

УДК 621.941.02-229

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ

канд. тех. наук, доц. А.М. ДОЛГИХ; А.И. ЗАБАГОНСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Представлена методика определения предельно допустимых режимов резания для металлорежущего инструмента. Методика основана на проведении предварительных испытаний исследуемого инструмента на жесткость. На основе полученных данных по жесткости исследуемого инструмента и результатов расчетов с учетом предполагаемой схемы закрепления обрабатываемой заготовки делается вывод о целесообразности его применения для определенного вида обработки (чернового или чистового точения). Показано, что рассматриваемая методика полезна при проектировании режущего инструмента в зависимости от реальных значений податливости (жесткости) конструкции при определении наиболее рациональной области применения инструмента.

Ключевые слова: режимы резания, металлорежущий инструмент, схемы закрепления заготовки, жесткость, податливость.

Механическая обработка в машиностроении имеет существенное значение. При определении предельно допустимых режимов обработки для режущих инструментов следует разработать методику прогнозирования по принятому техническому критерию. Определяют технические нормы времени на технологический переход или операцию на основе расчетов режимов резания и возможностей режущего инструмента, технологической оснастки. В данных расчетах предполагается более удобный способ от обратного: зная силу резания, вылет резца из резцедержателя и диаметр заготовки, можно судить об отклонении резца (его жесткости), что, в свою очередь, скажется на качестве получаемой поверхности.

В резцах для наружного точения согласно стандарту ISO предусмотрено четыре типа механического крепления многогранных неперетачиваемых пластин [1; 2]: для пластин без отверстия с помощью унифицированного прихвата; с помощью клина-прихвата; посредством L-образного рычага и специальным винтом через центральное отверстие пластины. Все эти типы крепления инструмента представлены в системах токарных инструментов ведущих зарубежных инструментальных фирм и в отечественных токарных инструментах.

С целью облегчения выбора типа резца для конкретной операции фирмой Sandvik Coromant произведена оценка их пригодности для различных видов обработки по 5-балльной шкале [3]. Балл 5 соответствует наибольшей целесообразности, убывающей по мере уменьшения этого показателя до 1.

В таблице 1 приведены баллы, определяющие целесообразность использования разных типов крепления сменных пластин в резцах для различных видов обработки.

Таблица 1 – Выбор типа резца

Вид обработки	Баллы целесообразности при следующих типах крепления			
	прихватом	клин-прихватом	L-образным рычагом	винтом
Черновое наружное точение	2	4	5	2
Чистовое наружное точение	4	4	4	5

Выбор режимов резания производится после определения характера обработки и подбора определенной сменной пластины для выбранного типа резца.

При выполнении операций чернового точения мощность станка, а также форма стружки зачастую оказываются ограничивающими факторами [4]. Экономически наиболее оправданными режимами резания, обеспечивающими максимальный съем металла в единицу времени, являются большая подача и низкая скорость резания, с учетом ограничивавших факторов.

При выборе подачи для чистовых операций необходимо учитывать требования к качеству получаемой поверхности, размерный допуск и форму стружки. Шероховатость поверхности зависит от соотношения подачи и радиуса округления вершины резца, а также от жесткости заготовки, зажимного приспособления и общего состояния станка. При полустивом точении рекомендуются следующие значения подачи и величины снимаемого припуска: $S = 0,2 \dots 0,5$ мм/об, $a = 2,0 \dots 4,0$ мм; при чистовом точении $S = 0,1 \dots 0,3$ мм/об, $a = 0,5 \dots 2,0$ мм; при тонком чистовом точении $S = 0,05 \dots 0,15$ мм/об, $a = 0,25 \dots 2,0$ мм.

Для определения предельно допустимых значений параметров процесса резания производим расчет с учетом допустимой точности обработки. Радиальная составляющая силы резания P_r может вызы-

вать продольный изгиб заготовки. Поэтому необходима проверка жесткости обрабатываемой детали, которая проводится исходя из условий обеспечения точности обработки.

Максимальное усилие резания, допускаемое жесткостью заготовок, определяется по формуле [5]:

$$[P_y] = f \cdot \frac{k \cdot E \cdot I}{L_d^3}, \text{ Н,}$$

где f – допустимая стрела прогиба детали, мм, ($f = 0,1 \dots 0,2$ при черновом точении; $f = 0,1$ при получистовом точении); k – коэффициент продольной упругости, зависящий от способа установки детали ($k = 3$ – деталь закреплена в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне; $k = 70$ – деталь закреплена в центрах; $k = 130$ – деталь закреплена в патроне с поджатием задним центром); E – модуль продольной упругости, МПа; D – диаметр заготовки, мм; I – момент инерции поперечного сечения детали (круга), мм⁴; L_d – длина детали (заготовки), мм.

Если условие $P_y \leq [P_y]$ не выполняется, необходимо изменить схему закрепления детали, уменьшить глубину резания, величину подачи, изменить геометрические параметры режущего инструмента.

При выполнении расчетов использовали одну из наиболее часто применяемых в практике металлообработки сталь 45 (ГОСТ 1050). Результаты выполненных расчетов сведены в таблицы 2–5.

Расчетные значения предельных значений параметров процесса резания в зависимости от способа закрепления

1. Закрепление заготовки в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне без поджатия задним центром

Таблица 2 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	309241,4	38655,2	11453,4	4831,9	2473,9	1431,7	901,6
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 3 – Значения, полученные при изменении диаметра заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	1979,1	4831,9	10019,4	18562,2	31666,3	50723,3	77310,4
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

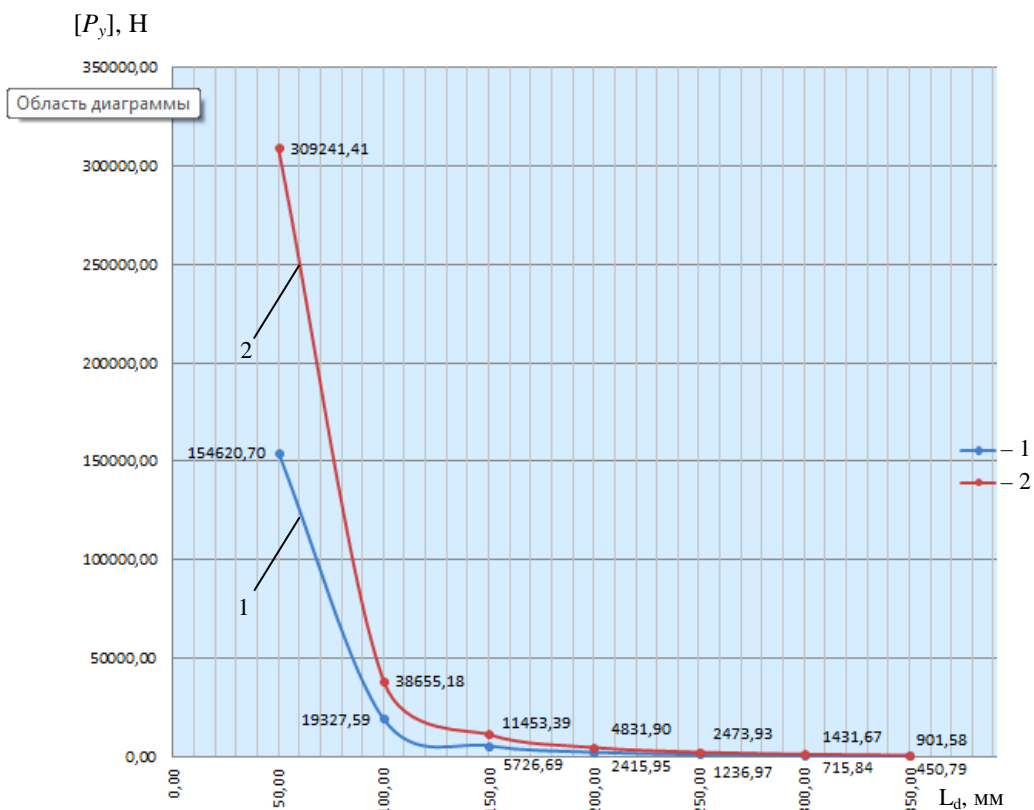
Таблица 4 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при получистовом точении

	$[P_y]$, Н	154620,7	19327,6	5726,7	2415,9	1237,0	715,8	450,8
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 5 – Значения, полученные при изменении диаметра заготовки при получистовом точении

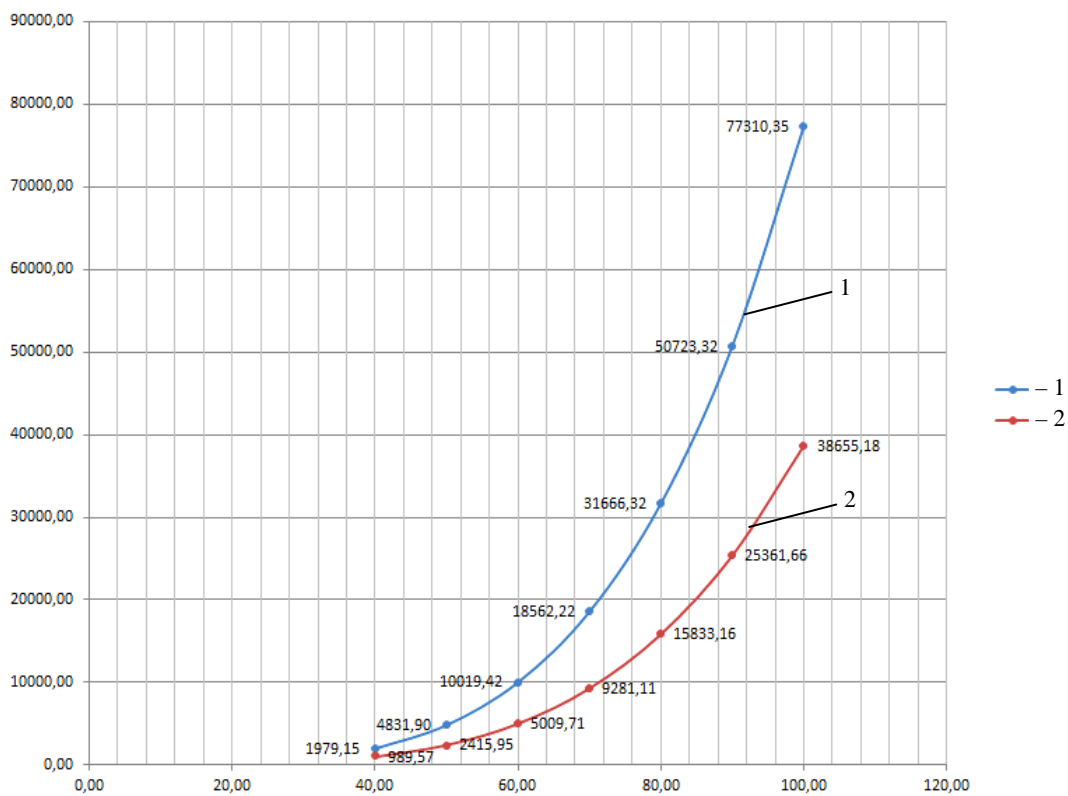
	$[P_y]$, Н	989,6	2415,9	5009,7	9281,1	15833,2	25361,7	38655,2
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

Для наглядности полученные данные проиллюстрируем на рисунках 1 и 2.



1 – получистовая обработка; 2 – черновая обработка

Рисунок 1. – Изменение допустимой силы резания при изменении длины заготовки



1 – черновая обработка; 2 – чистовая обработка

Рисунок 2. – Изменение допустимой силы резания $[P_y]$ при изменении диаметра заготовки

Анализ результатов проведенных расчетов показал, что при увеличении длины заготовки (длины вылета заготовки) жесткость значительно падает, при этом можно заметить, что самый большой спад приходится на первый участок, где при длине 50 мм заготовка имеет наибольшую жесткость.

При увеличении диаметра заготовки наблюдается следующая ситуация: при наименьшем значении диаметра, равном 40 мм, жесткость минимальна, но при увеличении диаметра до 100 мм жесткость достигает больших значений.

2. Закрепление заготовки в центрах

Таблица 6 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	7215632,8	901954,1	267245,7	112744,3	57725,1	33405,7	21036,8
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 7 – Значения, полученные при изменении диаметра заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	46180,1	112744,3	233786,5	433118,4	738880,8	1183544,2	1803908,2
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

Таблица 8 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при полустачковом точении

	$[P_y]$, Н	3607816,4	450977,1	133622,8	56372,1	28862,5	16702,9	10518,4
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 9 – Значения, полученные при изменении диаметра детали (заготовки) при полустачковом точении

	$[P_y]$, Н	23090,0	56372,1	116893,3	216559,2	369440,4	591772,1	901954,1
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

3. Закрепление заготовки в патроне с поджатием задним центром

Таблица 10 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	13400460,9	1675057,6	496313,4	209382,2	107203,7	62039,2	39068,4
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 11 – Значения, полученные при изменении диаметра заготовки при черновом точении

	$[P_y]$, Н	85763,0	209382,2	434174,9	804362,7	1372207,2	2198010,6	3350115,2
	f	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	k	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

Таблица 12 – Значения, полученные при изменении длины заготовки при получистовом точении

	$[P_y]$, Н	6700230,5	837528,8	248156,7	104691,1	53601,8	31019,6	19534,2
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
	D , мм	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
	I , мм	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1	306787,1
var-	L_d	50,0	100,0	150,0	200,0	250,0	300,0	350,0

Таблица 13 – Значения, полученные при изменении диаметра заготовки при получистовом точении

	$[P_y]$, Н	42881,5	104691,1	217087,5	402181,3	686103,6	1099005,3	1675057,6
	f	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	k	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0	130,0
	E , МПа	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0	210000,0
var-	D , мм	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
	I , мм	125660,0	306787,1	636153,8	1178553,4	2010560,0	3220528,4	4908593,8
	L_d	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0

Оценка целесообразности применения соответствующих режущих инструментов наиболее часто производится по качественным показателям. С этой точки зрения наибольший интерес представляет разработка четких технических критериев оценки эффективности области наиболее рационального применения режущего инструмента.

Алгоритм проведения испытаний на жесткость (податливость) представлен на рисунке 3.

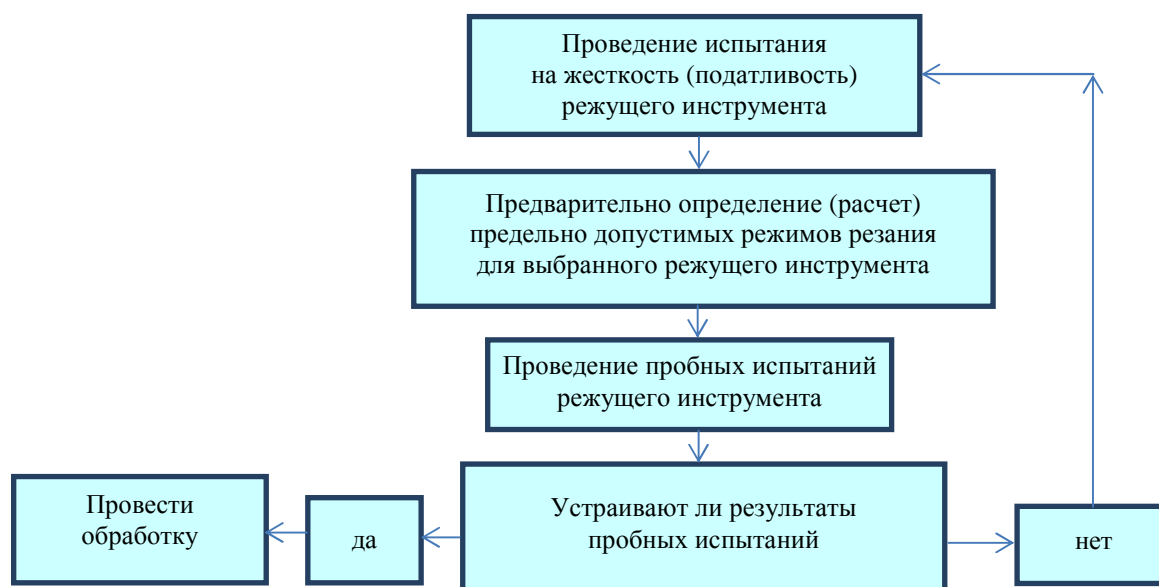


Рисунок 3. – Алгоритм проведения испытаний на жесткость

Анализируя результаты проведенного исследования, можно утверждать, что расчет параметров режимов резания, основанный на данных практического замера податливости конкретного инструмента,

позволит определить предельно допустимые значения режимов резания для рассматриваемого вида обработки (чернового, полукристового точения и др.).

Расчет предельно допустимых режимов резания произведен для наиболее распространенных (типовых) схем базирования заготовок:

- в трехкулачковом самоцентрирующемся патроне без поджатия задним центром);
- в переднем и заднем центрах;
- в самоцентрирующемся патроне с поджатием задним центром.

Исходя из рациональной области работы конкретного режущего инструмента разработанной конструкции, даны рекомендации по его практическому применению.

Выводы:

1. Качественная оценка рабочих характеристик металлорежущего инструмента в ряде случаев не позволяет определить границу и области их наиболее рационального применения.

2. Количественная оценка, основанная на данных аналитического расчета или экспериментальных замеров рабочих характеристик металлорежущего инструмента, наиболее предпочтительна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев, А.Д. Выбор, эксплуатация и организация внедрения резцов со сменными пластинами : метод. рекомендации / А.Д. Локтев, В.С. Гузенко, А.Я. Музыкант. – М. : ВНИИТЭМР, 1987. – 88 с.
2. Прогрессивный металлорежущий инструмент. – М. : ВНИИТЭМР, 1991. – Ч. 1 : Резцы. – 136 с.
3. Громаков, К.Г. Современные конструкции сборного инструмента с многогранными неперетачиваемыми пластинами / К.Г. Громаков. – М. : НИИМАШ, 1979. – 26 с.
4. Мальцев, О.С. Сборный режущий инструмент для чернового точения : экспресс-информация / О.С. Мальцев, Н.И. Чаркин. – М. : ВНИИТЭМР, 1988. – Серия 2. – Вып. 5. – С. 4–8.
5. Нефедов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – М. : Машиностроение, 1984. – 100 с.

Поступила 17.06.2016

**METHOD FOR DETERMINING MAXIMUM PERMISSIBLE
PARAMETERS OF MACHINING**

A. DOLGIH, A. ZABAGONSKYI

A procedure for determining the maximum permissible cutting conditions for cutting tools. The technique is based on the conduct of investigated tool of preliminary tests on stiffness. On the basis of the test instrument and the calculation results obtained by the the stiffness data scientists, that the alleged scheme securing the workpiece conclusion about expediency of its application for a specific type of processing (roughing and finish turning). It is shown that the technique is useful in the design of the cutting tool depend-ing on the real values of compliance (stiffness) of the structure in determining most rational areas of application tool.

Keywords: cutting conditions, cutting tool, diagrams of material handling, stiffness, ductility.