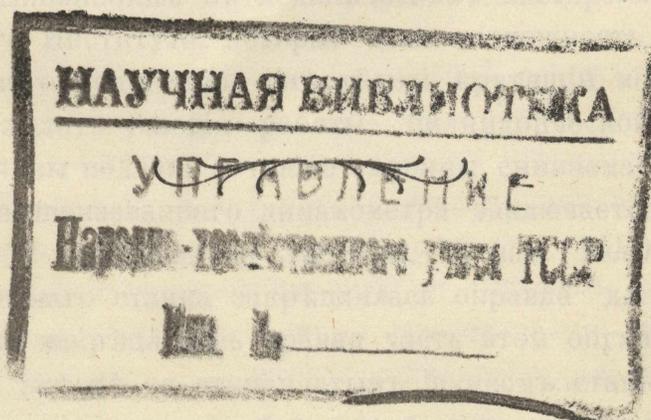


О ВЛІЯНІИ

ПОДАЧИ

НА КОЭФФИЦІЕНТЪ РѢЗАНІЯ МЕТАЛЛОВЪ.

Т. И. Тихоновъ.



ТОМСКЪ.

Типо-литогр. Сибирскаго Т-ва Печати. Дѣла, уг. Дворянск. ул. и Ямск. пер. с. л.

1912.



О вліяніі подачи на коэффиціентъ рѣзанія металловъ.

Во время производства изслѣдованій о коэффиціентѣ рѣзанія металловъ, опубликованныхъ мною въ 1910 году, *) была замѣчена зависимость между подачей и коэффиціентомъ рѣзанія металловъ. По наблюденіямъ, полученнымъ въ 1910 году, слѣдовало, что выгоднѣе работать съ большей подачей при одной и той же скорости. Для провѣрки указанной зависимости мною въ механическихъ мастерскихъ Томскаго Технологическаго Института въ 1912 году были организованы новыя наблюденія по опредѣленію зависимости коэффиціента рѣзанія металловъ отъ подачи рѣзца, при чемъ производство этихъ наблюденій производилось на фрезерномъ, токарномъ и строгальномъ станкѣ. Въ производствѣ самихъ наблюденій принимали участіе четыре студента Института.

Для первыхъ изслѣдованій была взята обычной конструкціи цилиндрическая фреза, а самыя изслѣдованія производились на обычномъ универсально-фрезерномъ станкѣ съ приводомъ отъ отдѣльнаго электромотора.

Приборомъ для измѣренія давленія на рѣзецъ служилъ довольно простой конструкціи „масляный динамометръ“, для этой цѣли спроектированный и выполненный въ механическихъ мастерскихъ Томскаго Технологическаго Института, который далъ возможность при помощи діаграммъ обычнаго индикатора опредѣлить крутящій моментъ фрезы и по нему прослѣдить условія работы цилиндрической фрезы при измѣненіи величины подачи, а также глубины снимаемого слоя.

Устройство вышеназваннаго динамометра заключается въ слѣдующемъ (фиг. 1 и 2 прилагаемой таблицы, $\frac{1}{3}$ нат. вел.): въ полумъ шпиндель фрезернаго станка закрѣплялась оправка для фрезы. Въ шпиндель станка закрѣплялась правая часть этой оправки неподвижно и вращалась вмѣстѣ со ступенчатымъ шкивомъ станка; эта правая часть оправки оканчивалась особой вилкой, при помощи которой передавалось усиліе отъ ремня станка поршнямъ гидравлическихъ цилиндровъ (1,2), составляющихъ одно цѣлое съ цилиндрической оправкой, на которую закрѣплялась испытуемая фреза (3).

*) см. «Извѣстія Томскаго Технологическаго Института» за 1910 г.

Подъ поршни гидравлическихъ цилиндровъ наливалось масло, а воздухъ тщательно удалялся изъ подъ поршней цилиндровъ (1,2). Оправка фрезы внутри имѣетъ каналъ (5), соединяющійся особыми трубками съ масляными цилиндрами прибора (1,2), и одновременно указанный каналъ (5) соединяется съ поршнемъ индикатора. Цилиндрическая часть оправки, на которой сидитъ фреза, въ отношеніи правой части оправки (вилки) можетъ вращаться, но соединеніе въ одно цѣлое со шпинделемъ станка (обоихъ половинокъ оправки) происходитъ только черезъ поршни масляныхъ цилиндровъ. Такимъ образомъ усиліе, преодолеваемое фрезой при работѣ, вызываетъ определенное давленіе на масло подъ поршнями цилиндровъ (1,2), а масло изъ послѣднихъ черезъ каналъ (5) дѣйствуетъ на поршень индикатора. Брусокъ (12), съ котораго снималась стружка, былъ закрѣпленъ на столѣ станка при помощи простыхъ упоровъ. Для полученія діаграммы на индикаторѣ, рядомъ съ фрезой на оправкѣ послѣдней былъ закрѣпленъ особый барабанъ (4) съ спиральной выточкой (11). Длина той части (4) барабана, гдѣ имѣлась выточка, была меньше окружности индикатора. Въ спиральной выемкѣ барабана (4) могъ при нажатіи перемѣщаться штифтъ (10), составляющій одно цѣлое съ косымъ плоскимъ рычагомъ (8). Послѣдній со своей цилиндрической направляющей можетъ перемѣщаться продольно оправки фрезы въ пазахъ особыхъ захватокъ (7,7), на которыхъ рычагъ (8) подвѣшенъ къ косому колѣну станка. Къ концу (9) цилиндрическаго стержня рычага (8) прикрѣпляется конецъ шнура индикатора.

Ислѣдованія производились какъ надъ вязкимъ металломъ—мартеновскимъ желѣзомъ, такъ и надъ хрупкимъ чугуномъ и твердой бронзой

Скорость вращенія фрезы въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ мѣнялась 3 раза: $n_1 = 12$ обор. въ мин.; $n_2 = 20$; $n_3 = 32$. Подача въ предѣлахъ одной скорости вращенія фрезы мѣнялось 4 раза. Толщина снимаемаго слоя принималась равной 1 mm., 2 mm., 3 mm., и 4 mm. Общее число всѣхъ снятыхъ діаграммъ было значительно, но для полученія общихъ выводовъ по данному вопросу для подсчета бралось по 2 діаграммы, изъ которыхъ вычислялись среднія индикаторныя давленія для каждаго отдѣльнаго случая.

Результаты всѣхъ вычисленій помѣщены въ нижеслѣдующихъ таблицахъ. Масштабъ индикаторныхъ пружинъ брался: для желѣза отъ 1 mm. до 3 mm. включительно 20 mm. = 1 kg., для желѣза въ 4 mm. и для чугуна и бронзы—12 mm. = 1 kg.

1. Результаты изслѣдованій работы фрезы надъ желѣзомъ съ угломъ рѣзанія рѣзцовъ фрезы 90°

Таблица I средн. индикаторн. давленій на кажд. діагр. въ kg./qmm.

Толщина сним. слоя.	Число обор. фрезы въ м.	П о д а ч а в ъ мм. въ секунду.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
1 mm.	12	0,53	0,61		0,66		0,73						
	20			0,63		0,73		0,87	0,89				
	32						0,68			0,75	0,82	0,90	
2 mm.	12	0,59	0,65		0,72		0,83						
	20			0,59		0,66		0,79	0,87				
	32						0,55			0,66	0,75	0,90	
3 mm.	12	0,76	0,89		1,02		1,23						
	20			0,73		0,88		1,10	1,18				
	32						0,74			0,93	1,05	1,18	
4 mm.	12	1,01	1,08		1,45		1,64						
	20			0,91		1,25		1,37	1,72				
	32						0,92			1,26	1,44	1,72	

Если теперь изъ полученныхъ среднихъ индикаторныхъ давленій для каждой подачи вычесть давленіе, вызываемое треніемъ въ приборѣ, то получится абсолютное давленіе, зависящее отъ сопротивленія рѣзанія фрезы. Давленіе, вызываемое треніемъ, принято = 0,13 kg.

Таблица II абсолютныхъ индикаторныхъ давленій въ kg/qmm.

1 mm.	12	0,40	0,48		0,63		0,60						
	20			0,50		0,60		0,74	0,76	0,62			
	32						0,55				0,69	0,77	
2 mm.	12	0,46	0,52		0,59		0,70						
	20			0,46		0,53		0,66	0,74				
	32						0,42			0,53	0,62	0,77	
3 mm.	12	0,63	0,76		0,89		1,10						
	20			0,60		0,75		0,97	1,06				
	32						0,61			0,79	0,92	1,05	
4 mm.	12	0,88	0,95		1,32		1,51						
	20			0,78		1,12		1,24	1,59				
	32						0,79			1,13	1,31	1,59	

При помощи полученныхъ въ исправленномъ видѣ среднихъ индикаторныхъ давленій можно вычислить моменты, дѣйствующие на поршни маслянаго прибора.

Имѣется слѣдующее уравненіе:

$$M = l \cdot S \cdot p_i, \text{ гдѣ}$$

M —моментъ, дѣйствующій на поршни;

l —плечо между поршнями=разстоянію между осями поршней=200 mm;

S —площадь поршня: $S = \frac{\pi d^2}{4}$, гдѣ $d = 4,5$ см.,

слѣдовательно, площадь поршня $S = \frac{\pi 4,5^2}{4} = 15,806$ см²,

p_i —среднее индикаторное давленіе въ kg/cm².; отсюда:

$$M = 200 \cdot 15,86 \cdot p_i = 3172 \cdot p_i$$

$$M = 3172 \cdot p_i.$$

Вычисленные по выведенному уравненію моменты помѣщены въ таблицѣ III.

Таблица III моментовъ на поршни въ kgmm.

Глубина рѣзака.	Число обор. фрез. въ мин.	П о д а ч а в ъ mm. въ секунду.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
1 mm.	12	1268,8	1520		1680		1903,2						
	20			1586		1903,2			2347,3	2410,7			
	32						1744,6				1964	2180	2440
2 mm.	12	1469	1650		1872		2220						
	20			1459		1683			2098	2350			
	32						1331				1680	1966	2440
3 mm.	12	1993	2410,7		2820		3480						
	20			1903		2368			2890	3320			
	32						1930				2496	2915	3320
4 mm.	12	2790	3015		4180		4780						
	20			2478		3550			3930	5040			
	32						2503				3580	4155	5040

При помощи полученныхъ моментовъ можно опредѣлить окружныя усилія на рѣзцахъ фрезы, находящихся въ каждый данный моментъ въ работѣ. Для этого мы имѣемъ:

$$M = W \cdot r, \text{ или } W = \frac{M}{r}, \text{ гдѣ}$$

W —окружное усиліе;

M — моментъ на поршни прибора,
 r — наружный радіусъ фрезы = 50 mm, но такъ какъ $r = 1$ mm

$$M = 3172 p_i, \text{ то } W = 3172.0,02.p_i.$$

Результаты произведенныхъ вычисленій помѣщены въ таблицѣ IV.
 Таблица IV окружн. усилій, дѣйствующихъ на рѣзецъ фрезы, въ kg/qmm.

Глубина рѣзанія.	Число обо- ротовъ фре- зы въ мин.	П о д а ч а в ъ mm въ секунду.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
1 mm.	12	25,37	30,40		33,6		38,06						
	20			31,72		38,06			44,86	42,21			
	32						34,88				39,28	43,60	48,80
2 mm.	12	29,38	33,00		37,44		44,40						
	20			29,10		33,66			41,96	47,00			
	32						26,62				33,60	39,30	48,80
3 mm.	12	39,86	48,21		56,40		69,60						
	20			38,06		47,36			57,80	64,40			
	32						38,60				49,92	59,30	66,40
4 mm.	12	55,80	60,30		89,60		95,10						
	20			49,56		71,00			78,60	100,80			
	32						50,06				71,60	82,10	100,80

Далѣе, опредѣлимъ число зубцовъ фрезы, принимающихъ одновре-
 менно участие при сниманіи каждой толщины слоя. Имѣемъ на черте-
 жѣ (фиг. 3): D — наружный діаметръ фрезы, d — толщина снимаемого
 слоя, ψ — уголъ, соотвѣтствующій части окружности фрезы съ зубцами,
 одновременно снимающими слой толщины d . Уголъ α , соотвѣтствующій
 одному зубцу фрезы (при числѣ всѣхъ зубцовъ фрезъ = 22), опре-
 дѣляется слѣдующимъ образомъ:

$$\alpha = \frac{360}{22} = 16^{\circ}21'49''.$$

Уголъ ψ_1 , соотвѣтствующій толщинѣ снимаемого слоя $d = 1$ mm,
 опредѣлится изъ уравненія

$$\frac{D}{2} - d = \cos \psi \cdot \frac{D}{2} \text{ или } \cos \psi = \frac{\frac{D}{2} - d}{\frac{D}{2}}; \frac{D}{2} = 50 \text{ mm. Для } d = 1 \text{ mm;}$$

$$\cos \psi_1 = \frac{50 - 1}{50} = 0,98, \text{ отсюда } \psi_1 = 11^{\circ}30'.$$

При сравненіи α и φ_1 видно, что при толщинѣ снимаемаго слоя $d = 1$ mm. въ работѣ принимаетъ участіе въ каждый данный моментъ только одинъ зубъ фрезы.

Для $d = 2$ mm

$$\cos \psi = \frac{50 - 2}{50} = 0,96; \psi_2 = 16^{\circ}15'.$$

Въ работѣ въ каждый данный моментъ принимаетъ участіе также только одинъ зубъ.

Для $d = 3$ mm.

$$\cos \psi_2 = \frac{50 - 3}{50} = 0,94;$$

$$\text{отсюда } \psi_3 = 19^{\circ}55'.$$

Здѣсь изъ сравненія α и ψ_3 ясно, что въ каждый данный моментъ принимаютъ участіе 2 зубца фрезы; уголъ, соответствующій второму зубцу фрезы, $\psi_3' = \psi_3 - \alpha = 19^{\circ}55' - 16^{\circ}21'49'' = 3^{\circ}33'11''$; соответствующій $\cos \psi_3' = 0,9981$. Толщина слоя d_3' , снимаемаго 2-мъ зубомъ опредѣ-

лится изъ уравненія: $\cos \psi_3' = \frac{\frac{D}{2} - d_3'}{D/2}$, или $d_3' = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \psi_3' = 0,095$

mm. Для толщины снимаемаго слоя $d = 4$ mm. уголъ ψ_4 опредѣлится изъ уравненія:

$$\cos \psi_4 = \frac{D/2 - d_4}{D/2} = \frac{50 - 4}{50} = 0,92; \text{отсюда}$$

$$\psi_4 = 23^{\circ}5'.$$

Въ этомъ случаѣ, при сравненіи α и ψ_4 , слѣдуетъ, что въ работѣ одновременно участвуютъ два зубца фрезы. Уголъ, соответствующій второму зубцу, $\psi_4' = \psi_4 - \alpha = 23^{\circ}5' - 16^{\circ}21'49''$; $\psi_4' = 6^{\circ}53'11''$; соответствующій $\cos 6^{\circ}53'11'' = 0,9928$.

Толщина слоя, снимаемаго вторымъ зубцомъ,

$$d_4' = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \psi_4' = 50 - 50 \cdot 0,9928 = 0,36 \text{ mm.}$$

Для опредѣленія толщины стружки, снимаемой однимъ зубцомъ фрезы, имѣемъ чертежъ (4), на которомъ $bcfiae$ представляетъ стружку, снимаемую однимъ зубцомъ фрезы, $D/2$ —радіусъ фрезы, d —толщину слоя.

Для расчета необходимо допустить, что въ то время, когда зубъ фрезы снимаетъ стружку $bcfiae$, сама фреза перемѣстится на величину mm_1 , равную величинѣ подачи на одинъ зубъ фрезы, и что кривая ebf внѣшняго очертанія есть дуга радіуса $= D/2$; въ такомъ случаѣ, толщина стружки для нѣкотораго положенія, соответствующаго углу y , представляется такъ:

$$X = ac \cdot \sin y, \text{ гдѣ } ae = mm_1.$$

Если Z —число работающихъ зубьевъ,
 n —число оборотовъ фрезы въ 1 минуту,
 v —скорость подачи въ mm sec^{-1} , то

$$ac = \frac{60}{n} \cdot \frac{v}{Z}; \text{ слѣдовательно, } X = \frac{60}{n} \cdot \frac{v}{z} \cdot \sin y.$$

Но наибольшая толщина стружки δ будетъ тогда когда $y = \psi$, т. е.

$$\delta = \frac{60}{n} \cdot \frac{v}{Z} \sin \psi; \text{ для толщины снимаемаго слоя } d$$

$$\cos \psi = \frac{D/2 - d}{D/2}, \quad \sin \psi = \sqrt{1 - \cos^2 \psi} = \sqrt{4 \left(\frac{d}{D} - \frac{D^2}{d^2} \right)}$$

Тогда величина толщины стружки, снимаемой однимъ зубомъ, выразится такъ:

$$\delta = \frac{2.60}{n} \cdot \frac{v}{Z} \cdot \sqrt{\frac{d}{D} - \frac{D^2}{d^2}}.$$

Эту формулу можно въ предѣлахъ одного и того же числа оборотовъ фрезы n и одной толщины снимаемаго слоя упростить и представить δ какъ функцію отъ скорости подачи v .

I. При толщинѣ снимаемаго слоя $d = 1 \text{ mm}$. въ работѣ, какъ уже извѣстно, въ каждый данный моментъ участвуетъ одинъ зубъ фрезы. Толщина стружки опредѣлится по формулѣ:

$$\delta = \frac{2.60}{n \cdot Z} v \cdot \sqrt{\frac{1}{D} - \frac{1}{D^2}} = \frac{2.60}{n} \cdot \frac{v}{Z} \sqrt{\frac{1}{100} - \frac{1}{100^2}}.$$

Число оборотовъ n на протяженіи нашихъ изслѣдованій мы мѣняли 3 раза: $n_1 = 12$; $n_2 = 20$; $n_3 = 32$.

$$\alpha) n_1 = 12; \text{ вмѣсто } Z = \frac{12}{60} 2,2 = 4,4;$$

$$\delta = \left\{ \frac{2.60}{12} \cdot \frac{1}{4,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{1(100 - 1)} \right\} \cdot v \text{ или, упростивъ это выраженіе,}$$

$$\delta = 0,226 v.$$

При помощи столь простой формулы мы свободно опредѣлимъ δ для каждой отдачи v при $n_1 = 12$

v	0,018	0,023	0,031	0,041
δ	0,00407	0,00520	0,00700	0,0093

$$\beta) n_2 = 20; \text{ вмѣсто } Z = \frac{20.22}{60} = 7,4$$

$$\delta = \left\{ \frac{2.60}{20} \cdot \frac{1}{7,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{1(100-1)} \right\} \cdot v = 0,081 v.$$

v	0,027	0,039	0,052	0,056
δ	0,0022	0,0032	0,0042	0,0046

$$\gamma) n_3 = 32; \text{ вмѣсто } Z = \frac{32.22}{60} = 11,7; \text{ тогда}$$

$$\delta = \left\{ \frac{2.60}{32} \cdot \frac{1}{11,7} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{1(100-1)} \right\} \cdot v = 0,032 v.$$

v	0,044	0,062	0,084	0,110
δ	0,0014	0,0020	0,0027	0,0046

II. При толщинѣ снимаемаго слоя $d = 2$ мм. въ работѣ въ каждый данный моментъ участвуетъ одинъ зубъ фрезы. Толщина стружки, снимаемой однимъ зубомъ, опредѣлится по выше выведенной формулѣ

$$\delta_2 = \left\{ \frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{d}{D} - \frac{d^2}{D^2}} \right\} v;$$

$$\alpha) n_1 = 12; \delta_2 = \left[\frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{4,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{2(100-2)} \right] v = 0,327 v.$$

v	0,018	0,023	0,031	0,041
δ	0,0056	0,0073	0,0105	0,0134

$$\beta) n_2 = 20:$$

$$\delta_2 = \left[\frac{2.60}{20} \cdot \frac{1}{7,4} \cdot \frac{1}{100} \cdot \sqrt{2(100-2)} \right] v = 0,113 v;$$

v	0,027	0,039	0,052	0,055
δ	0,0031	0,0044	0,0059	0,0054

$$\gamma) n_3 = 32$$

$$\delta_2 = \left[\frac{2.60}{32} \cdot \frac{1}{11,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{2(100-2)} \right] v = 0,045 v.$$

v	0,044	0,062	0,084	0,110
δ	0,00198	0,0028	0,0037	0,00495

III. Далѣе, при толщинѣ снимаемаго слоя $d = 3$ mm. въ работѣ въ каждый данный моментъ участвуютъ два зуба фрезы. Толщина стружки, снимаемой однимъ зубомъ фрезы, для этого случая опредѣлится изъ отношенія:

$$\delta_3' = \left[\frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{3(D-3)}{D^2}} \right] \cdot v.$$

Толщина снимаемой стружки другимъ зубомъ фрезы для данного случая опредѣлится:

$$\delta_3'' = \left[\frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{0,095(D-0,095)}{D^2}} \right] \cdot v,$$

такъ какъ $d_3' = 0,095$ mm.

а) $n_1 = 12$.

$$\delta_3' = \left\{ \frac{2.60}{12} \cdot \frac{1}{4,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{3(100-3)} \right\} \cdot v = 0,395 v.$$

$$\delta_3'' = \left[\frac{2.60}{12} \cdot \frac{1}{4,4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{0,095(100-0,095)} \right] v = 0,07 v.$$

$$\delta_3 = \delta_3' + \delta_3'' = (0,39 + 0,07) v \approx 0,47 v$$

v	0,018	0,023	0,031	0,041
δ	0,0085	0,0108	0,0146	0,0194

б) $n_2 = 20$. Аналогичнымъ способомъ получаемъ

$$\begin{aligned} \delta_3' &= 0,14 v \\ \delta_3'' &= 0,025 v \end{aligned} \quad \left| \quad \delta_3 = \delta_3' + \delta_3'' = 0,165 v; \right.$$

v	0,027	0,039	0,052	0,056
δ	0,00435	0,0065	0,0086	0,0093

в) $n_3 = 32$. Также изъ общихъ формулъ

$$\begin{aligned} \delta_3' &= 0,0843 v \\ \delta_3'' &= 0,009 v \end{aligned} \quad \left| \quad \delta_3 = \delta_3' + \delta_3'' = 0,0933 v. \right.$$

IV. Наконецъ, при толщинѣ снимаемаго слоя $d = 4$ mm. въ работѣ, какъ было сказано выше, въ каждый данный моментъ участвуютъ два зуба фрезы. Толщина стружки, снимаемой первымъ зубомъ фрезы, опредѣляется изъ соотношенія

$$\delta_4' = \left[\frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{4}{D^2}(D-4)} \right] v$$

Толщина стружки, снимаемой вторымъ зубомъ фрезы, опредѣляется изъ соотношенія

$$\delta_4' = \left[\frac{2.60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \cdot \sqrt{\frac{0,36}{D^2} (D - 0,36)} \right] \cdot v.$$

такъ какъ $d_4'' = 0,36$ мм.

а) $n_1 = 12$.

$$\delta_4' = \left[\frac{2.60}{12} \cdot \frac{1}{4.4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{4(100-4)} \right] v = 0,445 v;$$

$$\delta_4' = \left[\frac{2.60}{12} \cdot \frac{1}{4.4} \cdot \frac{1}{100} \sqrt{0,36(100-0,36)} \right] v = 0,134 v;$$

$$\delta_4 = \delta_4' + \delta_4'' = (0,445 + 0,134) v \approx 0,58 v.$$

v	0,018	0,023	0,037	0,041
δ	0,0104	0,0136	0,0214	0,0278

б) $n_2 = 20$

$$\begin{array}{l} \delta_4' = 0,159 v \\ \delta_4' = 0,048 v \end{array} \left| \delta_4 = 0,207 v \right.$$

v	0,027	0,039	0,052	0,056
δ	0,0056	0,0081	0,0108	0,0117

в) $n_3 = 32$.

$$\begin{array}{l} \delta_4' = 0,0625 v \\ \delta_4'' = 0,119 v \end{array} \left| \delta_4 = \delta_4' + \delta_4'' = 0,82 v. \right.$$

v	0,044	0,062	0,084	0,110
δ	0,0036	0,0051	0,0069	0,0095

Опредѣленіе коэффициента рѣзанія на основаніи полученныхъ результатовъ получается изъ общей формулы:

$$W = R \cdot \delta \cdot b \text{ или } R = \frac{W}{\delta \cdot b}, \text{ гдѣ}$$

R —коэффициентъ рѣзанія въ kg/qmm.

W —окружное усилие на рѣзцахъ фрезы, работающих одновременно.

Значенія для W берутся изъ вышеприведенной таблицы, соответственно каждому случаю.

δ — толщина стружки;

b — ширина стружки = 38 мм.

Подставивъ въ эту формулу для каждой подачи соответствующія значенія для W и δ (b —постоянная), получимъ нужныя намъ значенія коэффициента рѣзанія. Результаты этихъ подстановокъ помѣшены въ нижеслѣдующей таблицѣ V.

Таблица V коэффициентовъ рѣзанія въ kg/mm.

Толщина снимаемаго слоя.	Скорость вращ. фрезъ въ секунду.	П о д а ч а в ъ mm. въ секунду.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
1 mm.	61,8	167	152		117		107						
	104,7			380		313				234	280		
	165,5							651				515	425 366
2 mm.	61,8	138	119		94,5		87,5						
	104,7			249		202				188	193		
	165,5							350				316	280 258
3 mm.	61,8	123	118		102		95						
	104,5			232		192				179	187		
	165,5							248				226	198 194
4 mm.	61,8	140	116		108		87						
	104,5			233		228				196	219		
	165,5							468				368	314 278

Бросая общій взглядъ на приведенныя въ таблицѣ цифры, мы ясно усматриваемъ, что на паденіе коэффициента рѣзанія вліяетъ глубина рѣзанія, и, главнымъ образомъ, величина подачи; при увеличеніи глубины рѣзанія въ предѣлахъ одной и той же скорости вращенія фрезы, коэффициентъ рѣзанія уменьшается медленнѣе, а съ увеличеніемъ подачи—быстрѣе. Это наблюденіе въ работѣ фрезы вполне согласуется съ результатами ранѣе опубликованныхъ изслѣдованій работы обыкновенныхъ рѣзцовъ и позволяетъ и въ отношеніи болѣе усовершенствованныхъ типовъ рѣзцовъ, каковыми являются фрезы, сдѣлать выводъ, имѣющій значеніе для практики и высказанный ранѣе въ отношеніи обыкновенныхъ рѣзцовъ (см. Т. И. Тихоновъ „О коэффициентѣ рѣзанія металловъ“), что выгоднѣе работать съ большей подачей, нежели съ значительной глубиной рѣзанія при одной и той же скорости.

Совершенно аналогичные опыты были продѣланы съ тою же фрезою и на томъ же станкѣ съ динамометромъ по опредѣленію зависимости коэффициента рѣзанія металловъ отъ подачи, употребляя для изслѣдованія чугуны и машинную бронзу. Результатъ полученныхъ послѣднихъ наблюденій во избѣжаніе повтореній кратко приведены въ

нижеслѣдующемъ, при чемъ во избѣжаніе недоразумѣній долженъ оговориться, что работающая фреза какъ въ первомъ, такъ и въ послѣдующихъ случаяхъ регулярно точилась черезъ каждые 8 часовъ работы.

Результаты изслѣдованій работъ фрезы надъ чугуномъ.

Таблица VI средних индикаторныхъ давленій kg/qmm.

Глубина снимаемого слоя.	Число оборотовъ фрезы въ мин.	П о д а ч а въ мм въ секунду.												
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110	
1 mm.	12	0,20	0,21		0,24		0,30							
	20			0,21		0,23								
	32							0,25	0,30	0,46				
2 mm.	12	0,38	0,45		0,51		0,54							
	20			0,36		0,37			0,52	0,53				
	32							0,36			0,44	0,54	0,66	
3 mm.	12	0,60	0,62		0,76		0,83							
	20			0,52		0,65			0,90	0,99				
	32							0,54			0,65	0,80	0,94	
4 mm.	12	0,59	0,63		0,77		0,96							
	20			0,62		0,65			0,78	0,93				
	32							0,58			0,66	0,82	1,00	

Для того, чтобы получить абсолютное давленіе, зависящее отъ сопротивленія рѣзанію фрезы, по прежнему высчитываемъ изъ предыдущихъ величинъ давленій, вызываемое треніемъ въ приборѣ—0,13.

Таблица VIII исправл. индикат. давленій въ kg/qmm.

Глубина снимаемого слоя.	Число оборотовъ фрезы въ мин.	П о д а ч а въ мм въ секунду.												
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110	
1 mm	12	0,07	0,08		0,11		0,17							
	20			0,08		0,10								
	32							0,12	0,17	0,23		0,21	0,22	0,35
2 mm	12	0,25	0,32		0,38		0,41							
	20			0,23		0,24			0,39	0,40				
	32							0,23			0,31	0,41	0,53	
3 mm	12	0,47	0,49		0,61		0,70							
	20			0,39		0,52			0,77	0,86				
	32							0,41			0,52	0,67	0,81	
4 mm	12	0,46	0,50		0,64		0,83							
	20			0,49		0,52			0,65	0,83				
	32							0,45			0,53	0,60	0,87	

При помощи абсолютныхъ средних индикаторныхъ давленій вычислены моменты, дѣйствующіе на поршни маслянаго прибора, и

окружныя усилія на рѣзцахъ фрезы, находящихся въ каждый данный моментъ въ работѣ; для этого нами использованы выведенныя уже ранѣе формулы:

$$M = l. s. p_i = 3172 p_i;$$

$$W = M : r = 3172 p_i 0.05.$$

Результаты вычисленій приведены въ нижеслѣдующихъ таблицахъ VIII и IX.

Таблица VIII моментовъ на поршняхъ въ kgmm.

Глубина снимаем. слоя.	Число оборотовъ фрезы въ мин.	Подача въ мм въ секунду.											
		0,018	0,23	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
1 mm.	12	2220	254		350		540						
	20			254		317,2			540	740			
	32						382				667	700	1120
2 mm.	12	795	1025		1200		1300						
	20			732		763			1235	1268			
	32						732				987	1300	1680
3 mm.	12	1490	1550		1930		2220						
	20			1235		1660			2440	2710			
	32						1300				1650	2160	2570
4 mm.	12	1300	1580		2030		2630						
	20			1560		1650			2060	2630			
	32						1430				1680	2190	2760

Таблица IX окружныхъ усилій въ kg'qmm.

1 mm.	12	4,44	5,08		7,0		10,8						
	20			5,08		6,34			10,8	14,9			
	32						7,64				13,34	14,0	22,4
2 mm.	12	15,9	20,5		24,0		26,0						
	20			14,6		15,2			27,4	25,4			
	32						14,64				19,7	26,0	33,6
3 mm.	12	29,8	31,1		38,6		44,4						
	20			24,7		31,0			48,8	52,5			
	32						26,0				33,0	43,2	51,4
4 mm.	12	26,0	31,72		40,5		52,6						
	20			31,20		33,00			41,20	52,60			
	32						28,60				33,60	43,80	55,20

Расчетныя формулы, относящіяся къ опредѣленію толщины стружки снимаемой однимъ зубцомъ фрезы, а также и къ опредѣленію коэффициента рѣзанія остаются тѣ же, что нами были выведены ранѣе для жѣлѣза.

Ширина стружки $b = 38$ mm.

$$1) \delta = \left[\frac{2.60}{n.z.} \cdot \sqrt{\frac{d}{D} - \frac{d^2}{D^2}} \right] v.$$

$$2) R = \frac{W}{\delta \cdot b} = M$$

Поэтому, подставивъ во 2-ю формулу для каждого значенія подачи прежнія величины δ , вычисленныя значенія W и указанную величину b , мы получимъ искомыя значенія коэффиціента рѣзанія.

Результаты указанныхъ вычисленій представлены въ нижеслѣдующей таблицѣ X.

Таблица X; коэффиціентъ рѣзанія въ kg/qmm .

Глубина снимаем. слоя.	Скорость вращения фрез. въ с.	П о д а ч а в ъ м m в ъ с е к у н д у.												
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110	
1 mm.	61,8	34	31,4		31		30,2							
	104,7			73,0		63			143	67	83			
2 mm.	165,5											175	136	167
	61,8	75	73,5		60,2		51			105	104			
3 mm.	104,7			123		91,5			229			223	221	213
	165,5													
4 mm.	61,8	111	92		84		61			186	184			
	104,7			183		151			205			181	174	176
4 mm.	165,5													
	61,8	79	74		61		50			121	141			
4 mm.	104,7			176		129			250			210	205	192
	165,5													

Результаты изслѣдованій обработки фрезой твердой бронзы.

Таблица XI среднихъ индикаторныхъ давленій въ kg/qmm .

Глубина снимаемаг. слоя.	Число обор. фрезы въ минуту.	П о д а ч а в ъ m m в ъ с е к у н д у.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,032	0,056	0,062	0,084	0,110
3 mm	12	0,54	0,603		0,02		0,73						
	20			0,51		0,53			0,58	0,65			
	32							0,504			0,52	0,54	0,76
4 mm	12	0,51	0,65		0,76		0,93						
	20			0,49		0,58			0,61	0,80			
	32							0,48			0,54	0,70	0,76

Таблица XII исправленныхъ (абсолютн.) среднихъ индикат. давленій.

Глубина снимаемаго слоя.	Число обор. фрезъ въ минуту.	П о д а ч а в ъ m m в ъ с е к у н д у.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
3 mm.	12	0,41	0,47		0,49		0,69						
	20			0,38		0,40			0,45	0,52			
	32							0,73			0,39	0,41	0,52
4 mm.	12	0,38	0,52		0,63		0,80						
	20			0,36		0,45			0,48	0,67			
	32							0,35			0,41	0,57	0,63

$$M = 7132. p_i$$

Таблица XIII моментовъ, въ kgmm дѣйствующихъ на поршняхъ маслянаго прибора

Глубина сним. слоя	Число оборотовъ фрезы въ минуту.	П о д а ч а в ъ мм в ъ с е к у н д у.											
		0,018	0,023	0,027	0,031	0,039	0,041	0,044	0,052	0,056	0,062	0,084	0,110
3 mm	12	1300,5	1496,8		1554,3		1903,2						
	20			1205,4		1268,8			1427,4	1649,4			
	32						1173,6				1284	1300,5	1649,4
4 mm	12	1173,6	1643,4		1998,4		2527,6						
	20			1141,9		1427,4			1592,5	2125,2			
	32						1110,2				1300,5	1808,0	1948,4

$$W = \frac{M}{R} = 7132. p_i 0,02.$$

Таблица XIV окружныхъ усилий въ kg/qmm.

	12	26	29,9		31,1	38,1							
	20			24,1		25,3			28,5	32,9			
	32						23,4				24,7	26,0	32,9
4 mm.	12	23,5	32,9		39,9	50,5							
	20			22,8		28,5			31,8	42,5			
	32						22,2				26,0	36,0	38,9

$$R = \frac{W}{\delta b}; \delta = \left\{ \frac{2,60}{n} \cdot \frac{1}{Z} \sqrt{\frac{d}{D} - \frac{d^2}{D^2}} \right\}. v; b=32 \text{ mm.}$$

Таблица XV коэффициентовъ рѣзанія въ kg/qmm.

3 mm	*) 61,8 mm.	94	84		65	120	60						
	104,7 mm.			170				108	102				
	165,5 mm.						175			161	112	116	
4 mm	61,8 mm.	69	97		90	108	72						
	104,7 mm.			125				96	111				
	165,5 mm.						190			156	150	128	

Результаты опытовъ обработки фрезой хрупкихъ металловъ, чугуна и твердой бронзы, какъ и нужно было ожидать, вполне подтвердили уже ранѣе усмотрѣнную зависимость коэффициента рѣзанія отъ подачи стола. Бросая общій взглядъ на полученные результаты работъ съ фрезой (см. табл. коэффициентовъ рѣзанія), можно замѣтить, что мѣстами закономерность паденія коэффициента рѣзанія съ увеличеніемъ подачи нарушается. Но это нарушение должно объяснить частью неоднородностью хрупкихъ металловъ, что вызываетъ колебаніе сопротивленія рѣзущему усилию фрезы, частью же несовѣтъ удачными

*) Скорость вращенія фрезы въ мм. въ секунду.

диаграммами, благодаря тому, что для чугуна и бронзы по необходимости была взята недостаточно чувствительная пружина въ индикаторѣ (12 mm=1 kg).

Опытныя изслѣдованія на небольшомъ строгальномъ станкѣ велись при помощи особаго динамометра слѣдующаго устройства. Къ суппорту строгальнаго станка (фотографіи 1 и 2) привертывается четырьмя болтами подушка В, къ которой, въ свою очередь, неподвижно и тоже болтами прикрѣпленъ рычагъ С и брусъ D. Въ послѣднемъ имѣются соотвѣтствующія прорѣзы для пропуска рычага F и помѣщенія шаровыхъ подшипниковъ E. Помощью этихъ подшипниковъ рычагъ F съ очень незначительнымъ треніемъ вращается около оси EE'. Болѣе детально устройство этой части динамометра показано на помѣщенной фиг. 5 прилагаемой таблицы. Подвижной рычагъ F при своемъ отклоненіи отъ своего первоначальнаго положенія удерживается на извѣстномъ разстояніи отъ неподвижнаго рычага С пружиной G, закрѣпленной между верхними концами упомянутыхъ рычаговъ. Въ нижней части рычага F имѣется коробкообразное уширеніе S, въ которое вставляется оправка P, служащая для закрѣпленія рѣзца. Оправка P свободно надѣта на шплинтъ O, вставленный въ щеки коробки S, вслѣдствіе чего при холостомъ ходѣ рѣзецъ съ оправкой нѣсколько откидывается отъ обстрагиваемаго предмета и свободно скользитъ по его поверхности. Въ рабочее положеніе оправка и рѣзецъ приводятся собственнымъ вѣсомъ и натяженіемъ пружинки T.

Очевидно, что при строганіи сила сопротивленія матеріала рѣзанію будетъ оказывать давленіе на рѣзецъ и тѣмъ вызоветъ отклоненіе рычага F отъ первоначальнаго его положенія и дастъ растяженіе пружины. Эти отклоненія рычага F и растяженіе пружины G будутъ пропорціональны давленіямъ на рѣзецъ, а потому и могутъ служить для непосредственнаго ихъ измѣренія. Съ этой цѣлью на неподвижномъ рычагѣ С имѣется стрѣлка L, свободно вращающаяся около своей оси. Стрѣлка L шарнирно соединяется съ тягой H, могущей вращаться около шурупа V, ввернутаго въ подвижной рычагъ F. Такимъ образомъ стрѣлка L отклоняется одновременно съ рычагомъ F, при чемъ нижній конецъ ея указываетъ соотвѣтствующія этимъ отклоненіямъ давленія на рѣзецъ, нанесенныя на дугѣ M, которая, въ свою очередь, прикрѣплена неподвижно на рычагѣ С.

Для уравновѣшиванія движущихся массъ динамометра былъ введенъ между верхними концами рычаговъ F и С масляный буферъ R, видный на прилагаемыхъ фотографіяхъ 1 и 2 и показанный схемати-

чески въ разрѣзѣ на фиг. 6 прилагаемой таблицы. Это желѣзный точеный цилиндръ съ плотно пригнаннымъ поршнемъ, соединенный шарнирно помощью ушка на днищѣ съ верхнимъ концомъ рычага С. Штокъ поршня этого цилиндра, проходя черезъ привернутые къ послѣднему крышку и сальникъ, прикрѣпляется шарнирно съ рычагомъ F помощью навинченной на конецъ штока цилиндрической гайки съ особыми ушками. Обѣ полости цилиндра впереди и сзади поршня соединяются кранами X съ общей коробкой *y* (см. фот. 2), въ которую черезъ отверстія Z, закрываемыя пробками, наливается масло. Такимъ образомъ при строганіи верхній конецъ рычага F, разстягивая пружину, отклоняется и тянетъ за собою поршень буфера, поршень же при этомъ сжимаетъ масло, находящееся передъ нимъ, и выдавливаетъ его черезъ краны въ общую коробку. Этимъ достигается плавное отклоненіе рычага F и стрѣлки С отъ ихъ первоначальнаго положенія при строганіи и такое же плавное возвращеніе ихъ обратно при холостомъ ходѣ станка. Во время производства опыта обращалось вниманіе, чтобы въ буферѣ не было воздуха. При соблюденіи этого условія, во-первыхъ, нельзя было оттянуть верхній конецъ рычага E, когда краны X были закрыты; во-вторыхъ, при открытыхъ кранахъ во время самага наблюденія отклоненіе стрѣлки совершалось постепенно безъ замѣтныхъ дрожаній и толчковъ.

Градуированіе прибора производилось послѣ установки его на строгальномъ станкѣ такимъ образомъ: къ столу станка былъ прикрѣпленъ блокъ (черт. 7 и 8 прилагаемой таблицы), черезъ который перекидывался стальной канатъ, одинъ конецъ котораго соединялся съ динамометромъ помощью желѣзной пластинки съ вырѣзами, надѣтой на призматическій кусокъ желѣза (черт. 8), вставленный въ оправу прибора вмѣсто рѣзца, а на другой—навѣшивались грузы. При этомъ замѣчалось отклоненіе стрѣлки L по дугѣ M, на которой непосредственно и наносились соотвѣтствующія этимъ отклоненіямъ дѣленія въ килсграммахъ. Разстояніе *a* (черт. 8) между серединой толщины упомянутой пластинки и нижней плоскостью оправки равнялось 20 mm, т. е. длинѣ выступающей изъ оправки части рѣзца. Это было сдѣлано для того, чтобы по возможности соблюсти равенство плечъ, на которыхъ дѣйствуютъ силы натяженія каната при градуированіи и сила давленія на рѣзецъ при строганіи испытываемаго бруска.

Относительно описаннаго динамометра можно сказать, что онъ простъ по устройству, но, къ сожалѣнію, обладаетъ нѣкоторыми существенными недостатками: 1) въ немъ не вполне устранено треніе,

которое, не поддаваясь учету, вліяетъ на результатъ опытовъ и уменьшаетъ чувствительность прибора; 2) вмѣстѣ съ измѣненіемъ положенія рычага F мѣняется также положеніе рѣзца относительно обрабатываемаго предмета, т. е. мѣняется уголъ рѣзанія, что, конечно, тоже должно сказываться въ конечныхъ результатахъ.

Затѣмъ большимъ недостаткомъ работъ на строгальномъ станкѣ было то, что вслѣдствіе конструкции самого станка нельзя было значительно расширить число подачъ, и пришлось работать только съ тремя подачами: 0,35, 0,70, и 1,05 мм. Затѣмъ вслѣдствіе узости задачи, возможной для разрѣшенія на строгальномъ станкѣ, для изслѣдованія въ качествѣ материала былъ взятъ только чугуны. Результатъ полученныхъ наблюденій представленъ въ слѣдующей таблицѣ XVI.

Таблица XVI. Чугуны (строгальный станокъ).

Толщина стружки въ мм.	Нагрузка динамометра въ килограммахъ.	Подача въ мм.	Коэфф. рѣзанія въ килогр. на кв. мм.
0,24	28	0,35	323
0,3	37	—	352
0,52	50	—	274,8
0,63	57	—	249
1,08	81	—	214
1,31	97	—	211,6
1,4	110	—	224,4
0,24	48	0,70	285,8
0,3	54	—	257,2
0,52	75	—	208,3
0,63	77	—	175,8
1,08	112	—	148,2
1,31	127	—	138,4
1,4	148	—	151,1
0,24	64	1,05	254
0,3	69	—	219
0,52	90	—	164,8
0,63	95	—	143
1,08	135	—	119,2
1,31	151	—	110
1,40	177	—	120,5

Изъ разсмотрѣнія послѣдней таблицы видно, что по отношенію къ чугуны общее предположеніе относительно уменьшенія коэффиціента рѣзанія металловъ съ увеличеніемъ величины подачи при одной и той же скорости въ наблюдаемыхъ предѣлахъ весьма близко къ дѣйствительности.

Наконецъ, опытныя изслѣдованія на токарномъ станкѣ были поставлены значительно шире, ибо конструкція самого станка давала возможность измѣнять число различныхъ подачъ отъ 8 до 12.

Работа производилась на токарномъ станкѣ съ приводомъ отъ отдѣльнаго электрическаго двигателя и съ механической подачей ходовымъ винтомъ. Станокъ былъ совершенно изолированъ отъ другихъ, и наблюденія за поглощаемой мощностью были вполне обеспечены въ своей правильности.

Приборомъ для измѣренія давленія на рѣзецъ служилъ пружинный динамометръ простого устройства, показанный на чертежѣ фиг. 9 прилагаемой таблицы. Динамометръ прикрѣпленъ къ верхней доскѣ суппорта и передвигается вмѣстѣ съ суппортомъ отъ ходового винта. Фотографія № 3 изображаетъ токарный станокъ, снятый вмѣстѣ съ динамометромъ для указанныхъ испытаній.

Для уничтоженія излишнихъ колебаній между рычагами динамометра вставленъ масляный катарактъ.

Прежде чѣмъ приступить къ опытамъ, этотъ динамометръ былъ проверенъ, нанесена новая точная шкала для отчетовъ нагрузки. При производствѣ опытовъ велись наблюденія за нагрузкой при каждой скорости, и опредѣлялось число оборотовъ обрабатываемаго предмета въ минуту. Диаметры обрабатываемыхъ предметовъ до и послѣ прохода рѣзца измѣрялись съ точностью до 0,02 мм. Число оборотовъ въ минуту измѣрялось съ помощью счетчика оборотовъ и секундомѣра, а затрачиваемая энергія съ помощью ваттметра.

Самое производство опытовъ велось слѣдующимъ образомъ: установивъ точно болванку и измѣривъ начальнѣй ея діаметръ, пускали станокъ въ ходъ и, послѣ нѣсколькихъ отчетовъ числа оборотовъ и нагрузки на рѣзецъ, мѣняли подачу, постепенно переходя отъ меньшихъ къ большимъ, или наоборотъ, и все время слѣдили за приборомъ. Полученные такимъ образомъ отсчеты давали возможность опредѣлить коефіцієнтъ рѣзанія для данной скорости и подачи и самую скорость рѣзанія по формуламъ:

$$k = \frac{p}{\omega}, \quad v = \frac{\pi d \cdot n}{60},$$

гдѣ ω есть поперечное сѣченіе снимаемой стружки въ квадратныхъ

$$\text{миллиметрахъ} = \frac{d_0 - d_1}{2} l, \quad l \text{—подача,}$$

p —нагрузка на рѣзецъ въ klgr.,

n —число оборотовъ въ минуту и

d — средний диаметр снимаемого слоя.

Скорость рѣзанія при изслѣдованіяхъ на токарномъ станкѣ поддерживалась въ среднемъ для желѣза 0,1150 метровъ въ секунду; для чугуна и бронзы 0,0925 метровъ въ секунду.

Результаты полученныхъ наблюдений для послѣднихъ изслѣдованій на токарномъ станкѣ приведены въ слѣдующихъ таблицахъ XVII, гдѣ g — показаніе пружины динамометра, а k — коэффициентъ рѣзанія въ килограммахъ на квадратный миллиметръ.

Таблица XVII. Ж Е Л Ъ З О.

Толщина стружки въ мм, Подача въ мм.	0,29		0,65		0,3		0,37		0,59		0,9	
	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k
0,17	31	628	44	398	38	746	43	684	55	548	66	430
0,212	34	553	47,5	345	40	629	47	598	62,5	500	74	387,5
0,234	35	525	50	328,5	42,5	606	49	566	64	464	—	—
0,255	36,5	493	52	313,5	45	588	50,5	536	65,5	435	86	375
0,271	37,5	477	55	312	46,5	574	51	508	67,5	423	—	—
0,297	39	452	57	295	47,5	532	55	500	70	400	92,5	346
0,34	40,5	410	60,5	274	50	490	59	469	76	360	102,5	335
0,382	42,5	383	64	258	52,5	458	60,5	430	—	—	111	323,5
0,425	44	357	67	242,5	54,5	428	62	394	86	343	120	314
0,468	47	346	70	230	57,5	410	64,5	373	—	—	123	292
0,51	48	325	75	226	60	392	66,5	353	92,5	307	128	279
0,552	49	306	77	215	63	380	67,5	330	96	295	135	271,5
0,736	51	239	87	181,5	72,5	328	72	264	108	249	145	219
0,92	52,5	196,5	100	167	82,5	298,5	78	229	120	221	155	187
1,01	55	187,5	105	160	93	307	80	214	122,5	205	—	—
1,105	56	175	110	153	98	295	87,5	214	128	196	160	161
1,175	57	167	112	146,5	103	292,5	96	221	135	195	—	—
1,29	—	—	114	136	100,5	278	100	209	138	181,5	168	144,5
1,47	—	—	120	125,5	118	267,5	108	199	142	164	176	133
1,66	—	—	124	115	126,5	254	116	187,5	147,5	150,5	180	120,5
1,84	—	—	127	106,5	—	—	—	—	150	138	195	118

Ч У Г У Н Ъ.

Толщина стружки въ мм. Подача въ мм.	0,54		0,85		0,93		0,975		1,26		1,49	
	0,255	50	363	65	300	75	316	82	330	92	286,5	105
0,297	55	343	70	277	80	290	86	297	98	264	110	243
0,382	59	286	76	234	87	244,5	95	255	106	220,8	115	302
0,468	62	245	81	204	93	214	104	227,5	113	191,5	123	216
0,552	65,5	220	87	185,5	100	195	112,5	209	126	181,5	128	183,5
0,736	69,5	175	94	150	113	165	127	177	144	155	132	189,5
0,92	75	151	105	134	127	148,5	142	158,5	165	142,5	138	168
1,01	79	145	110	128	134	143	147	149	170	134	145	176,5
1,29	86	123,5	122	111	147	122,5	167	132,5	192	118	162,5	152,5
1,47	91	114,5	131	105	160	117	175	122	201	108,5	159,5	145
1,66	96	107	141	100	170	110	189	117	220	105	172	125,5
									225	107,5	175	127,5
	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k

Б Р О Н З А.

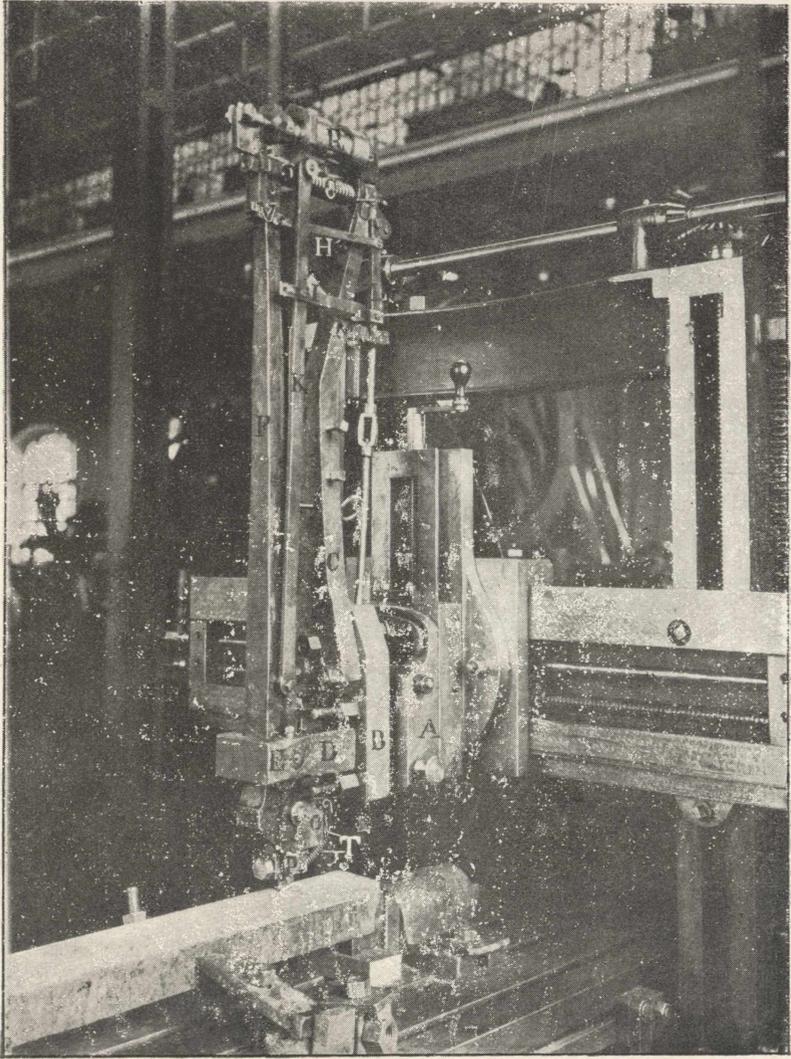
Толщина стружки въ мм. Подача въ мм.	0,31		0,39		0,67		1,95		1,00		0,1	
	0,283	60	682	65	590	77,5	409	102	184,5	82	290	45
0,396	63	512	72	466	79,5	299	112	145	87	219,5	52,5	1325
0,51	65	411	82	412	83,5	244	122,5	123	92,5	181,5	57	1120
0,70	68	313	92	337	88,5	188,5	39	102	100	143	59	842
0,813	70	277,5	97,5	308	92	169	152	96	106,5	131	62,5	779
1,02	73	231	105	264	97	142	170	85,4	114	112	67,5	662
1,275	75	190	110	221	104	121,5	192	77,3	121	95	72,5	568
1,53	77,5	163,5	115	193	108,5	106	225	75,4	133	86,8	76	497
	g	k	g	k	g	k	g	k	g	k	k	k

Если результатъ полученныхъ наблюдений для какого угодно материала на основаніи приведенныхъ данныхъ изобразимъ въ видѣ кривой, то получимъ кривую, вполне напоминающую фиг. 10 прилагаемой таблицы относящуюся къ обработкѣ желѣзныхъ болванокъ стружкой толщиной 0,29, мм. При построении этой кривой по оси ординатъ отложены коэффициенты рѣзанія въ килограммахъ, а по оси абсциссъ — величина подачи.

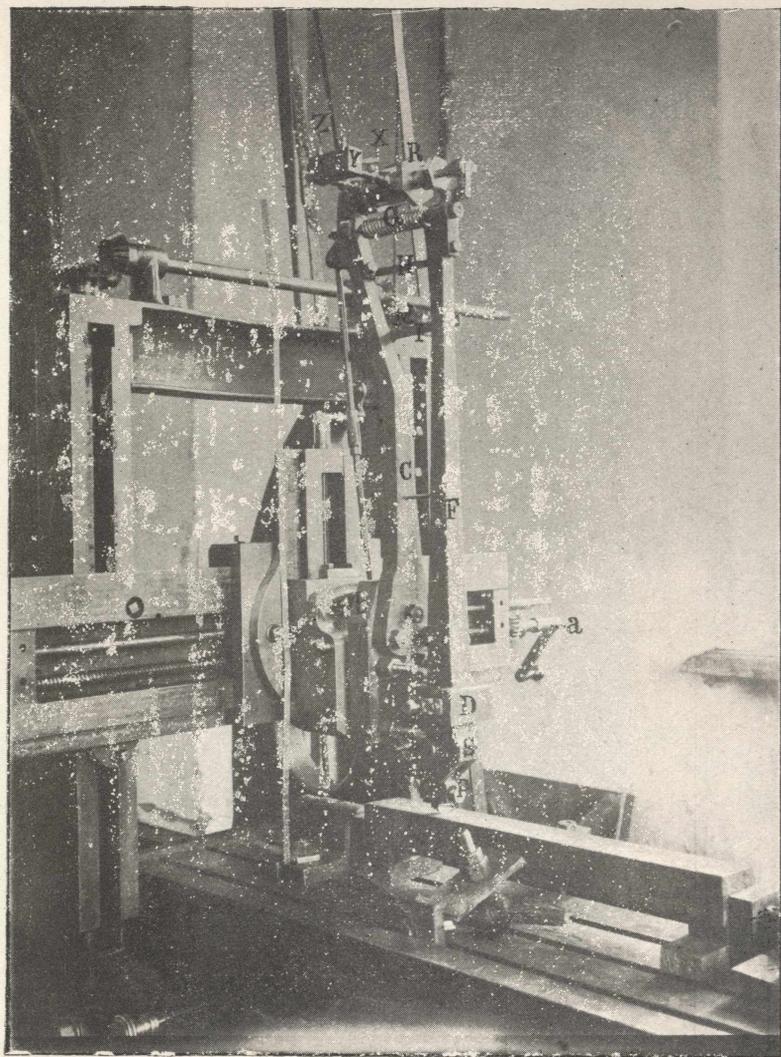
Такимъ образомъ, резюмируя основные результаты вышеизложенныхъ изслѣдованій надъ коэффициентомъ рѣзанія металловъ, произведенныхъ вышеуказаннымъ способомъ на фрезерномъ, строгальномъ и токарномъ станкѣ, и принимая во вниманіе случайныя отклоненія значеній коэффициента рѣзанія, вызываемыя или неоднородностью обрабатываемаго матеріала, или недостатками въ конструкціяхъ употребляемыхъ динамометровъ,—мы приходимъ къ заключенію, что ранѣе высказанное предположеніе объ уменьшеніи коэффициента рѣзанія металловъ при одной и той же скорости рѣзанія съ увеличеніемъ величины самой подачи—является вполнѣ обоснованнымъ.

Подача мм.	Скорость м/мин.		Коэффициентъ рѣзанія
	0,31	0,33	
1,25	107	141	0,10
1,50	107	141	0,10
1,75	107	141	0,10
2,00	107	141	0,10
2,25	107	141	0,10
2,50	107	141	0,10
2,75	107	141	0,10
3,00	107	141	0,10
3,25	107	141	0,10
3,50	107	141	0,10
3,75	107	141	0,10
4,00	107	141	0,10
4,25	107	141	0,10
4,50	107	141	0,10
4,75	107	141	0,10
5,00	107	141	0,10
5,25	107	141	0,10
5,50	107	141	0,10
5,75	107	141	0,10
6,00	107	141	0,10
6,25	107	141	0,10
6,50	107	141	0,10
6,75	107	141	0,10
7,00	107	141	0,10
7,25	107	141	0,10
7,50	107	141	0,10
7,75	107	141	0,10
8,00	107	141	0,10
8,25	107	141	0,10
8,50	107	141	0,10
8,75	107	141	0,10
9,00	107	141	0,10
9,25	107	141	0,10
9,50	107	141	0,10
9,75	107	141	0,10
10,00	107	141	0,10

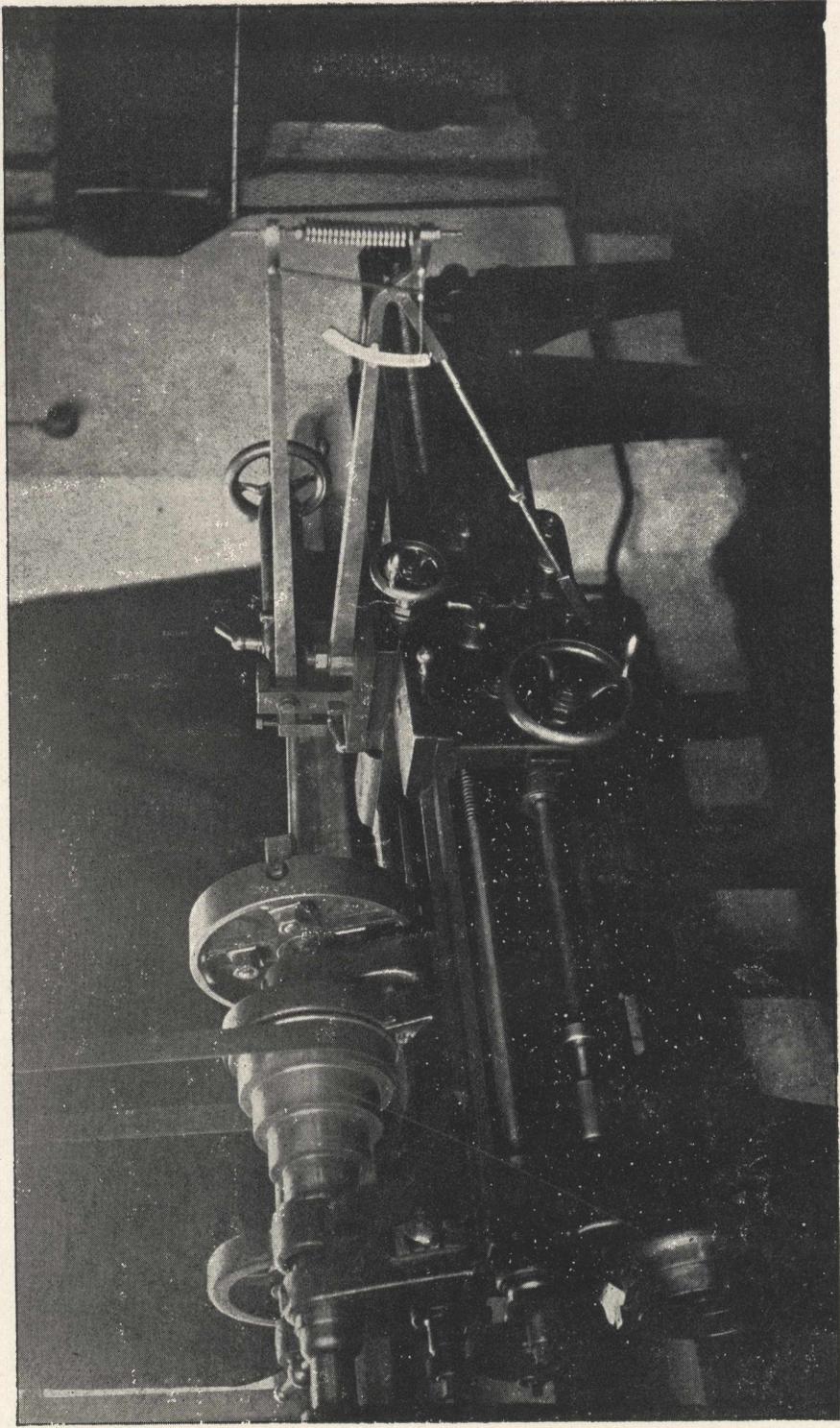
Если результаты помуренныхъ изслѣдованій надъ какимъ-либо металломъ являются вполнѣ обоснованными, то можно предположить, что коэффициентъ рѣзанія металловъ при одной и той же скорости рѣзанія съ увеличеніемъ величины самой подачи—является вполнѣ обоснованнымъ.



Фиг. 1.

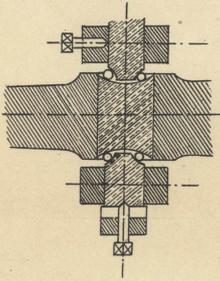


Фиг. 2.

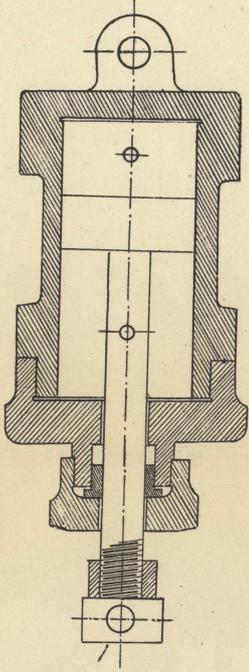


Фиг. 3.

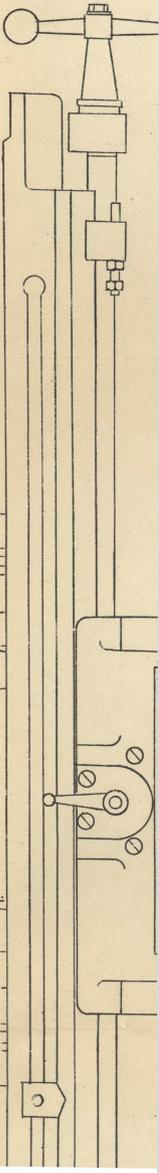
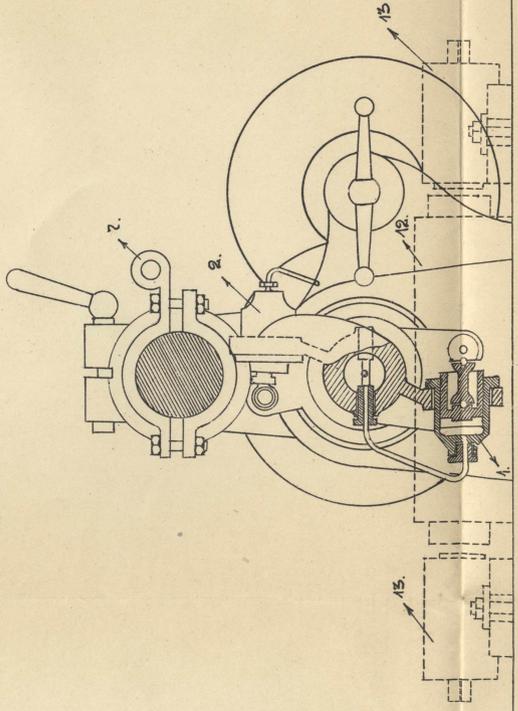
фиг. 5.

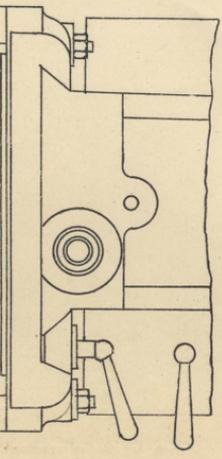


фиг. 6.

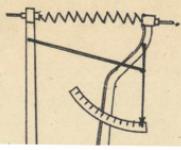
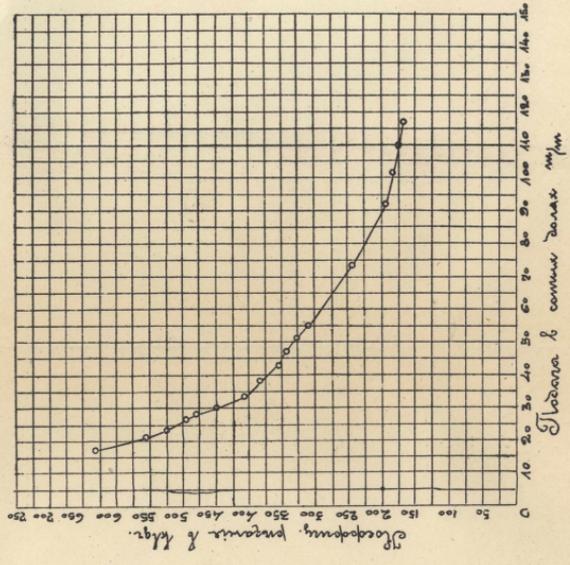


фиг. 2.



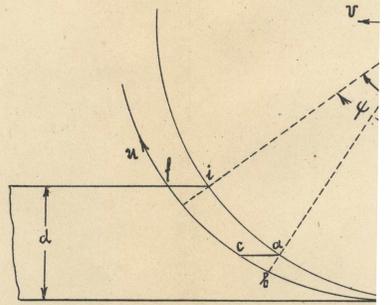
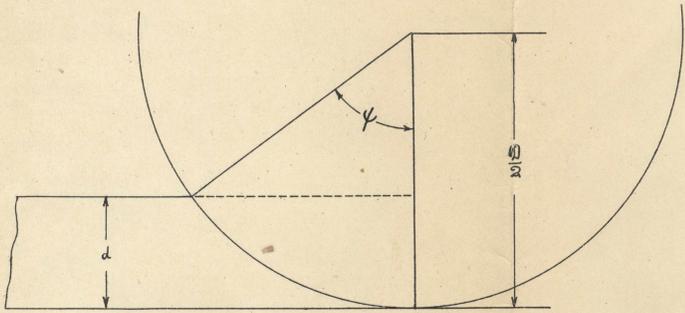


справ. 10,

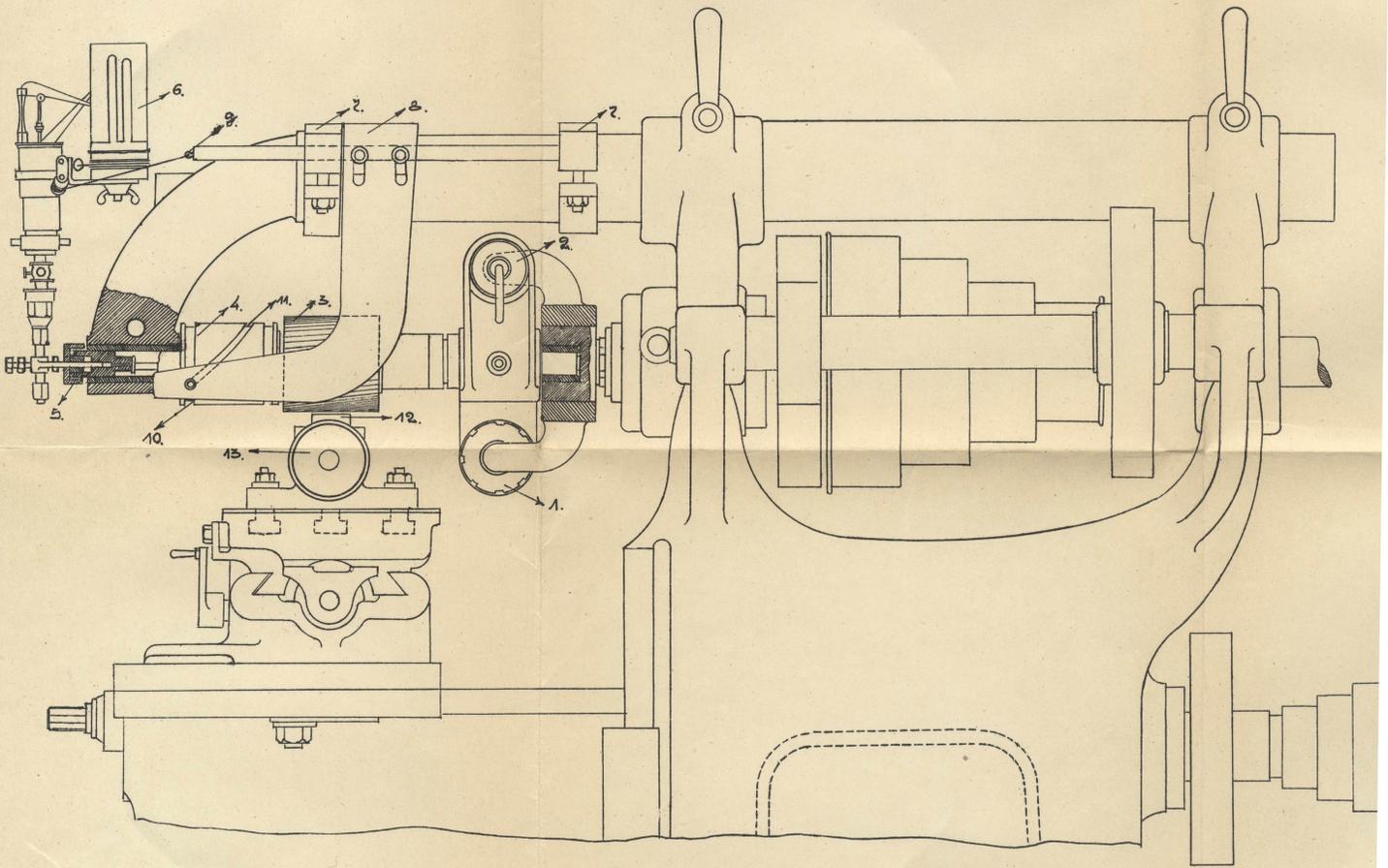


М. Павлова: "Влияние на коэффициент трения металлов",

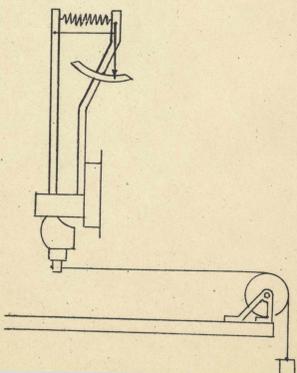
черт. 3.



черт. 1.



черт. 7.



черт. 8.

