



Лубенская Л.М.

Шумакова Т.А.

Пичугин Н.И.

**Восточноукраинский  
национальный  
университет имени  
Владимира Даля**

УДК 621.9.048

## О ВЛИЯНИИ МАССЫ ГРАНУЛ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

*Приведені результати досліджень впливу на продуктивність вібраційної обробки таких факторів, як маса гранули, маса оброблюваного виробу, його шорсткість і матеріал.*

*The results of researches by influence of such factors as mass of granule, mass of the processed good, his roughness and material are resulted on the productivity of oscillation treatment are shown in the article.*

**Введение.** Любопытство экспериментаторов вынудило нас обратить внимание на некоторые противоречивые результаты, о которых упоминалось в работах [1, 2, 3]. Так, по мнению авторов, увеличение массы гранул сопровождается непрерывным ростом съема металла. В то же время авторы работы [4] указывают на отсутствие прямой зависимости между массой гранул и металлосъемом.

**Постановка проблемы.** С целью установления истины был проведен ряд экспериментальных исследований. Для проведения исследований было изготовлено 8 групп образцов (по 20 шт. каждая) различных форм и материалов (табл. 1). Перед проведением исследований все образцы были промаркированы и взвешены. Экспериментальные исследования проводились на вибрационном станке модели УВИ 25 с неизменными режимами работы: частотой колебаний контейнера  $f=50$  Гц и амплитудой колебаний –  $A=3,5$  мм. Обработка производилась в течение 150 мин., через каждые 30 мин. все образцы взвешивались, кроме того при помощи портативного измерителя шероховатости RT 100 измерялась также шероховатость поверхностей вышеуказанных образцов.

Для проведения исследований использовались одни из наиболее распространенных в промышленности формованные гранулы Московского абразивного завода в виде трехгранных призм – ПТ-15 и ПТ-20 (рис. 1), имеющие одинаковый состав: абразивные зерна электрокорунда зернистостью № 40 (ГОСТ 3647-80); связку керамическую СТ (ТУ 2-036-205-73), но

различные массы, а именно:  $m_{ПТ-15}=12,5$  г и  $m_{ПТ-20}=32,5$  г соответственно.

Целью проведения первых экспериментальных исследований было выявления влияния массы гранул, на производительность процесса обработки образцов различных форм, масс и материалов.

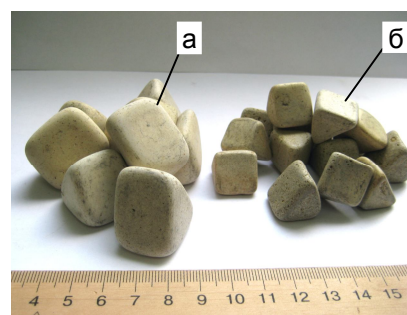
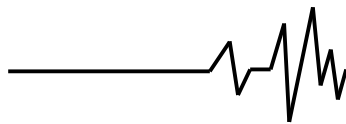


Рис. 1. Исследуемые абразивные гранулы: а) ПТ-20; б) ПТ-15

Результаты экспериментальных исследований приведены ниже в табл. 2 и на рис. 2-9. Справа от графических зависимостей для наглядности представлены соотношения исследуемых масс гранул и соотношение съема металла за 1 час обработки.

Рассмотрев съем металла в абразивных гранулах ПТ-20 и ПТ-15, отличающихся по массе в 2,6 раза (на 62 %), и еще раз вспомнив, что они имеют одинаковую форму, зернистость и связку, установили, что съем металла однозначно больше в гранулах ПТ-20, а именно в 2-2,7 раза (на 37-50 %). Необходимо заметить, что в каждом эксперименте использовались образцы одинаковой шероховатости, т. е. влияние шероховатости не сказывалось на получаемых результатах. Возникшее незначительное различие в



результатах можно объяснить размерами, массой и материалом образцов.

Таблица 1

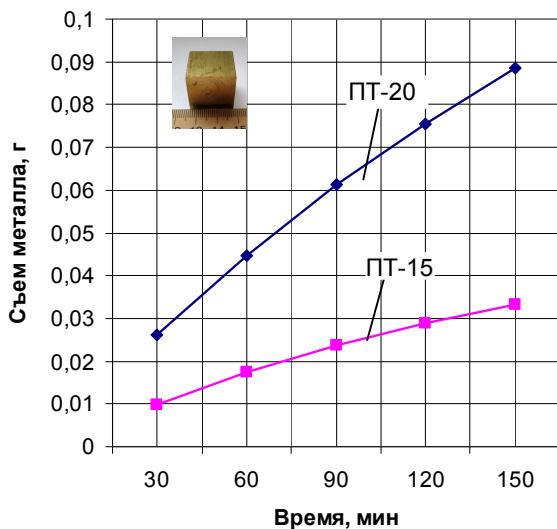
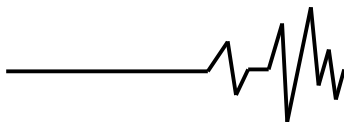
**Характеристика исследуемых образцов**

№ группы	1	2	3	4	5	6	7	8
Материал	Латунь ЛС 59-1П				АЛ 9			
Внешний вид								
Размер, мм	20×20	∅15×50	∅27×25	∅34×25	∅24×20	∅25×33	∅16×95	∅45×20
Масса, m <sub>гр</sub> , г	80	83	58	106	25	36	51	80
Суммарная площадь поверхностей S, мм <sup>2</sup> ×10 <sup>-6</sup>	0,00240	0,002709	0,003266	0,004486	0,002413	0,003574	0,005177	0,006008
Состояние поверхностей	Ra=0,69 МКМ	Ra=0,55 МКМ	Ra=0,55 МКМ	Ra=2,8 МКМ	Ra=0,64 МКМ	Ra=2,0 МКМ	Ra=0,82 МКМ	Ra=3,54 МКМ

Таблица 2

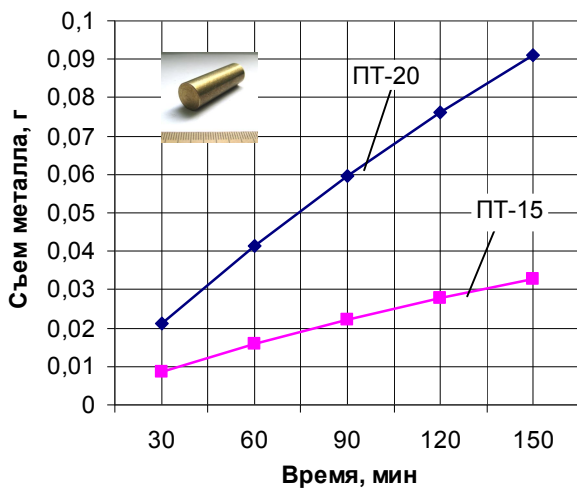
**Съем металла с поверхностей образцов исследуемых групп в ПТ-15 и ПТ-20**

Тип гранул	Время обработки, мин					Q <sub>ср</sub> , г/час
	30	60	90	120	150	
<b>1 группы (20×20 мм, m=80 г)</b>						
ПТ-15	0,009	0,017	0,024	0,029	0,033	0,013
ПТ-20	0,026	0,045	0,061	0,075	0,089	0,035
<b>2 группы (∅15×50 мм, m=83 г)</b>						
ПТ-15	0,009	0,016	0,022	0,028	0,033	0,013
ПТ-20	0,021	0,041	0,060	0,076	0,091	0,036
<b>3 группы (∅27×25 мм, m=58 г)</b>						
ПТ-15	0,012	0,020	0,027	0,033	0,039	0,016
ПТ-20	0,028	0,046	0,063	0,078	0,093	0,037
<b>4 группы (∅34×25 мм, m=106 г)</b>						
ПТ-15	0,020	0,034	0,045	0,054	0,062	0,025
ПТ-20	0,047	0,083	0,113	0,139	0,164	0,066
<b>5 группы (∅24×20 мм, m=25 г)</b>						
ПТ-15	0,006	0,009	0,011	0,013	0,015	0,006
ПТ-20	0,010	0,016	0,021	0,025	0,030	0,012
<b>6 группы (∅25×33 мм, m=36 г)</b>						
ПТ-15	0,008	0,013	0,018	0,022	0,025	0,010
ПТ-20	0,015	0,027	0,037	0,046	0,054	0,022
<b>7 группы (∅16×95 мм, m=51 г)</b>						
ПТ-15	0,012	0,018	0,023	0,027	0,031	0,012
ПТ-20	0,024	0,038	0,051	0,063	0,073	0,029
<b>8 группы (∅45×20 мм, m=80 г)</b>						
ПТ-15	0,010	0,018	0,023	0,028	0,032	0,013
ПТ-20	0,025	0,043	0,059	0,073	0,088	0,035



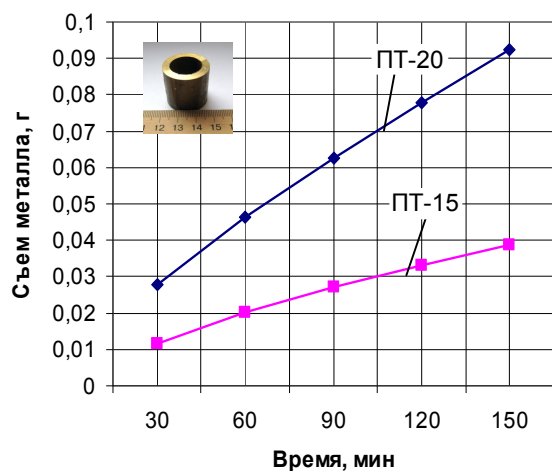
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2,6$$

Рис. 2. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (1 группа)



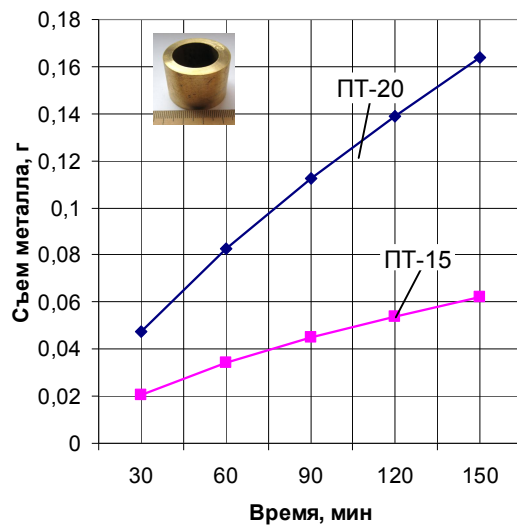
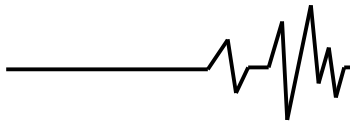
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2,7$$

Рис. 3. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (2 группа)



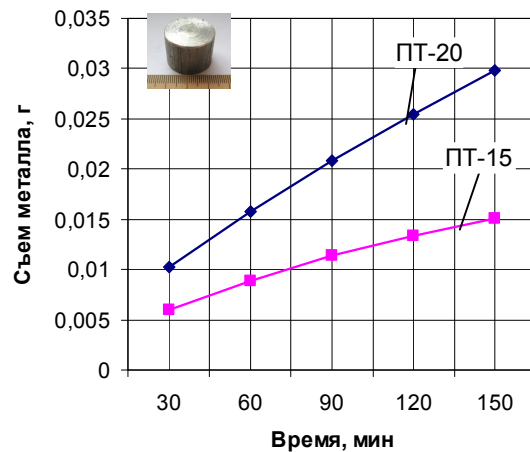
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2,4$$

Рис. 4. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (3 группа)



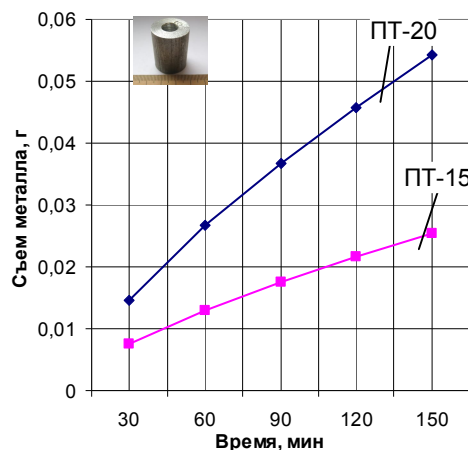
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6 ;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2,7$$

Рис. 5. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (4 группа)



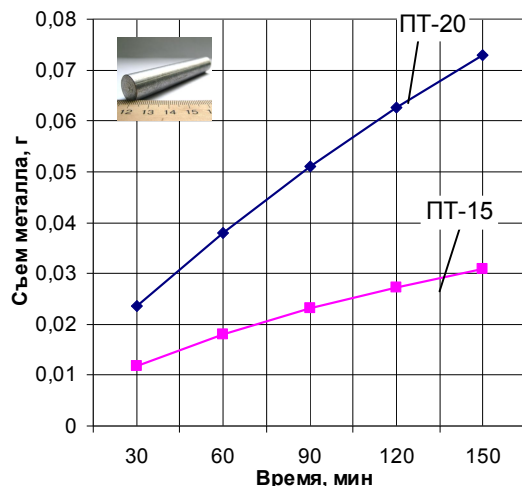
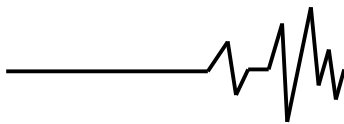
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6 ;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2$$

Рис. 6. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (5 группа)



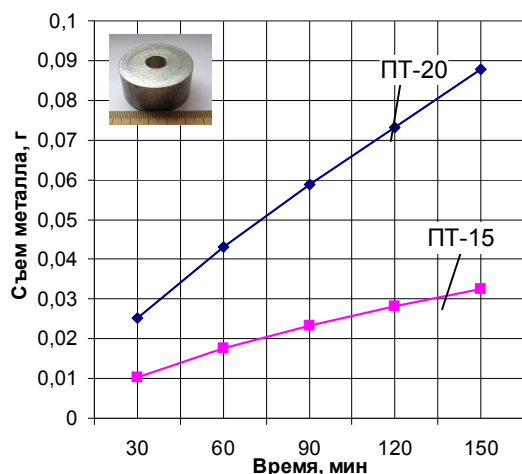
$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6 ;$$
$$\frac{Q_{ср\ ПТ-20}}{Q_{ср\ ПТ-15}} = 2,1$$

Рис. 7. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (6 группа)



$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6 ;$$
$$\frac{Q_{ср_{ПТ-20}}}{Q_{ср_{ПТ-15}}} = 2,4$$

Рис. 8. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (7 группа)



$$\frac{m_{ПТ-20}}{m_{ПТ-15}} = 2,6 ;$$
$$\frac{Q_{ср_{ПТ-20}}}{Q_{ср_{ПТ-15}}} = 2,7$$

Рис. 9. Зависимость съема металла с поверхностей обрабатываемых образцов от времени (8 группа)

Для исключения влияния массы образца на производительность процесса обработки выразим съем металла в удельных величинах с единицы площади, при этом удельный съем определяется как:

$$Q_s = \frac{Q}{S},$$

где  $Q$  – съем металла с поверхностей исследуемых образцов, г;  $S$  – суммарная площадь обрабатываемых поверхностей, мм<sup>2</sup>.

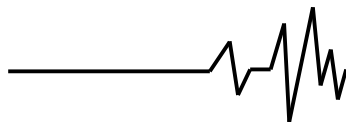
Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 3, 4 и на диаграммах – рис. 10, 11.

Из анализа приведенных диаграмм видно, что удельный съем металла с единицы площади обрабатываемой поверхности однозначно выше в гранулах ПТ-20, а именно в 2,2-2,6 раза (на 54-61 %) по сравнению с ПТ-15, что еще раз подтверждает значительное

влияние массы применяемой абразивной гранулы на производительность процесса вибрационной обработки.

Результаты съема металла с поверхностей образцов из различных материалов (табл. 2-9) сведены в 2 таблицы (5, 6) в зависимости от материала и массы, а также представлены графически на рис. 12-15.

Справа от графических зависимостей для наглядности представлены соотношения исследуемых масс гранул и соотношение изменения съема за 1 час обработки, при этом за единицу принята минимальная масса исследуемого образца и, соответственно, минимальное значение съема металла за 1 час. Очевидно, что на съем металла оказывает влияние не только масса гранулы, но и масса самого контактируемого с гранулой образца. Поэтому определим влияние массы образца на съем металла с его поверхностей. Для этого



сравним фактический съем металла в абсолютных величинах и в удельных единицы площади (табл. 7, 8, рис. 16-19).

прослеживается, что с ростом массы образца наблюдается рост металlosъема, но он менее

Анализируя приведенные на графиках зависимости, можно отметить: четко

Таблица 3

Удельный съем металла с единицы площади латунных образцов в ПТ-15 и ПТ-20,  $Q_s, \text{г/мм}^2 \cdot 10^6$

Тип гранул	Время обработки, мин.					$Q_{S \text{ ср}}, \text{г/час} \times \text{мм}^2 \times 10^{-6}$
	30	60	90	120	150	
<b>1 группа</b>						
ПТ-15	4,083	7,250	9,833	12,042	13,833	3,763
ПТ-20	10,917	18,667	25,500	31,417	36,875	9,738
<b>2 группа</b>						
ПТ-15	3,522	6,155	8,268	10,166	11,881	3,199
ПТ-20	8,482	14,178	19,199	23,854	28,325	7,523
<b>3 группа</b>						
ПТ-15	3,212	5,869	8,232	10,299	12,071	3,175
ПТ-20	6,679	12,511	18,121	23,583	28,602	7,160
<b>4 группа</b>						
ПТ-15	4,547	7,623	10,009	11,948	13,798	3,834
ПТ-20	10,566	18,479	25,122	31,006	36,557	9,870

Таблица 4

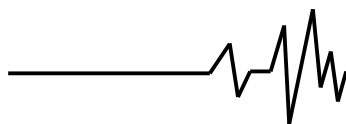
Удельный съем металла с единицы площади алюминиевых образцов в ПТ-15 и ПТ-20,  $Q_s, \text{г/мм}^2 \cdot 10^6$

Тип гранул	Время обработки, мин.					$Q_{S \text{ ср}}, \text{г/час} \times \text{мм}^2 \times 10^{-6}$
	30	60	90	120	150	
<b>5 группа</b>						
ПТ-15	1,698	2,946	3,878	4,677	5,3925	1,487
ПТ-20	4,269	6,549	8,621	10,528	12,3511	3,385
<b>6 группа</b>						
ПТ-15	2,259	3,477	4,481	5,273	5,9683	1,717
ПТ-20	4,558	7,339	9,851	12,091	14,0999	3,835
<b>7 группа</b>						
ПТ-15	2,487	3,689	4,725	5,554	6,2584	1,817
ПТ-20	4,086	7,472	10,298	12,816	15,1669	3,987
<b>8 группа</b>						
ПТ-15	2,099	3,609	4,897	6,044	7,108	1,901
ПТ-20	4,294	8,255	12,017	15,545	18,841	4,716

Таблица 5

Съем металла с поверхностей латунных образцов в ПТ-15 и ПТ-20,  $Q, \text{г}$

№ группы (масса образца, г)	Время обработки, мин.					$Q_{\text{ср}}, \text{г/час}$
	30	60	90	120	150	
<b>ПТ-15</b>						
1 группа (80)	0,0098	0,0174	0,0236	0,0289	0,0332	0,0133
2 группа (83)	0,0115	0,0201	0,027	0,0332	0,0388	0,0155
3 группа (58)	0,0087	0,0159	0,0223	0,0279	0,0327	0,0131
4 группа (106)	0,0204	0,0342	0,0449	0,0536	0,0619	0,0248
<b>ПТ-20</b>						
1 группа (80)	0,0262	0,0448	0,0612	0,0754	0,0885	0,0354
2 группа (83)	0,0277	0,0463	0,0627	0,0779	0,0925	0,0370
3 группа (58)	0,0181	0,0339	0,0491	0,0639	0,0775	0,0314
4 группа (106)	0,0474	0,0829	0,1127	0,1391	0,164	0,0656



Таблиця 6

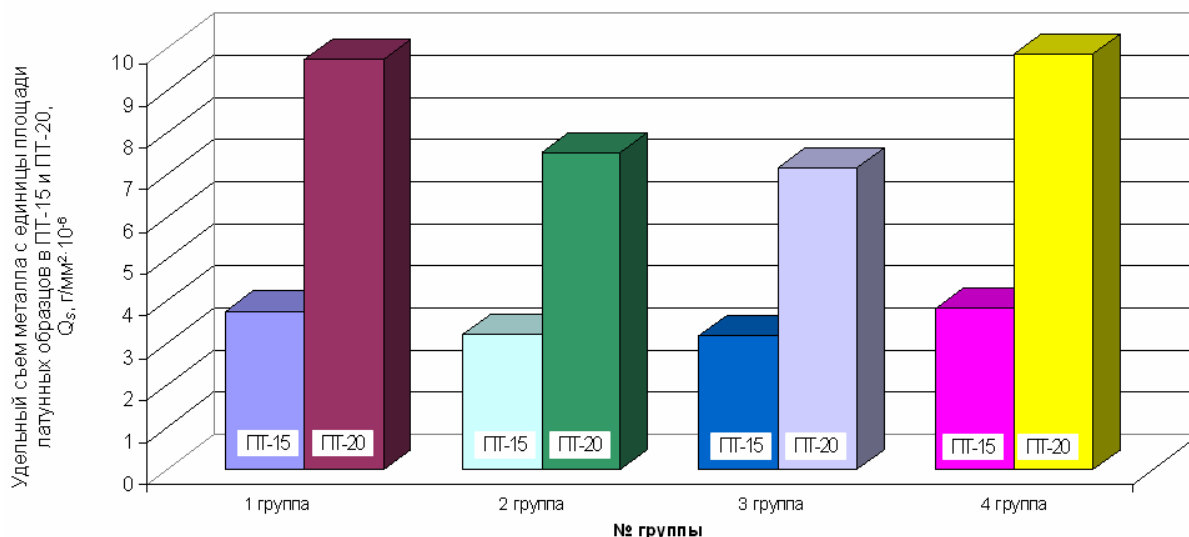
**Съем металла с поверхностей алюминиевых образцов в ПТ-15 и ПТ-20, Q, г**

№ группы (масса образца, г)	Время обработки, мин.					Q <sub>ср</sub> , г/час
	30	60	90	120	150	
<b>ПТ-15</b>						
5 группа (25)	0,006	0,0089	0,0114	0,0134	0,0151	0,006
6 группа (36)	0,0075	0,0129	0,0175	0,0216	0,0254	0,0102
7 группа (51)	0,0117	0,018	0,0232	0,0273	0,0309	0,0116
8 группа (80)	0,0102	0,0177	0,0233	0,0281	0,0324	0,013
<b>ПТ-20</b>						
5 группа (25)	0,0103	0,0158	0,0208	0,0254	0,0298	0,0120
6 группа (36)	0,0146	0,0267	0,0368	0,0458	0,0542	0,0217
7 группа (51)	0,0236	0,038	0,051	0,0626	0,073	0,0292
8 группа (80)	0,0258	0,0496	0,0722	0,0934	0,1132	0,0453

Таблиця 7

**Удельный съем металла с единицы площади латунных образцов в ПТ-15 и ПТ-20, Q<sub>s</sub>, г/мм<sup>2</sup>·10<sup>6</sup>**

№ группы (масса образца, г)	Время обработки, мин.					Q <sub>s</sub> ср, г/час·мм <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup>
	30	60	90	120	150	
<b>ПТ-15</b>						
1 группа (80)	4,0833	7,2500	9,8333	12,0417	13,8333	3,7633
2 группа (83)	3,5215	6,1549	8,2678	10,1663	11,8811	3,1993
3 группа (58)	3,2115	5,8693	8,2318	10,2990	12,0709	3,1746
4 группа (106)	4,5473	7,6234	10,0085	11,9478	13,7979	3,8340
<b>ПТ-20</b>						
1 группа (80)	10,9167	18,6667	25,5000	31,4167	36,8750	9,7383
2 группа (83)	8,4821	14,1777	19,1996	23,8541	28,3248	7,5231
3 группа (58)	6,6799	12,5110	18,1206	23,5826	28,6018	7,1597
4 группа (106)	10,5658	18,4789	25,1215	31,0063	36,5566	9,8700



**Рис. 10. Диаграмма, отражающая зависимость удельного съема металла с единицы площади латунных образцов от массы абразивных гранул (ПТ-15, m<sub>г</sub>=12,5 г и ПТ-20, m<sub>г</sub>=32,5 г)**

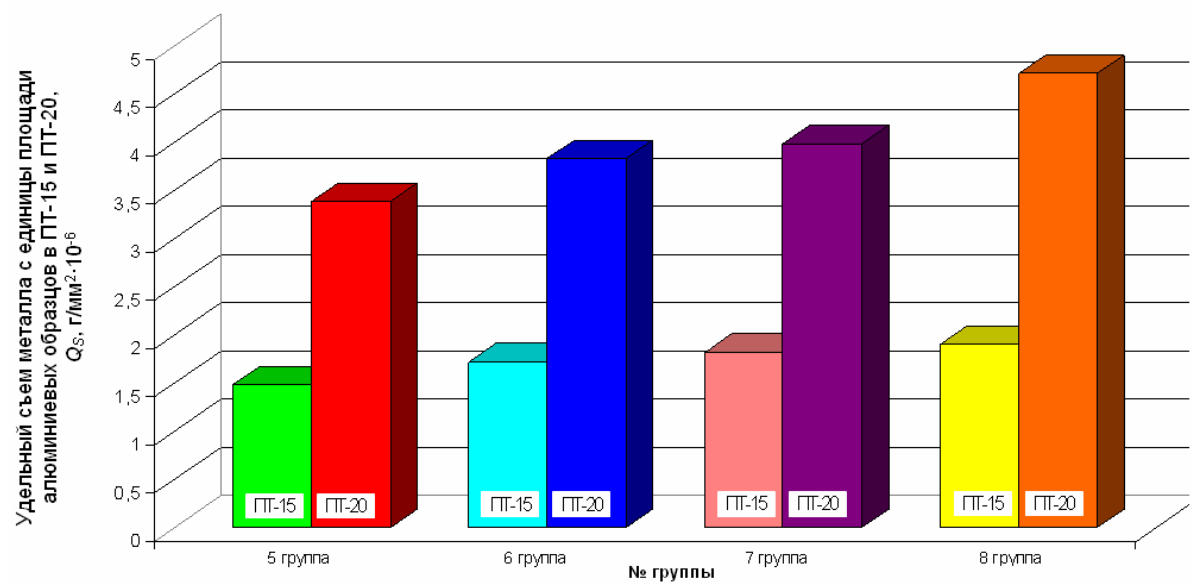
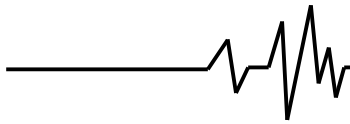
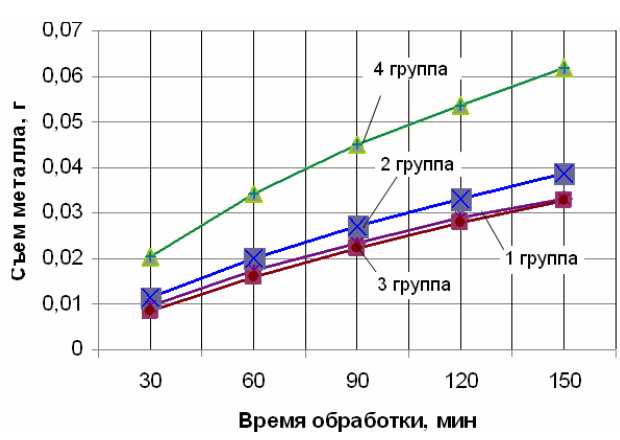


Рис. 11. Диаграмма, отражающая зависимость удельного съема металла с единицы площади алюминиевых образцов от массы абразивных гранул (ПТ-15,  $m_2=12,5$  г и ПТ-20,  $m_2=32,5$  г)

Таблица 8  
Удельный съем металла с единицы площади алюминиевых образцов в ПТ-15 и ПТ-20,  $Q_s, \text{ г/мм}^2 \cdot 10^6$

№ группы (масса образца, г)	Время обработки, мин.					$Q_{s \text{ ср}}, \text{ г/час} \cdot \text{мм}^2 \cdot 10^{-6}$
	30	60	90	120	150	
<b>ПТ-15</b>						
5 группа (25)	1,6977	2,9459	3,8780	4,6769	5,3925	1,4873
6 группа (36)	2,2598	3,4767	4,4811	5,2730	5,9683	1,7167
7 группа (51)	2,4868	3,6888	4,7249	5,5539	6,2584	1,8170
8 группа (80)	2,0987	3,6098	4,8971	6,0444	7,1078	1,9006
<b>ПТ-20</b>						
5 группа (25)	4,2690	6,5486	8,6209	10,5275	12,3511	3,3854
6 группа (36)	4,5583	7,3397	9,8506	12,0912	14,0999	3,8352
7 группа (51)	4,0856	7,4715	10,2979	12,8164	15,1669	3,9871
8 группа (80)	4,2941	8,2553	12,0167	15,5452	18,8406	4,7162



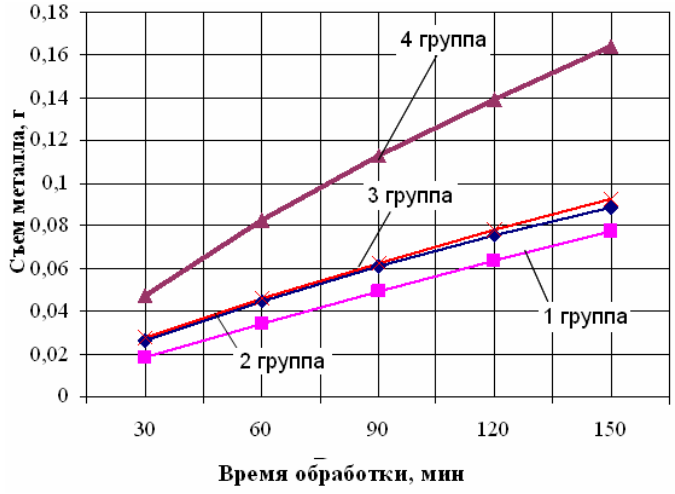
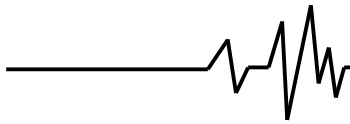
$$\frac{m_{4зр}}{m_{3зр}} = 1,8 ; \frac{Q_{ср4зр}}{Q_{ср3зр}} = 1,9$$

$$\frac{m_{2зр}}{m_{3зр}} = 1,4 ; \frac{Q_{ср2зр}}{Q_{ср3зр}} = 1,2$$

$$\frac{m_{1зр}}{m_{3зр}} = 1,4 ; \frac{Q_{ср1зр}}{Q_{ср3зр}} = 1,1$$

Рис. 12. Зависимость фактического съема металла с поверхностей латунных образцов различной массы от времени в ПТ-15



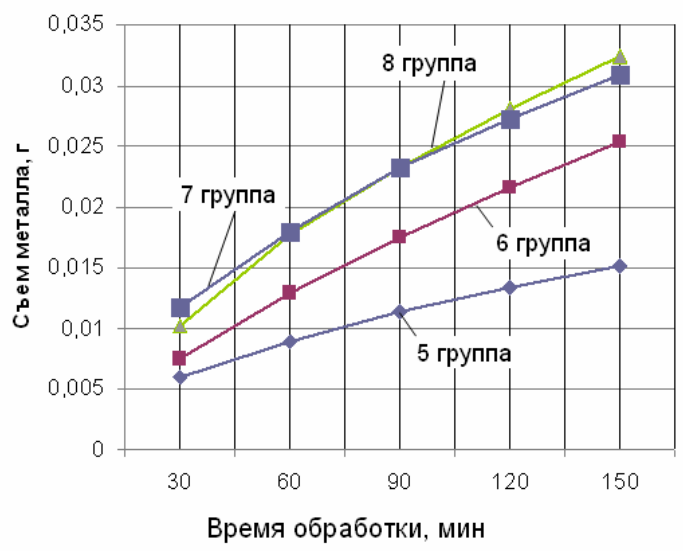


$$\frac{m_{4zp}}{m_{3zp}} = 1,8; \quad \frac{Q_{cp4zp}}{Q_{cp3zp}} = 2,0$$

$$\frac{m_{2zp}}{m_{3zp}} = 1,4; \quad \frac{Q_{cp2zp}}{Q_{cp3zp}} = 1,2$$

$$\frac{m_{1zp}}{m_{3zp}} = 1,4; \quad \frac{Q_{cp1zp}}{Q_{cp3zp}} = 1,1$$

Рис. 13. Зависимость фактического съема металла с поверхностей латунных образцов различной массы от времени в ПТ-20

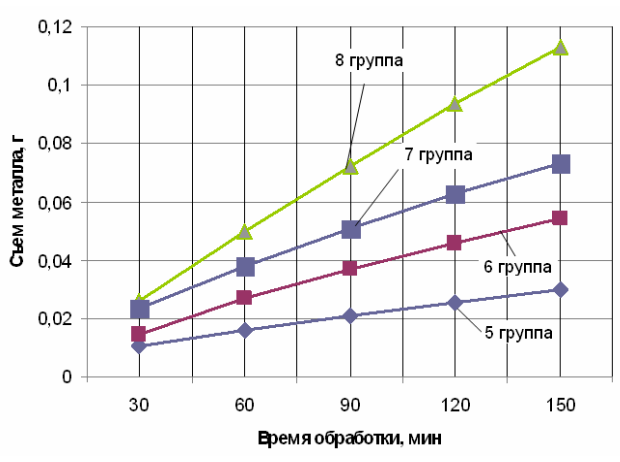


$$\frac{m_{6zp}}{m_{5zp}} = 1,4; \quad \frac{Q_{cp6zp}}{Q_{cp5zp}} = 1,7$$

$$\frac{m_{7zp}}{m_{5zp}} = 2; \quad \frac{Q_{cp7zp}}{Q_{cp5zp}} = 1,9$$

$$\frac{m_{8zp}}{m_{5zp}} = 3,2; \quad \frac{Q_{cp8zp}}{Q_{cp5zp}} = 2,2$$

Рис. 14. Зависимость фактического съема металла с поверхностей алюминиевых образцов различной массы от времени в ПТ-15

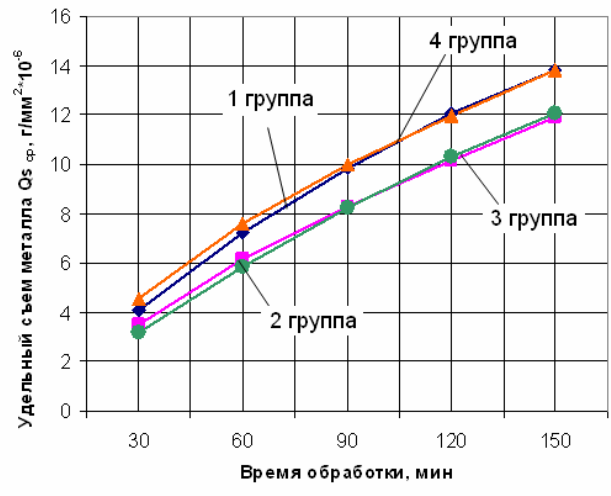


$$\frac{m_{6zp}}{m_{5zp}} = 1,4; \quad \frac{Q_{cp6zp}}{Q_{cp5zp}} = 1,8$$

$$\frac{m_{7zp}}{m_{5zp}} = 2; \quad \frac{Q_{cp7zp}}{Q_{cp5zp}} = 2,4$$

$$\frac{m_{8zp}}{m_{5zp}} = 3,2; \quad \frac{Q_{cp8zp}}{Q_{cp5zp}} = 3,7$$

Рис. 15. Зависимость фактического съема металла с поверхностей алюминиевых образцов различной массы от времени в ПТ-20

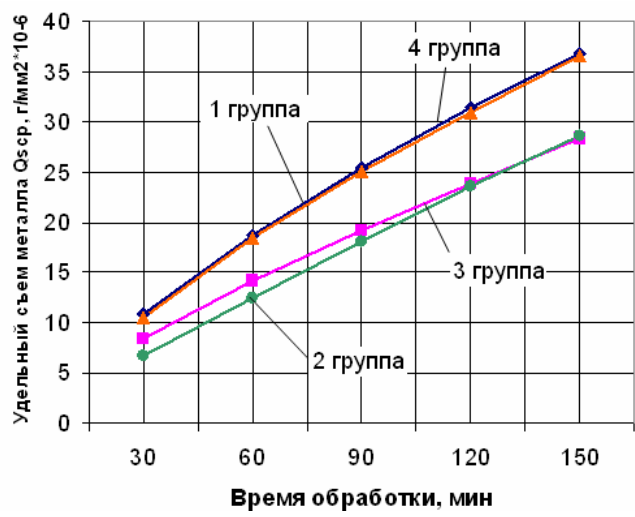


$$\frac{m_{4zp}}{m_{3zp}} = 1,8 ; \frac{Q_{scp4zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,2$$

$$\frac{m_{2zp}}{m_{3zp}} = 1,4 ; \frac{Q_{scp2zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,0$$

$$\frac{m_{1zp}}{m_{3zp}} = 1,4 ; \frac{Q_{scp1zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,2$$

Рис. 16. Зависимости удельного съема металла с единицы поверхностей латунных образцов различной массы от времени в ПТ-15

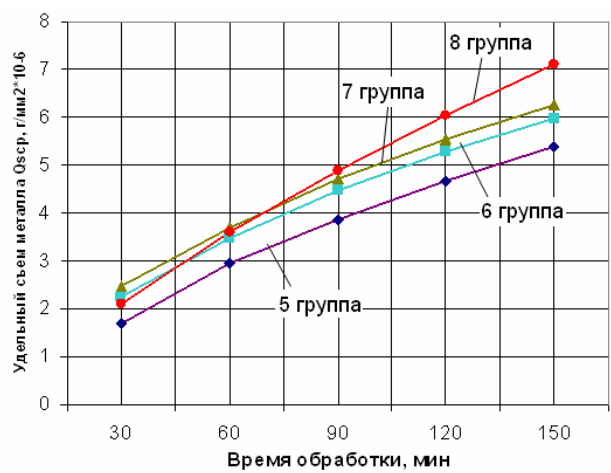


$$\frac{m_{4zp}}{m_{3zp}} = 1,8 ; \frac{Q_{scp4zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,4$$

$$\frac{m_{2zp}}{m_{3zp}} = 1,4 ; \frac{Q_{scp2zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,1$$

$$\frac{m_{1zp}}{m_{3zp}} = 1,4 ; \frac{Q_{scp1zp}}{Q_{scp3zp}} = 1,4$$

Рис. 17. Зависимости удельного съема металла с единицы поверхностей латунных образцов различной массы от времени в ПТ-20

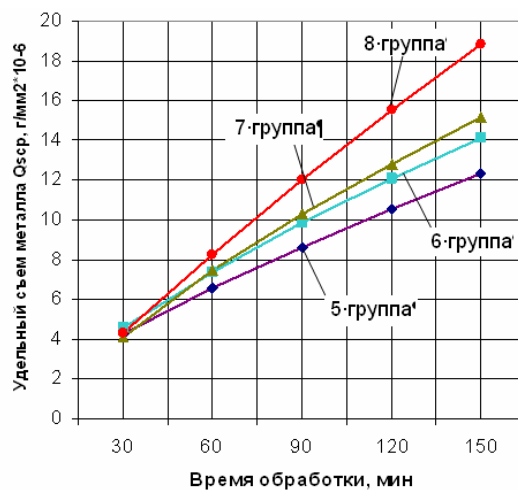
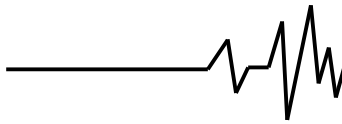


$$\frac{m_{6zp}}{m_{5zp}} = 1,4 ; \frac{Q_{scp6zp}}{Q_{scp5zp}} = 1,2$$

$$\frac{m_{7zp}}{m_{5zp}} = 2 ; \frac{Q_{scp7zp}}{Q_{scp5zp}} = 1,2$$

$$\frac{m_{8zp}}{m_{5zp}} = 3,2 ; \frac{Q_{scp8zp}}{Q_{scp5zp}} = 1,3$$

Рис. 18. Зависимости удельного съема металла с единицы поверхностей алюминиевых образцов различной массы от времени в ПТ-15



$$\frac{m_{6сп}}{m_{5сп}} = 1,4; \quad \frac{Q_{сп6сп}}{Q_{сп5сп}} = 1,1$$

$$\frac{m_{7сп}}{m_{5сп}} = 2; \quad \frac{Q_{сп7сп}}{Q_{сп5сп}} = 1,2$$

$$\frac{m_{8сп}}{m_{5сп}} = 3,2; \quad \frac{Q_{сп8сп}}{Q_{сп5сп}} = 1,4$$

**Рис. 19. Зависимости удельного съема металла с единицы поверхностей алюминиевых образцов различной массы от времени в ПТ-20**

значителен, чем при увеличении массы гранул. Например, с увеличением массы латунных образцов в 1,8 раза фактический съем, увеличивается в 1,9 раза, но удельный съем наиболее корректно характеризующий производительность процесса, увеличивается в 1,2 раза (это результаты по обработке в ПТ-15). В ПТ-20 наблюдается следующая картина: фактический съем металла увеличивается в 2 раза, а удельный – в 1,4 раза. Аналогичная картина наблюдается и при обработке алюминиевых образцов, а именно – при увеличении фактического съема в 2,2 раза удельный съем увеличивается в 1,3 раза (ПТ-15), а с увеличением фактического съема в 3,7 раза удельный увеличивается всего в 1,4 раза (ПТ-20), при этом масса образцов отличается в 3,2 раза. Т.е. влияние массы образца менее значительно, чем масса гранулы. Это в какой-то степени опровергает общепринятое распространенное мнение, высказанное впервые в [4], о необходимости превышения массы обрабатываемой детали относительно массы гранулы в 30 раз, т.к., по мнению авторов, снижение массы детали приводит к снижению производительности.

Удельный съем еще раз подтвердил, что увеличение массы обрабатываемых изделий, наряду с массой используемого инструмента – абразивных гранул, сказывается на увеличении съема металла с поверхностей обрабатываемых изделий, но при этом форма и масса образца оказывает значительно меньшее влияние, чем масса применяемого инструмента.

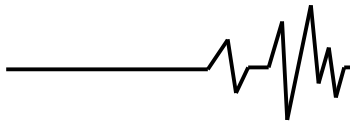
Целью дальнейших исследований было определение влияния характеристик материала изделий на съем металла.

Характеристики исследуемых материалов приведены в табл. 9. Проводилась обработка изделий одинаковой массы из латуни и алюминия, отличающихся по твердости в 1,6 раза. Обработка всех образцов производилась при помощи вышеуказанных гранул ПТ-15 и ПТ-20. Результаты исследований представлены в табл. 10 и на графиках – рис. 20, 21.

**Таблица 9  
Характеристики исследуемых материалов**

Материал образцов	Химический состав, %	Механические свойства		
		σ <sub>в</sub> , МПа	δ <sub>5</sub> , %	НВ
ЛС59-1Л	Cu 57-61 %; Pb 0,8-2 % Zn 37,4-42,2 %; Fe до 0,5 % P до 0,02 %	200	20	30
АЛ-9	Mg 0,2-0,4%; Si 6-8%; Ti ≥ 0,15%; Be ≥ 0,1%	160	2	50

В результате обработки образцов установлено, что съем металла отличается в 1,5-1,6 раза, т.е. четко прослеживается влияние материала на съем металла с их поверхностей. Конечно, следовало бы обработать материалы, отличающиеся не только твердостью, но и вязкостью, пластичностью и другими характеристиками, однако уже эти результаты подтверждают, что характеристики материала играют



немаловажную роль и остается поле деятельности для дальнейших исследований.

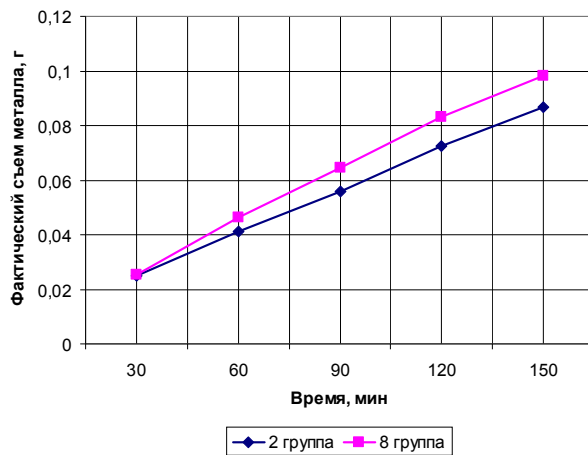
**Результаты подтвердили, что основными факторами, влияющими на**

**съем металла, являются, в первую очередь, масса абразивной гранулы и материал обрабатываемого изделия.**

Таблица 10

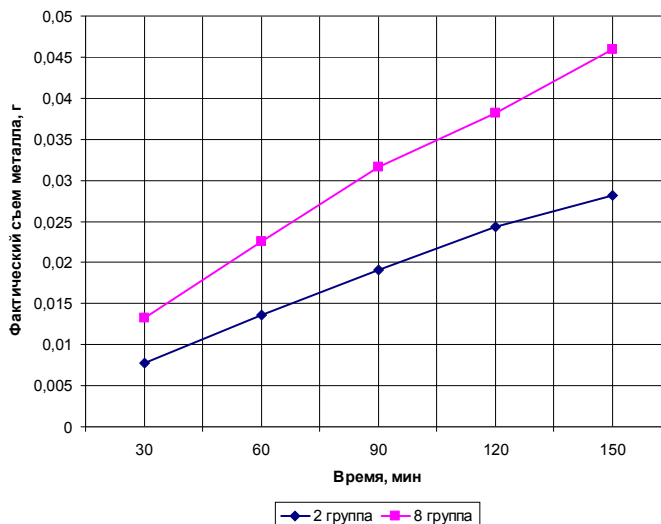
**Съем металла с поверхностей образцов 2 и 8 групп в ПТ-15 и ПТ-20**

№ группы (масса образца, г)	Время обработки, мин.					Q <sub>ср</sub> , г/час
	30	60	90	120	150	
ПТ-15						
2 группа (83)	0,0102	0,0177	0,0233	0,0281	0,0324	0,0113
8 группа (80)	0,0087	0,0159	0,0223	0,0279	0,0327	0,0184
ПТ-20						
2 группа (83)	0,0181	0,0339	0,0491	0,0639	0,0775	0,0310
8 группа (80)	0,0258	0,0496	0,0722	0,0934	0,1132	0,0453



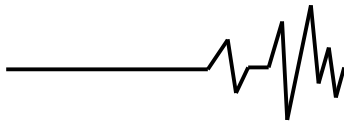
$$\frac{HB_{8ep}}{HB_{2ep}} = 1,6; \frac{Q_{8ep}}{Q_{2ep}} = 1,6$$

**Рис. 20. Зависимости фактического съема металла с поверхностей образцов 2 и 8 групп, близких по массе, от времени в ПТ-15**



$$\frac{HB_{8ep}}{HB_{2ep}} = 1,6; \frac{Q_{8ep}}{Q_{2ep}} = 1,5$$

**Рис. 21. Зависимости фактического съема металла с поверхностей образцов 2 и 8 групп, близких по массе, от времени в ПТ-20**



Несмотря на то, что значительное внимание в этих экспериментальных исследованиях было уделено количественным показателям процесса, однако одновременно производилась и качественная оценка, т.е.

производились исследования по изменению шероховатостей поверхностей обрабатываемых образцов (табл. 16, рис. 24).

Таблица 11

**Шероховатость поверхностей обрабатываемых образцов**

№ группы	Время обработки, мин.					
	0	30	60	90	120	150
1 группа	0,69	0,66	0,61	0,47	0,31	0,28
2 группа	0,55	0,48	0,43	0,39	0,31	0,2
3 группа	2,88	2,27	1,80	1,20	0,87	0,72
4 группа	0,55	0,47	0,42	0,39	0,28	0,26
5 группа	0,64	0,56	0,52	0,36	0,28	0,16
6 группа	2,00	1,68	1,20	0,83	0,67	0,59
7 группа	3,54	2,38	2,05	1,66	1,38	1,02
8 группа	0,82	0,63	0,52	0,47	0,35	0,28

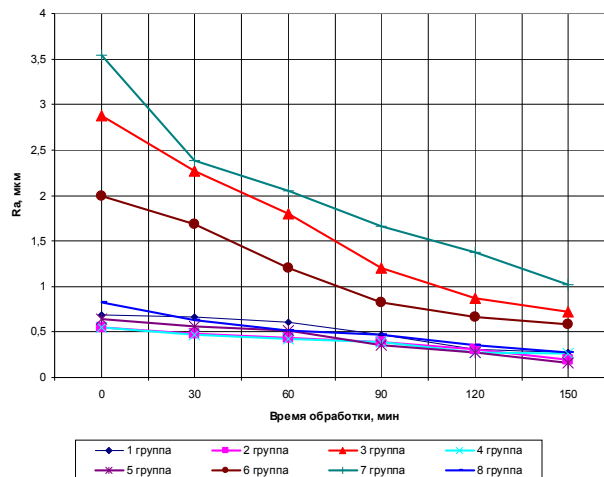


Рис. 22. Зависимость от времени шероховатости обрабатываемых образцов

**Заключение.** Результаты экспериментальных исследований показали изменение шероховатости поверхностей образцов из алюминия на два класса, а образцов из латуни на один класс. Изменение шероховатости образцов из алюминия связано с тем, что его начальная шероховатость была значительно выше, чем шероховатость латунных.

Приведенные зависимости свидетельствуют о возрастании съема в начальный период обработки и достаточно равномерном съеме металла в дальнейшем. Уменьшение интенсивности съема металла с увеличением времени обработки обусловлено удалением грубых неровностей исходной поверхности в первые минуты обработки, а дальнейший съем металла определяется только режущей способностью абразивных частиц и физико-механическими свойствами материала детали.

**Литература**

1. Бабичев А.П. Исследование технологических основ обработки деталей в среде колеблющихся тел (вибрационной обработки) с использованием низкочастотных вибраций: автореф. дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук: спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» / А.П. Бабичев. – Тула, 1975. – 62 с.
2. Кулаков Ю.М. Отделочно-зачистная обработка деталей / Ю.М. Кулаков, В.А. Хрульков. – М.: Машиностроение, 1979. – 216 с.
3. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей. - М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
4. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / И.Н. Карташов, М.Е. Шаинский, В.А. Власов, Б.П. Румянцев и др. - К.: Высшая школа, 1975. – 179 с.