



Шумакова Т. А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ

*В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению съема металла с поверхностей алюминиевых образцов, а также выявлена зависимость, отражающая влияние на производительность процесса виброобработки таких факторов, как: масса гранулы и образца, амплитуда колебаний и частота колебаний контейнера вибрационного станка.*

**Ключевые слова:** *съем металла, зависимость, метод наименьших квадратов.*

### 1. Введение

Современное развитие машиностроения требует высококачественного изготовления деталей машин. Производственный опыт свидетельствует о том, что высокие требования к качеству обработки поверхностей деталей нуждаются в совершенствовании процесса их обработки, в частности в отделочно-зачистных операциях. Эффективным и перспективным является вибрационный метод обработки деталей на станках с *U*-образной формой контейнера. На сегодняшний день очевидным становится наличие противоречивых результатов исследований съема металла в процессе виброабразивной обработки деталей, о которых говорится в работах [1–4]. В соответствии с этим актуальной научно-технической задачей применительно к вибрационной обработке является выявление зависимости, отражающей взаимосвязь основных факторов, оказывающих влияние на металосъем с поверхностей обрабатываемых изделий, а именно: амплитудно-частотных колебаний контейнера вибрационного станка, массы деталей и абразивных гранул.

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Так, по мнению авторов [1, 2], производительность вибрационной обработки с ростом амплитуды увеличивается, и поэтому, по их утверждению, следует выбирать наибольшие амплитуды колебаний для повышения интенсивности съема металла. В зависимости от частоты колебаний производительность процесса изменяется немонотонно. При обработке различных материалов, по мнению автора [2], имеется диапазон частот, для которых характерен наибольший съем металла, а именно: при обработке на частотах 30...40 Гц для деталей из бронзы, силумина и стали 3 он максимален. Однако уже последующие исследования [2, 5, 6] и результаты обработки деталей в НИЛ «ОСА» ВГУ им. В. Даля, в ДГТУ (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация), а также в рекомендациях зарубежных фирм Rösler, Trauvail (Германия) указано, что обработку деталей целесообразно производить на частоте 50 Гц и выше. Также известно, что увеличение массы гранул, сопровождается непрерывным ростом съема металла [1, 6, 7]. В то же

время авторы работы [8] указывают на отсутствие прямой зависимости между массой гранул и металосъемом.

Известен ряд теоретических зависимостей, используемых для определения величин съема металла от времени при вибрационной обработке. Все они отличны друг от друга. Анализ результатов исследований, приведенных в [5–7], выявил, что решение данного вопроса имеет два основных подхода: определение съема металла единичным зерном абразивного инструмента и единичной гранулой определенной геометрической формы. Второй из перечисленных подходов более приемлем, так как свойственен именно для финишных методов обработки на станках без жесткой кинематической связи, один из которых (вибрационная обработка на станках с *U*-образным контейнером) рассматривается в данной статье.

### 3. Цель и задачи исследования

Цель работы — на основании полученных результатов экспериментальных исследований, выявить математическую зависимость модели адекватно описывающей влияние на съем металла массы гранулы и обрабатываемого изделия, а также режимов обработки — частоты и амплитуды колебаний контейнера.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать факторы, влияющие на повышение производительности вибрационной обработки деталей.
2. Составить план проведения экспериментальных исследований и провести эксперименты согласно.
3. Используя метод наименьших квадратов выявить математическую зависимость, отражающую влияние на съем металла с поверхностей деталей амплитудно-частотных характеристик работы вибрационного станка и массы абразивной гранулы и обрабатываемой детали.

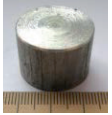
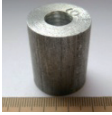

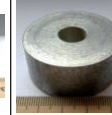
### 4. Результаты исследований влияния на производительность процесса виброобработки основных факторов

Для достижения поставленной цели был проведен ряд экспериментальных исследований. Для проведения исследований было изготовлено 4 группы образцов (по 20 шт. каждая) различных размеров, выполненные из

алюминия марки АЛ 9 ГОСТ 1583-93. Перед проведением исследований все образцы были промаркированы и взвешены. Характеристика исследуемых образцов приведена ниже в табл. 1. Экспериментальные исследования проводились на вибрационном станке модели УВИ 25 с варьированием режимов работы в следующих пределах: частотой колебаний контейнера  $\omega = 34 \div 63$  Гц, и амплитуды колебаний  $A = 1 \div 3,5$  мм. Обработка производилась в течение 180 мин., через каждые 30 мин. все образцы взвешивались.

Таблица 1

Характеристика исследуемых образцов

№ группы образца	1	2	3	4
Внешний вид				
Размер, $d \times l$ , мм	24 × 20	25 × 33	16 × 95	45 × 20
Масса исследуемого образца, $M$ , г	25	36	51	80
Суммарная площадь поверхностей, $S$ , см <sup>2</sup>	24,13	35,74	51,77	60,08

Для проведения исследований в качестве рабочей среды использовались одни из наиболее распространенных в промышленности формованные гранулы Московского абразивного завода в виде трехгранных призм – ПТ-10 ( $m = 2,55$  г), ПТ-15 ( $m = 9,66$  г), ПТ-20 ( $m = 29,01$  г) и ПТ-25 ( $m = 52,6$  г) (рис. 1), имеющие одинаковый состав: абразивные зерна электрокорунда зернистостью № 40 (ГОСТ 3647-80); связку керамическую СТ (ТУ 2-036-205-73). При этом исследуемые гранулы имели различные массы, значения которых приведены ниже в табл. 2.

Целью проведения экспериментальных исследований было выявления влияния массы гранул, массы исследуемых образцов и режимов (амплитуды и частоты колебаний контейнера) на производительность процесса вибрационной обработки.

План проведения опытов и исходные данные приведены в табл. 2.

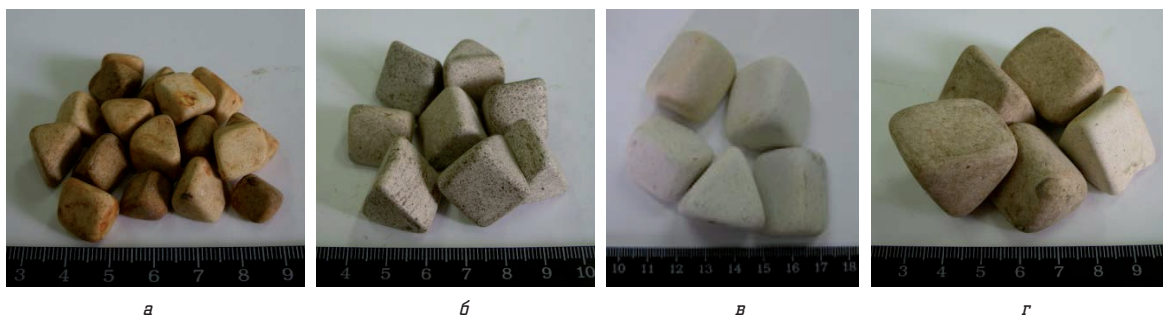


Рис. 1. Исследуемые абразивные гранулы: а — ПТ-10; б — ПТ-15; в — ПТ-20; г — ПТ-25

Таблица 2

План проведения опытов

Исследуемая функция	№ серии опыта	№ опыта	$M$ , г	$m$ , г	$A$ , мм	$\omega$ , Гц
$Q = f(M)$	1	1	25	9,66	2,5	50
		2	36	9,66	2,5	50
		<b>3</b>	<b>51</b>	<b>9,66</b>	<b>2,5</b>	<b>50</b>
		4	80	9,66	2,5	50
$Q = f(m)$	2	5	51	2,55	2,5	50
		<b>6</b>	<b>51</b>	<b>9,66</b>	<b>2,5</b>	<b>50</b>
		7	51	29,01	2,5	50
$Q = f(A)$	3	8	51	52,6	2,5	50
		9	51	9,66	1	50
		10	51	9,66	1,5	50
		<b>11</b>	<b>51</b>	<b>9,66</b>	<b>2,5</b>	<b>50</b>
$Q = f(\omega)$	4	12	51	9,66	3,5	50
		13	51	9,66	2,5	34
		14	51	9,66	2,5	43
		<b>15</b>	<b>51</b>	<b>9,66</b>	<b>2,5</b>	<b>50</b>
		16	51	9,66	2,5	63

Для большей адекватности полученных результатов, а так же для их сравнения с результатами других авторов в случае определения съема металла были определены его удельные значения, а именно к съему металла с единицы площади исследуемого образца в единицу времени – 1 час. Для этого полученные средние значения (с поверхностей 20 образцов каждой из исследуемых групп) съема металла следует разделить на суммарную площадь всех поверхностей образца, умноженную на время их обработки:

$$Q_0 = \frac{Q_i}{S_i \cdot t}, \tag{1}$$

где  $Q_i$  – съем металла, г;  $S_i$  – суммарная площадь всех обрабатываемых поверхностей исследуемого образца, см<sup>2</sup>;  $t$  – время обработки образца, ч.

Для получения исходной математической зависимости – уравнения регрессии был применен метод наименьших квадратов [9]. При этом исследуемая функция имела вид:

$$Q = f(M, m, \omega, A). \tag{2}$$

Опишем исследуемую функцию общей степенной зависимостью:

$$Q = C_Q \cdot M^{n_1} \cdot m^{n_2} \cdot A^{n_3} \cdot \omega^{n_4}, \quad (3)$$

где  $Q$  — съем металла, г/ч · см<sup>2</sup>;  $C_Q$  — постоянный коэффициент, учитывающий влияние факторов, не вошедших в исследуемую зависимость и являющийся постоянным в течение всех исследований;  $n_1, n_2, n_3, n_4$  — показатели, характеризующие степень влияния каждого фактора на исследуемый параметр.

Для нахождения коэффициентов полученного уравнения используем широко распространенный метод наименьших квадратов [10]. При этом согласно [10] значения коэффициентов  $A$  и  $B$  можно вычислить используя следующие выражения:

$$A_i = \lg C_{Q_i} = \frac{\sum x_i^2 \cdot \lg y_i - \sum x_i \cdot \sum (x_i \cdot \lg y_i)}{N \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}, \quad (4)$$

$$B_i = n_i = \frac{N \cdot \sum (x_i \cdot \lg y_i) - \sum x_i \cdot \sum \lg y_i}{N \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}. \quad (5)$$

Как указано в [10] значения констант  $A$  и  $B$  удобно вычислить табличным методом. Результаты расчетов приведены ниже в виде зависимостей (6–9):

$$C_{Q_M} = 0,7978 \cdot M_i^{0,2038}, \quad (6)$$

$$C_{Q_m} = 0,3159 \cdot m_i^{0,7708}, \quad (7)$$

$$C_{Q_A} = 0,5979 \cdot A_i^{1,3154}, \quad (8)$$

$$C_{Q_\omega} = 0,1382 \cdot \omega_i^{0,6434}. \quad (9)$$

Результаты экспериментальных и расчетных данных приведены ниже в табл. 3. Как указывают авторы работы [10] отклонение расчетных значений частных зависимостей от данных, полученных опытным путем, можно определить используя выражение (результаты расчета в табл. 3):

$$\Delta = \frac{Q_s - Q_p}{Q_s} \cdot 100 \%, \quad (10)$$

где  $\Delta$  — погрешность расчетных значений частных зависимостей от данных, полученных опытным путем, %;  $Q_s$  — экспериментальное значение съема металла, г/ч · см<sup>2</sup>;  $Q_p$  — расчетное значение съема металла, г/ч · см<sup>2</sup>.

Согласно плана проведения опытов 3-й, 6-й, 11-й и 15-й опыты проводились при одних и тех же условиях, следовательно, для указанных случаев зависимость (2) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} Q &= C_Q \cdot M_3^{n_1} \cdot m_6^{n_2} \cdot A_{11}^{n_3} \cdot \omega_{15}^{n_4} = C_{Q_M} \cdot M_3^{n_1} = \\ &= C_{Q_m} \cdot m_6^{n_2} = C_{Q_A} \cdot A_{11}^{n_3} = C_{Q_\omega} \cdot \omega_{15}^{n_4}. \end{aligned} \quad (11)$$

Таблица 3

Результаты экспериментальных и расчетных данных

Исследуемая функция	№ серии опыта	№ опыта	$Q_s$ , г/ч · см <sup>2</sup>	$Q_p$ , г/ч · см <sup>2</sup>	$\Delta$ , %
$Q = f(M)$	1	1	1,487	1,53741	-3,38996
		2	1,717	1,65601	3,5521
		<b>3</b>	<b>1,817</b>	<b>1,77783</b>	<b>2,155601</b>
		4	1,901	1,94866	-2,50736
$Q = f(m)$	2	5	0,657	0,65	1,064955
		<b>6</b>	<b>1,819</b>	<b>1,8146</b>	<b>0,241766</b>
		7	3,987	4,23544	-6,23122
		8	7,028	6,70047	4,660318
$Q = f(A)$	3	9	0,6751	0,5979	11,43534
		10	0,8842	1,0192	-15,2679
		<b>11</b>	<b>1,8159</b>	<b>1,99562</b>	<b>-9,89711</b>
		12	3,4853	3,10667	10,8637
$Q = f(\omega)$	4	13	1,2944	1,33613	-3,22408
		14	1,579	1,55406	1,579251
		<b>15</b>	<b>1,816</b>	<b>1,71243</b>	<b>5,703378</b>
		16	1,904	1,98696	-4,35726

Приравнивая попарно члены этого уравнения, получим:

$$\begin{aligned} C_{Q_1} &= \frac{C_{Q_M}}{m^{0,7708} \cdot A^{1,3154} \cdot \omega^{0,6434}} = \\ &= \frac{0,7978}{9,66^{0,7708} \cdot 2,5^{1,3154} \cdot 50^{0,6434}} = 0,0034, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} C_{Q_2} &= \frac{C_{Q_m}}{M^{0,2038} \cdot A^{1,3154} \cdot \omega^{0,6434}} = \\ &= \frac{0,3159}{51^{0,2038} \cdot 2,5^{1,3154} \cdot 50^{0,6434}} = 0,0035, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} C_{Q_3} &= \frac{C_{Q_A}}{m^{0,7708} \cdot M^{0,2038} \cdot \omega^{0,6434}} = \\ &= \frac{0,5979}{9,66^{0,7708} \cdot 51^{0,2038} \cdot 50^{0,6434}} = 0,0188, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} C_{Q_4} &= \frac{C_{Q_\omega}}{M^{0,2038} \cdot A^{1,3154} \cdot m^{0,7708}} = \\ &= \frac{0,1382}{51^{0,2038} \cdot 2,5^{1,3154} \cdot 9,66^{0,7708}} = 0,0032. \end{aligned} \quad (15)$$

С учетом проведенных расчетов зависимостей (12–15) и выведенных частных зависимостей (6–9) постоянный коэффициент  $C_Q$ , а соответственно и общая зависимость будет иметь вид:

$$\begin{aligned} C_Q &= \frac{C_{Q_1} + C_{Q_2} + C_{Q_3} + C_{Q_4}}{4} = \\ &= \frac{0,0034 + 0,0035 + 0,0188 + 0,0032}{4} = 0,0072, \end{aligned} \quad (16)$$

$$Q = 0,0072 \cdot M^{0,2038} \cdot m^{0,7708} \cdot A^{1,3154} \cdot \omega^{0,6434} \quad (17)$$

Произведем проверку для обобщенной зависимости (16) используя данные опыта № 3 первой серии. В результате получим:

$$Q = 0,0072 \cdot 51^{0,2038} \cdot 9,66^{0,7708} \times \\ \times 2,5^{1,3154} \cdot 50^{0,6434} = 1,997 \text{ г/ч} \cdot \text{см}^2. \quad (18)$$

Опытное значение эксперимента № 3  $Q_{\text{э}} = 1,817 \text{ г/ч} \cdot \text{см}^2$ , следовательно с учетом результатов расчетов зависимости (18) получим следующее отклонение расчетных значений общей зависимости 17 от данных, полученных опытным путем:

$$\Delta Q = \frac{Q_{\text{э}} - Q_{\text{р.ср.}}}{Q_{\text{э}}} \cdot 100 \% = \\ = \frac{1,817 - 1,997}{1,817} \cdot 100 \% = -9,9 \% \quad (19)$$

## 5. Обсуждение результатов исследования влияния на производительность процесса виброобработки основных факторов

В результате обработки опытных данных с использованием метода наименьших квадратов получены частные и общая эмпирические зависимости съема металла от амплитудно-частотных характеристик процесса виброобработки и массы гранул и образцов, которые показывают, что с увеличением величины частоты колебаний контейнера  $\omega$ , амплитуды колебаний  $A$ , массы гранул  $m$  и массы образцов  $M$  съем металла с поверхностей алюминиевых образцов растет. Судя по показателям степеней при факторах, наибольшее влияние на съем металла с поверхностей исследуемых образцов оказывает амплитуда колебаний контейнера вибрационного станка, а наименьшее — масса обрабатываемого изделия. Полученные результаты совпадают с результатами экспериментальных исследований, приведенными в работе.

Проведенное сравнение результатов экспериментальных и теоретических исследований показали их хорошую сходимость. Максимальная погрешность составляет 10,86 %, что вполне допустимо.

Полученная в ходе экспериментальных и теоретических исследований модель адекватна и может быть использована при моделировании процесса вибрационной обработки образцов выполненных из алюминия марки АЛ-9, а полученная зависимость может быть рекомендована для применения в инженерной практике.

Полученная в работе зависимость отражает влияние лишь основных факторов процесса виброобработки, поскольку, как указывалось ранее, многие исследователи сошлись во мнениях о степени влияния: концентрации абразивных зерен и зернистости гранул, характеристика связки и время обработки. При этом остались неохваченными такие важные факторы, как, форма гранул, наличие средств интенсификации процесса, таких как особые свойства футеровки и специальные приспособления, для ликвидации пассивных зон и зон вторичной циркуляции

рабочей среды в контейнере станка. Решение этих вопросов может служить целью проведения дальнейших исследований процесса вибрационной обработки.

## 6. Выводы

1. Проанализированы факторы процесса вибрационной обработки, оказывающие влияние на повышение его производительности и установлено, что на сегодняшний день нет единого мнения о степени влияния таких факторов, как, масса абразивных гранул, масса деталей, амплитуда и частота колебаний контейнера станка.

2. Проведен ряд экспериментальных исследований, направленный на определение съема металла с поверхностей латунных образцов различной массы, в рабочих средах, состоящих из абразивных гранул в форме трехгранных призм имеющих различную массу. Экспериментальные исследования образцов каждой групп проводились при различных амплитудно-частотных характеристиках процесса. В итоге установлено, что с увеличением перечисленных параметров съем металла с поверхностей образцов возрастает. Так увеличение массы образцов в 3,2 раза привело к увеличению съема металла в 1,28 раза, а увеличение массы гранул, амплитуды и частоты колебаний контейнера в 20,6 в 3,5 и в 1,85 раза соответственно привело к увеличению съема в 10,7 в 5,2 и в 1,47 раза. Из полученных результатов можно сделать вывод, что наибольшее влияние на производительность процесса оказывает увеличение частоты колебаний контейнера вибрационного станка.

3. Путем моделирования получена зависимость:

$$Q = 0,0072 \cdot M^{0,2038} \cdot m^{0,7708} \cdot A^{1,3154} \cdot \omega^{0,6434},$$

отражающая влияние основных факторов процесса вибрационной обработки, а именно режимов обработки, массы обрабатываемых изделий и абразивных гранул, на основной показатель производительности процесса — съем металла. Полученная расчетная зависимость может быть использована для любых значений  $M$ ,  $m$ ,  $A$ ,  $\omega$  в принятых при исследованиях пределах.

## Литература

1. Бабичев, А. П. Основы вибрационной технологии [Текст]. Часть 2. Технология вибрационной обработки / А. П. Бабичев. — Ростов-на-Дону: ДГТУ, 1994. — 89 с.
2. Венцкевич, Гж. Влияние некоторых параметров абразивного наполнителя на эффективность процесса шлифования в вибрирующих резервуарах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Гжегож Венцкевич. — Одесса, 1986. — 175 с.
3. Кулаков, Ю. М. Отделочно-зачистная обработка деталей [Текст] / Ю. М. Кулаков, В. А. Хрульков. — М.: Машиностроение, 1979. — 216 с.
4. Бабичев, А. П. Справочник инженера-технолога в машиностроении [Текст] / А. П. Бабичев, И. М. Чукарина, Т. Н. Рысева, П. Д. Мотренко. — Ростов н/Д: «Феникс», 2005. — 541 с.
5. Бранспиз, Е. В. Повышение эффективности виброабразивной обработки путем рационального выбора ее основных параметров [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Е. В. Бранспиз. — Харьков, 2002. — 265 с.
6. Fedorovich, V. A. Mathematical Simulation of Kinematics of Vibrating Boiling Granular Medium at Treatment in the Oscillating Reservoir [Text] / V. A. Fedorovich, A. V. Mitsyk // Key Engineering Materials. — 2013. — Vol. 581. — P. 456–461. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.581.456

7. Бабичев, А. П. Отделочно-упрочняющая обработка деталей многоконтактным виброударным инструментом [Текст] / А. П. Бабичев. — Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2003. — 191 с.
8. Карташов, И. Н. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах [Текст] / И. Н. Карташов, М. Е. Шаинский, В. А. Власов, Б. П. Румянцев и др. — К.: Высшая школа, 1975. — 179 с.
9. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Наука, 1976. — 279 с.
10. Попов, С. П. Интенсификация процесса виброобразивной обработки за счет углов колебаний и поджатия рабочей среды [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.02.08 / С. П. Попов. — Воронеж: ВГТУ, 1994. — 16 с.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ВІБРООБРОБКИ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ

У статті наведено результати експериментальних і теоретичних досліджень з визначення знімання металу з поверх-

хонь алюмінієвих зразків, а також виявлена залежність, що відображає вплив на продуктивність процесу віброобробки таких факторів, як: маса гранули і зразка, амплітуда коливань і частота коливань контейнера вібраційного верстата.

**Ключові слова:** знімання металу, залежність, метод найменших квадратів.

*Шумакова Тетяна Александрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машиностроєння, станків і інструментів, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, Северодонецьк, Україна,  
e-mail: shumakovatatyana@yandex.ru.*

*Шумакова Тетяна Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра машинобудування, верстатів та інструментів, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, Северодонецьк, Україна.*

*Shumakova Tatyana, East Ukrainian National University Volodymyr Dahl, Severodonetsk, Ukraine,  
e-mail: shumakovatatyana@yandex.ru*

УДК 621.43

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.34778

Пасюта А. Г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ИЗНОСА РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

*В статье рассматриваются вопросы теоретических исследований изнашивания режущих элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью разработки технологического процесса их упрочнения, обеспечивающего с одной стороны повышение их долговечности, а с другой — обеспечение качества обработки почвы. Приводится зависимость интенсивности износа по длине режущей кромки культиваторной лапы.*

**Ключевые слова:** культиваторная лапа, деформирование, технологический процесс, абразивный износ, интенсивность износа.

### 1. Введение

Недостаточная надежность сельскохозяйственных машин вызывает значительные расходы запасных частей и, как следствие, повышение затрат на их эксплуатацию и ремонт.

Восстановление деталей позволяет ремонтным предприятиям сокращать время простоя, повышать качество технического обслуживания и ремонта, положительно влиять на улучшение показателей надежности и использование техники [1].

Экономическая сторона целесообразности проведения работ по восстановлению деталей заключается в снижении себестоимости ремонта за счет уменьшения расходов на новые запасные части и в сокращении производственных затрат при их эксплуатации.

Особый интерес представляют рабочие органы почвообрабатывающих машин, техническое состояние которых значительно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. При восстановлении указанных деталей необходимо улучшить геометрию опорных и посадочных мест, повышать твердость и износостойкость рабочих поверхностей, что может быть достигнуто разработкой

и применением прогрессивных технологий, позволяющих значительно повысить качественные показатели восстанавливаемых деталей сельскохозяйственных машин [2].

Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки и применения эффективного метода обеспечения надежности почвообрабатывающих рабочих органов на основе полученных данных их изнашивания.

### 2. Анализ литературных данных

Одной из важнейших проблем сельскохозяйственного машиностроения является повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Существенная роль в обеспечении ресурса почвообрабатывающих машин отводится разработке и применению прогрессивных технологий, позволяющих значительно улучшить качественные показатели восстановленных стрелчатых лап культиваторов.

Вопросам повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин и повышения их надежности посвящены работы таких ученых, как: А. И. Бойко [3], П. М. Заико [4], М. И. Черновол,