресурсом режущего инструмента понимают меру, равную или пропорциональную суммарному количеству годной продукции, обработанной режущим инструментом за срок его службы.

Суммарный ресурс инструмента R может быть выражен уравнением:

$$R = R_T (1 + i \xi); \quad (8)$$

где R_T – ресурс инструмента за период его стойкости T ;

i – число повторных переточек инструмента;

ξ – коэффициент, учитывающий возможное снижение ресурса после повторных переточек.

Мерой количественного выражения ресурса R_T в данной работе будем считать объем металла, срезанного с заготовки за время T :

$$R_T = V T S t; \quad (9)$$

или с учетом (7),

$$R_T = C T^{1-n} S t; \quad (10)$$

где t – глубина резания.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

2.1. Токарно – винторезный станок 1К62.

Экспериментальное исследование износа, стойкости и ресурса режущего инструмента на различных режимах обработки проводится обтачиванием заготовки на токарно-винторезном станке 1К 62.

2.2. Режущий инструмент и заготовка.

В качестве режущего инструмента используется проходной отогнутый токарный резец с режущей пластиной из твердого сплава **T15KB**. Заготовка выполнена из титанового сплава марки **BT**.

Такой выбор материала инструмента и заготовки обусловлен стремлением ускорить процесс износа лезвия для его исследования в рамках лабораторной работы. В реальных условиях производства для обеспечения максимальной стойкости и ресурса режущего инструмента материал лезвия и заготовки должен иметь различный химический состав.

2.3. Трехкомпонентный электроиндуктивный динамометр.

Для измерения величины силы резания в процессе износа резца при точении используется трехкомпонентный электроиндуктивный динамометр.

Его механическая часть представляет собой резцедержатель, закрепленный в корпусе с помощью упругих элементов.

В этом же корпусе в трех взаимно перпендикулярных направлениях установлены электроиндуктивные датчики, чувствительные элементы которых образуют с резцедержателем зазор 0,3 ... 0,5 мм.

Под действием силы резания, воспринимаемой резцедержателем, упругие элементы деформируются, изменяя зазор между резцедержателем и корпусом динамометра пропорционально действующей силе. Изменение зазора приводит к изменению индуктивного сопротивления датчиков, фиксируемому регистрирующей аппаратурой.

Изменение величины силы резания в процессе износа режущего инструмента контролируется по показаниям миллиамперметра с последующим их пересчетом по тарировочным графиком.

2.4. Инструментальный микроскоп МПБ-2.

Для измерения линейных параметров износа режущего лезвия инструмента используется инструментальный микроскоп **МПБ –2** (лупа Бринеля).

При проведении измерений соответствующая поверхность режущего лезвия **1** располагается в плоскости основания микроскопа **2**, как показано на рис. 6.

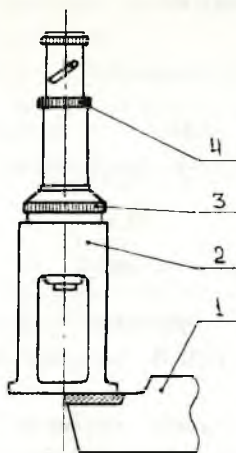


Рис. 6. Установка реза для измерения износа режущего лезвия микроскопом МИБ-2

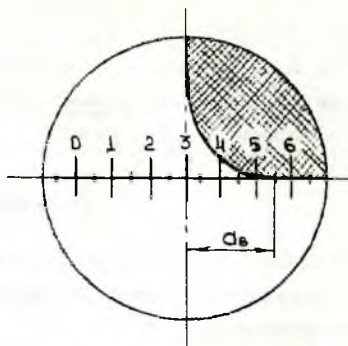


Рис.7. Схема измерения износа режущего лезвия микроскопом МИБ-2

Необходимая резкость изображения обеспечивается вращением объектива 3.

Вращением окуляра 4 достигается поворот измерительной шкалы до ее совмещения с выбранным направлением измерения геометрического размера, как показано на рис. 7.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

3.1. Экспериментальное исследование стойкости инструмента.

Перед проведением эксперимента в бланк отчета о выполнении лабораторной работы (см. Приложение) заносятся параметры заготовки, режущего инструмента и выбранных режимов резания.

В порядке очередности каждая бригада на заданном ей режиме обработки заготовки (определяемом числом оборотов шпинделя n [об/мин]) проводит измерения величины силы резания P [мА] через выбранный интервал времени ($\tau \sim 0,25$ мин.). Обработка заготовки продолжается до затупления реза, определяемого по одному из выбранных критериев износа, контролируемых визуально (резкое ухудшение качества обработанной поверхности детали; заметное увеличение темпа роста силы резания; покраснение стружки; и т.п.).

Результаты измерения полученные по показаниям *миллиамперметра* заносятся в отчет (см. таблица П.1. Приложения).

3.2. Обработка экспериментальных данных

По результатам измерения строятся кривые износа, аналогичные представленным на рис. 3. В качестве параметра износа вместо h используются значения величины силы резания $P[H]$, полученные в эксперименте. Для этого данные таблицы П.1. умножаются на градуировочный коэффициент μ (для 1 диапазона измерения окружной составляющей силы резания $\mu = 26,8 \text{ Н/мА}$):

$$P[H] = P[мА] \mu [Н/мА].$$

Полученные результаты используются для построения зависимости силы $P[H]$ от времени $\tau[\text{мин}]$ резания на рис. П.1.

Значения стойкости режущего инструмента, определяемые общим временем его работы на каждом из выбранных режимов, наносится на рис. П.2. По полученным точкам строится зависимость стойкости инструмента от скорости резания в логарифмических координатах. При этом скорость резания определяется по формуле:

$$V[\text{м/мин}] = n[\text{об/мин}] D[\text{мм}] / 1000,$$

где D – диаметр заготовки;

1000 - размерный коэффициент.

Графическим путем, как показано на рис. 5, определяются константы C и n в уравнении Тейлора (7).

После этого в уравнении Тейлора $VT^n=C$ константы C и n заменяются полученными числовыми значениями.

3.3. Измерение линейных параметров износа режущего лезвия

На рис. П.3. выполняется эскиз изношенной режущей пластины резца, аналогичный показанному на рис. 2.

С помощью инструментального микроскопа МПБ-2 производится измерение линейных параметров износа режущего лезвия в порядке, описанном в разделе 2.4.

Каждая бригада работает со своим резцом, изношенном на заданном ей режиме резания. Измеряются по два линейных параметра износа по каждому из трех направлений измерения:

- a_B и b_B со стороны передней поверхности (ПП);
- b_B и h_B со стороны главной задней поверхности (ГЗП);
- a_B и h_B со стороны вспомогательной задней поверхности (ВЗП).

В процессе измерений каждая из трех перечисленных поверхностей режущего лезвия поочередно располагается в плоскости основания инструментального микроскопа

Результаты измерений, выполненных одной бригадой, заносятся в одну из четырех таблиц П.2 ... П.5. Затем вычисляется среднее значение каждого размера a_B , b_B и h_B .

3.4. Расчет объемных параметров износа и ресурса режущего инструмента.

Объемный износ резца W на каждом из выбранных режимов резания при износе его вершины можно приближенно рассчитать по формуле (5) с использованием данных таблиц П.2 ... П.5 и известных геометрических характеристик режущей пластины:

$$W[\text{мм}^3] = a_B b_B h_B \sin(\pi - \varphi - \varphi_1) \cos(2\alpha + \gamma) / 4;$$

где- a_B, b_B, h_B - средние значения линейных параметров износа на каждом из режимов точения, [мм];

$\varphi, \varphi_1, \alpha$ и γ - углы заточки резца, [град]. Ресурс инструмента R_T за период его стойкости T рассчитывается по формуле (9):

$$R_T[10^3 \text{ мм}^3] = V[\text{м/мин}] T[\text{мин}] S[\text{мм/об}] t[\text{мм}];$$

где V, S и t - скорость, подача и глубина резания на каждом из режимов точения.

В качестве дополнительных параметров можно определить скорость объемного износа $\underline{W}[\text{мм}^3/\text{мин}] = W[\text{мм}^3]/T[\text{мин}]$ инструмента и приведенный ресурс $\bar{R}_T[10^3] = R_T[10^3 \text{ мм}^3]/W[\text{мм}^3]$, равный отношению объемов срезанного материала заготовки и материала изношенной части режущей пластины.

Полученные данные заносятся в таблицу П.6. На основании полученных результатов на рис. П.4. и П.5. строятся зависимости объемных параметров износа резца и его ресурса от скорости резания.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что такое износ режущего инструмента.
2. Визуально наблюдаемые признаки износа режущего инструмента.
3. Каким видам механической обработки соответствуют те или иные признаки износа.
4. Критерии (параметры) износа.
5. Факторы влияющие на износ режущего инструмента.
6. Механизмы износа.
7. Что такое стойкость режущего инструмента.
8. Характерные области режимов резания, описываемые зависимостью стойкости инструмента от скорости резания.
9. Общая и частная зависимости стойкости инструмента от скорости резания.
10. Уравнение Тейлора. Графический метод определения постоянных уравнения Тейлора.
11. Что такое ресурс режущего инструмента.
12. Связь между ресурсом и стойкостью инструмента.

Кафедра "Механическая
обработка материалов"

Студент _____
Группа _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Исследование износа, стойкости и ресурса
режущего инструмента при точении.

Заготовка: _____ D = _____ мм.
(материал) (диаметр)

Резец: _____
(тип, материал пластины)

$\varphi =$ _____ град. ; $\varphi_1 =$ _____ град. ; $\gamma =$ _____ град. ; $\alpha =$ _____ град.
(гл. угол в плане) (вспом. угол в плане) (передний угол) (гл. задний угол)

Режимы точения: S = _____ мм/об.; t = _____ мм;
(подача) (глубина резания)

$n_1 =$ _____ об./мин.; $n_2 =$ _____ об./мин.; $n_3 =$ _____ об./мин.; $n_4 =$ _____ об./мин..
(режим № 1) (режим № 2) (режим № 3) (режим № 4)

Таблица П.1

Результаты измерений силы резания P, мА

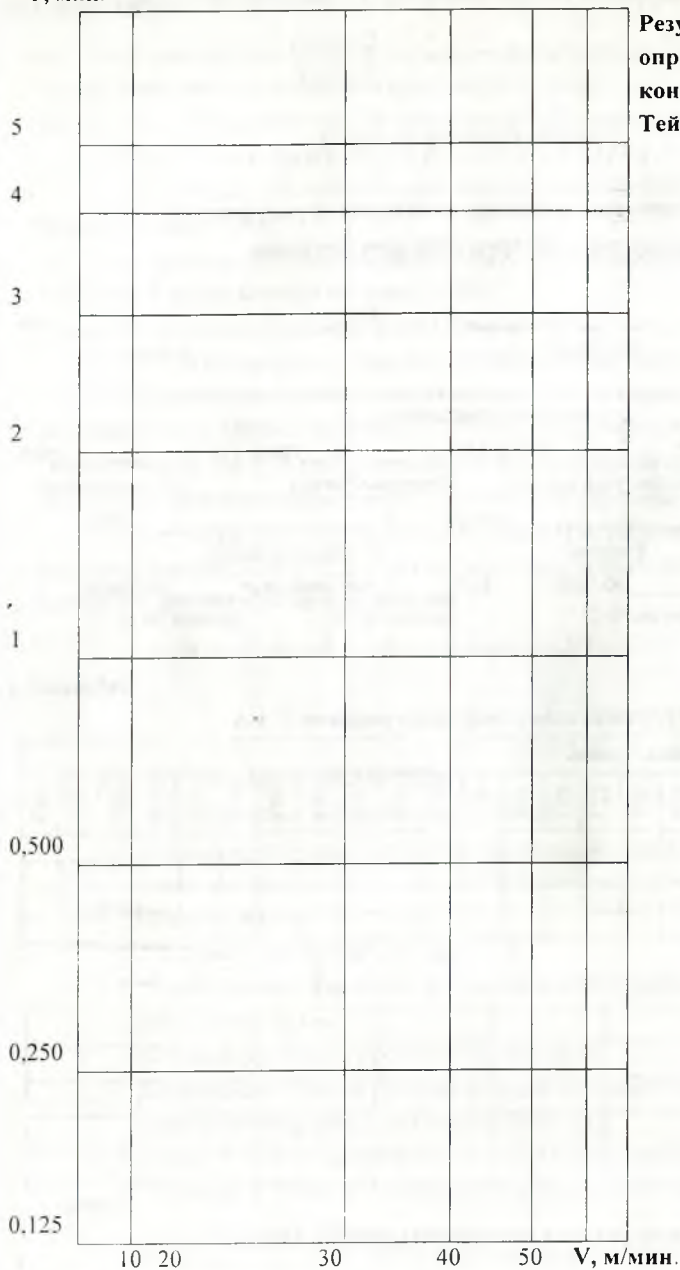
№ реж	V, м/мин.	Время резания τ , мин.																				
		0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	
1																						
2																						
3																						
4																						

P, н

τ , мин.

Рис. П. 1 Зависимость силы резания от времени (кривые износа)

T, мин.



Результаты графического
определения величины
констант в уравнении
Тейлора:

Рис. П. 2. Зависимость стойкости режущего инструмента от скорости резания.

Рис. П. 3 Эскиз изношенной режущей пластины.

Результаты измерений линейных параметров износа резца со стороны:

- передней поверхности (ПП);
- главной задней поверхности (ГЗП);
- вспомогательной задней поверхности (ВЗП).

Таблица П. 2
Режим № 1

Раз-мер	Раз-мерн.	ПП	ГЗП	ВЗП	Сред.
a_n	мм		-		
b_n	мм			-	
h_n	мм	-			

Таблица П. 4

Режим № 3

Раз-мер	Раз-мерн.	ПП	ГЗП	ВЗП	Сред.
a_n	мм		-		
b_n	мм			-	
h_n	мм	-			

Таблица П. 3
Режим № 2

Раз-мер	Раз-мерн.	ПП	ГЗП	ВЗП	Сред.
a_n	мм		-		
b_n	мм			-	
h_n	мм	-			

Таблица П. 5

Режим № 4

Раз-мер	Раз-мерн.	ПП	ГЗП	ВЗП	Сред.
a_n	мм		-		
b_n	мм			-	
h_n	мм	-			

Порядок расчета объемных параметров износа и ресурса резца:

Таблица П. 6

Результаты расчета объемных параметров износа и ресурса резца

№ реж.	V	T			W	\bar{W}	R _T	\bar{R}_T
-	м/мин.	мин.			мм ³	мм ³ /мин.	10 ³ мм ³	10 ³
1								
2								
3								
4								

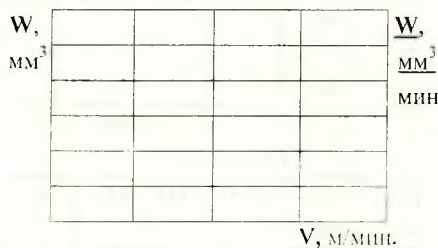


Рис. П.4 Зависимость износа резца от скорости резания.

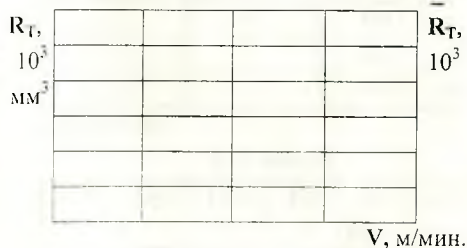


Рис. П.5 Зависимость ресурса резца от скорости резания.

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА, СТОЙКОСТИ
И РЕСУРСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ПРИ ТОЧЕНИИ

Методические указания к лабораторной работе

Составители: М.В. Винокуров

М.Б. Сазонов

Самарский государственный аэрокосмический университет,
имени академика С.П.Королева.

443086 Самара, Московское шоссе, 34