

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ СИСТЕМЫ  
ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ  
ИНСТРУМЕНТА УСТАНОВКИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ НА ТОЧНОСТЬ  
И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛУЧАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ**

*Ш.С. Нозирзода,*

*Научный руководитель: С. Е., Бухаченко, к.т.н., доцент  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,  
тел.(3822)-444-555  
E-mail: ssn5@tpu.ru*

Аннотация: экономически целесообразно выполнять изготовление деталей сложной конфигурации с применением технологии гидроабразивной резки (ГАР). Однако, при ГАР не всегда возможно получить требуемую точность и качество поверхностей детали. В связи с этим, повышение производительности и точности гидроабразивных установок является актуальной задачей. В данной работе рассматривается влияние статической жесткости на точность и качество поверхностей получаемого изделия.

Ключевые слова: гидроабразивная резка (ГАР), точность, качество, жесткость, установка, система позиционирования.

Гидроабразивная обработка – самый прогрессивный способ высокопроизводительной обработки различных материалов. В связи с влиянием большого количества параметров оборудования и технологии резки разных материалов на точность и качество получаемых поверхностей для совершенствования технологии требуется установление различного рода закономерностей.

В настоящей работе рассмотрено влияние жесткости устройства позиционирования инструмента установки ГАР на точность и качество поверхностей изделия, рабочий чертеж которого представлен на рис.1.

Установочная платформа установки ГАР была разделена на 8 зон резания (рис.4). Резка детали выполнялась в зоне наибольшей конструкционной жесткости устройства позиционирования инструмента установки (зона V) и зоне наименьшей жесткости (зона VI). В данном эксперименте были выбраны 4 образца на две зоны полученные при разных режимах резания: два образца в зоне V при скорости резания Q3 (40 мм/мин) и Q4 (28 мм/мин), а также два образца в зоне VI при скорости резания Q3 (40 мм/мин) и Q4 (28 мм/мин). Режимы резания при ГАР определяются в зависимости от материала заготовки, толщины заготовки с помощью специализированного программного обеспечения.

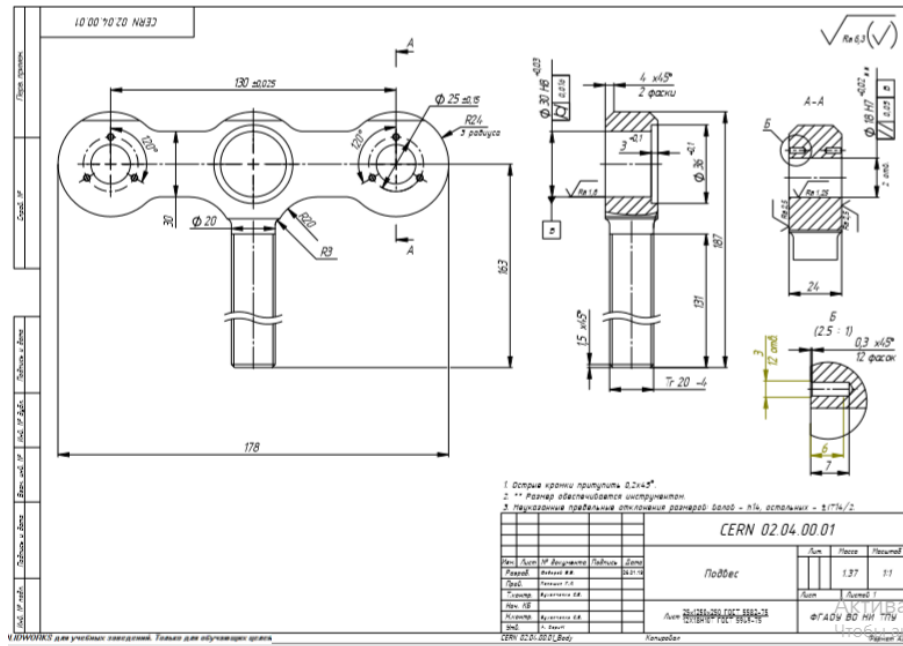


Рис.1 Чертеж детали «Подвеса»

Анализируя полученные данные видно, что при скорости резания Q3 центральное отверстие имеет максимальное отклонение на зоне VI, а при скорости Q4 - в зоне V, имеет более точную форму.

Таблица 1. Результаты измерения экспериментов.

Поверхность	Зона V				Зона VI			
	Режимы обработки							
	Q3		Q4		Q3		Q4	
	отклонение, мм		отклонение, мм		отклонение, мм		отклонение, мм	
Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	
Отверстие (28мм)	0,33	0,78	0,44	0,54	0,55	0,75	0,44	0,82
Отверстие 1 (16мм)	0,58		0,21	0,63	0,36	0,87	0,35	1,07
Отверстие 2 (16мм)	0,31	0,43	0,21	0,60	0,53	0,95	0,43	1,01
Размер 1 (30мм)	0,22	0,73	0,05	0,84	0,60	1,05	0,34	1,24
Размер 2 (30мм)	0,70	1,01	0,39	0,51	0,32	0,91	0,43	0,98

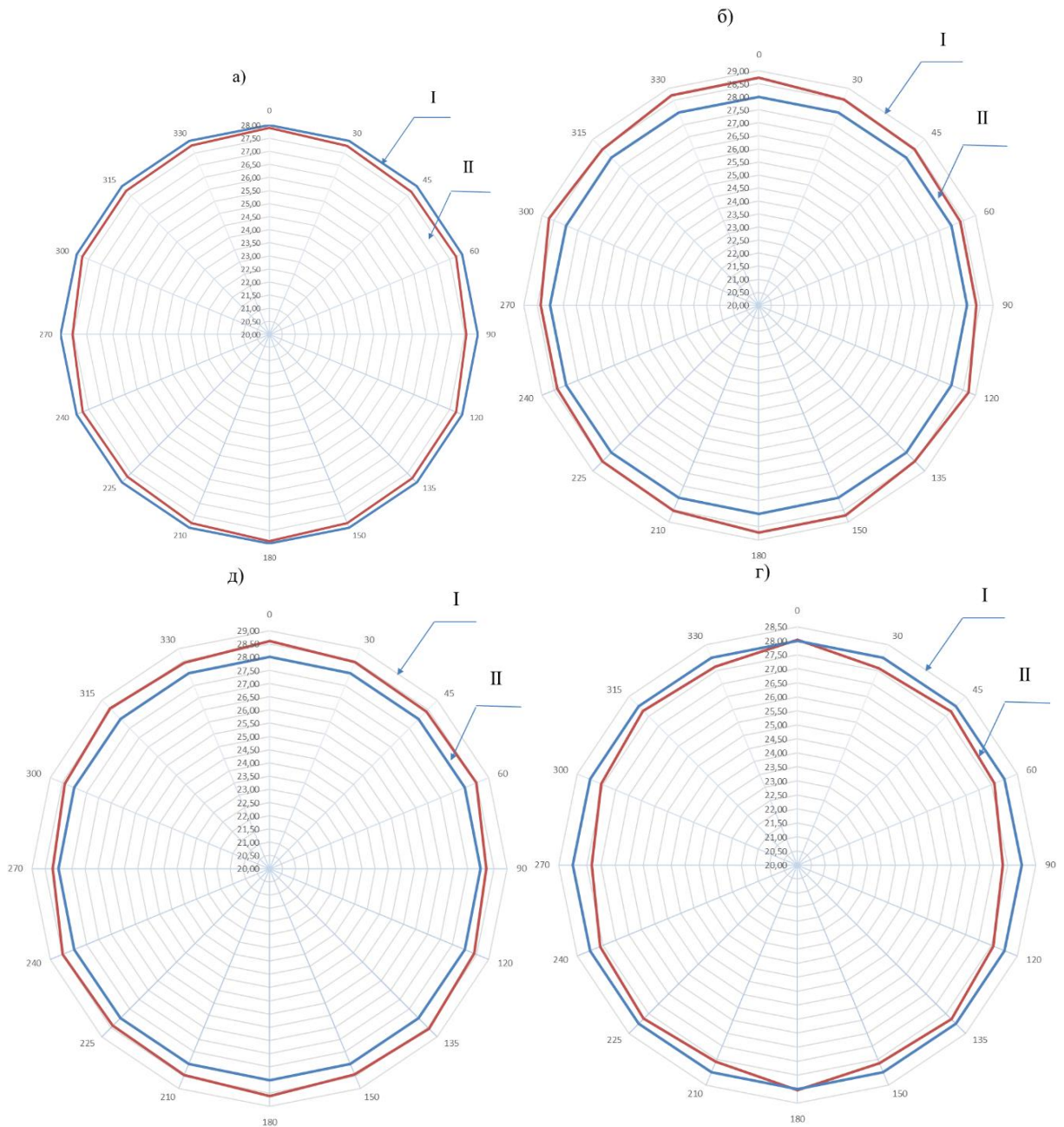


Рис.2. Зависимости изменения технологического (1) и реального (2) диаметров отверстия от угла измерения на входе струи: а - подача Q3, зона V; б – подача Q3, зона – VI;  
в – подача Q4, зоне V; г – подача Q4, зона VI,).

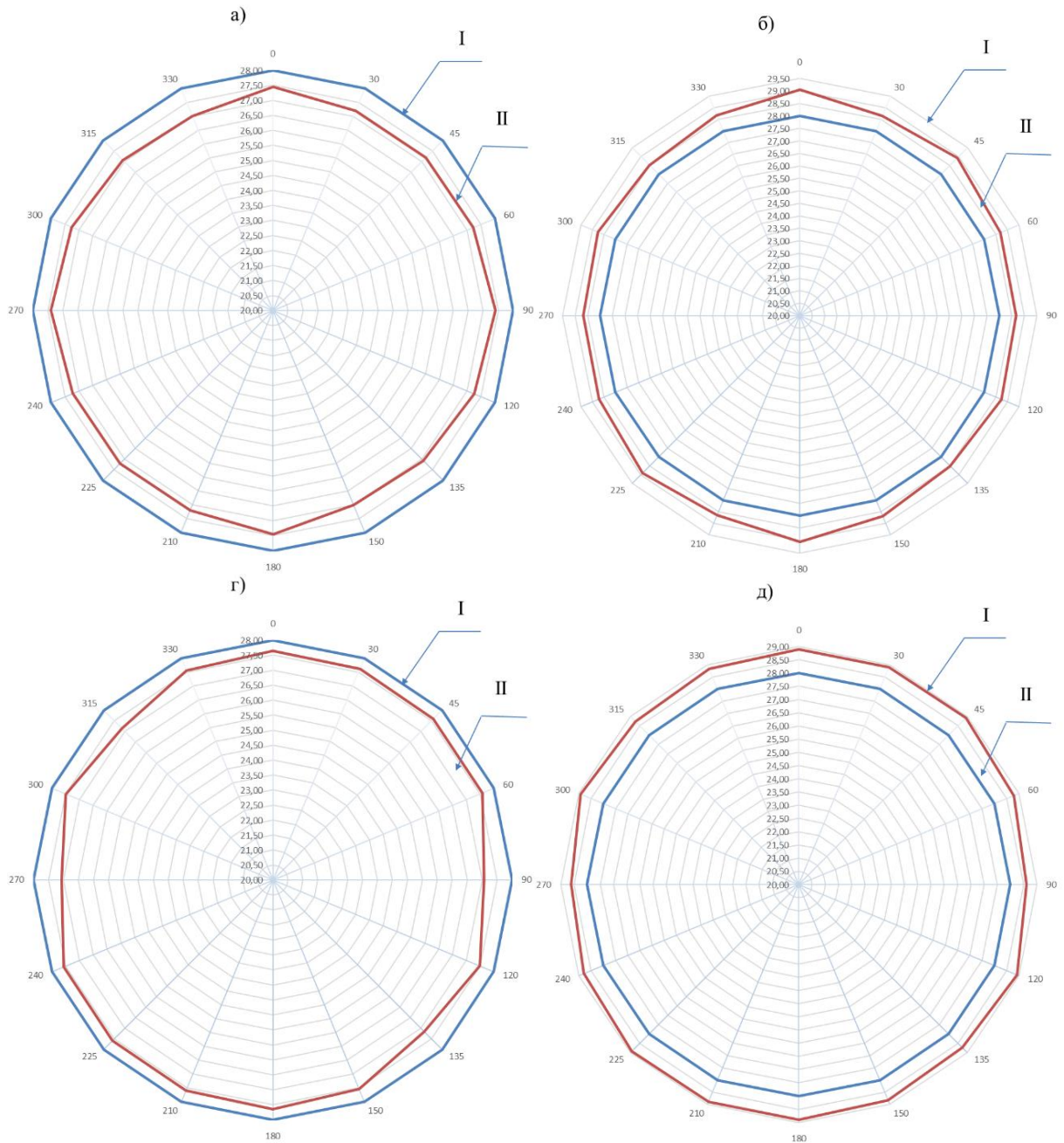


Рис.3. Зависимости изменения технологического (I) и реального (II) диаметров отверстия от угла измерения на выходе струи: а - подача Q3, зона V; б – подача Q3, зона – VI; в – подача Q4, зоне V; г – подача Q4, зона VI.

Данные, полученные в результате измерений, представляют собой наборы координат точек для каждого из отверстий на входе и выходе струи. Графическая интерпретация измеренных точек на входе струи приведена на рис. 2 и на выходе струи - на рис.3. Анализируя результаты изменения диаметра отверстия 30 мм и сравнивая с технологическим размером 28 мм можно отметить, что точность формы отверстия на входе выше чем на выходе, то есть отклонение реальной формы отверстия на входе струи меньше чем на выходе. Это означает, что гидроабразивная установка не дает нам высокую точность формы.

Также рассматривая качество обработанной поверхности, точнее шероховатость внутренних поверхностей отверстия, можно отметить что среднее значение шероховатости в центральные отверстия при скорости Q3 в зоне V было максимально

(Ra2,6), более грубую шероховатость имеет центральное отверстие при скорости резания Q3 в зоне VI.

Прежде всего на точность и качество обработки при гидроабразивной резки влияет жесткость технологической системы. Поэтому необходимо учитывать жесткость устройства перемещения режущей головки гидроабразивной установки. С целью определения жесткости устройства перемещения режущей головки гидроабразивной установки производились ряд экспериментов.

Способность упругой системы при ГАР оказывать сопротивление действию сил, стремящихся ее деформировать, называют жесткостью системы гидроабразивной установки. Высокая жесткость системы гидроабразивной установки – одно из основных условий достижения высокой точности при обработке. При отсутствии достаточной жесткости под действием силы резания и других сил при гидроабразивной обработке деформируется, что приводит к искажению формы детали и возникновению отклонения размеров. С жесткостью технологической системы гидроабразивной установки связано явление вибрации. Системы, обладающие большой жесткостью, могут работать на высокопроизводительных режимах резания без появления вибраций.

Жёсткость технологической системы выражается отношением составляющей силы резания, действующей по направлению нормали к обработанной поверхности, к взаимному смещению режущего инструмента и обрабатываемой детали, отсчитываемому в том же направлении:

$$j_i = \frac{P_i}{y},$$

где  $j_i$  – жесткость системы, кН/мм;

$P_i$  – внешняя нагрузка, Н;

$y$  – деформация упругой системы, мм.

При оценке точности изготовления при гидроабразивной резки была исследована жесткость устройства позиционирования инструмента установки гидроабразивной резки на разных плоскостях относительно разных осей. На рисунке 1 показана выбранная система координат для определения статической жесткости системы позиционирования инструмента установки гидроабразивной резки.

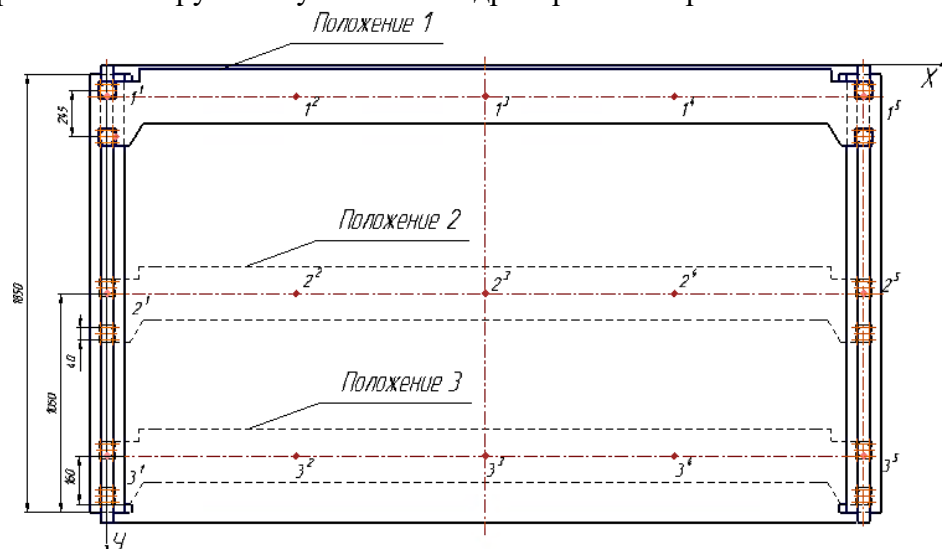


Рис.4. Системы координат платформы ГАР для составления схему установки средств измерения в трех положениях на плоскости XOY относительно оси Z.

Системы координат платформы ГАР состоит из пяти точек. При определении статической жесткости системы позиционирования инструмента установки гидроабразивной резки были определены жесткости  $X_z$  и  $Y_z$ . По полученным данным была составлена диаграмма статической жесткости устройства перемещения на плоскости  $XOY$ . В данной диаграмме можно проанализировать, что жесткость  $Y_z$  высокая по сравнению  $X_z$ . Жесткость устройства перемещения на оси  $Y$  (точки  $1^1$ ,  $2^1$ ,  $3^1$ ) в начале зоны меньше чем в конце зоны.

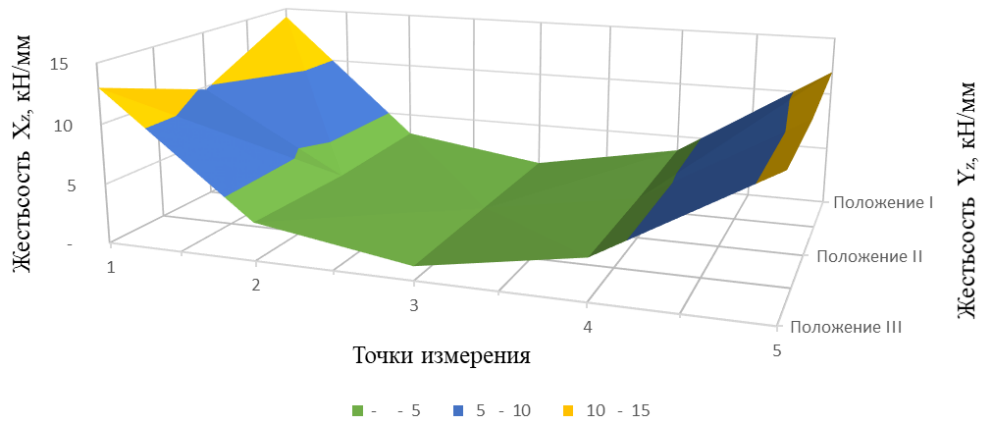


Рис.5 Диаграмма статической жесткости устройства перемещения на плоскости  $XOY$  относительно оси  $Z$  ( $X_z$  и  $Y_z$ ).

Также производился измерительный контроль статической жесткости системы перемещения режущей головки гидроабразивной установки на плоскости  $XOZ$  относительно оси  $Y$  ( $X_y$ ). По полученным результатам измерения был построен график статической жесткости  $X_y$ . Анализируя данный график можно отметить, что статическая жесткость  $X_y$  в середине системы перемещения режущей головки гидроабразивной не высокая.

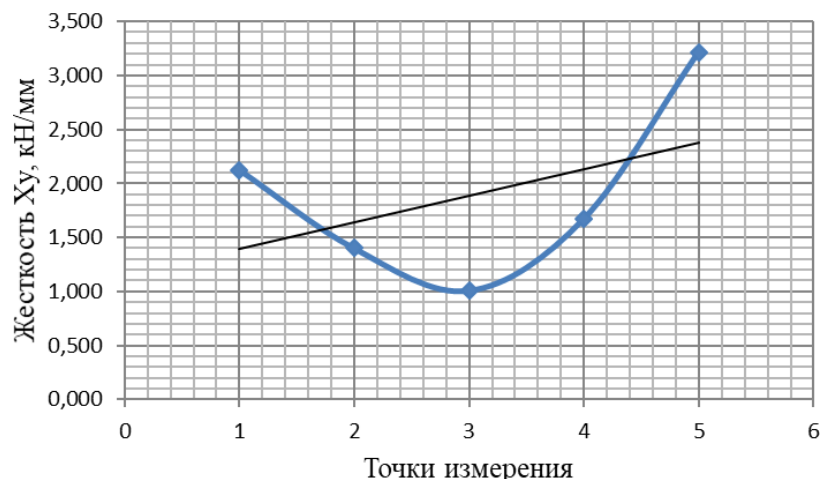


Рис.6 График статической жесткости устройства перемещения на плоскости  $XOZ$  относительно оси  $Y$  ( $X_y$ ).

Определения жесткости системы перемещения режущей головки гидроабразивной установки на плоскости  $XOZ$  относительно оси  $Y$  ( $Z_y$ ) и на плоскости  $YOZ$  относительно оси  $X$  ( $Z_x$ )

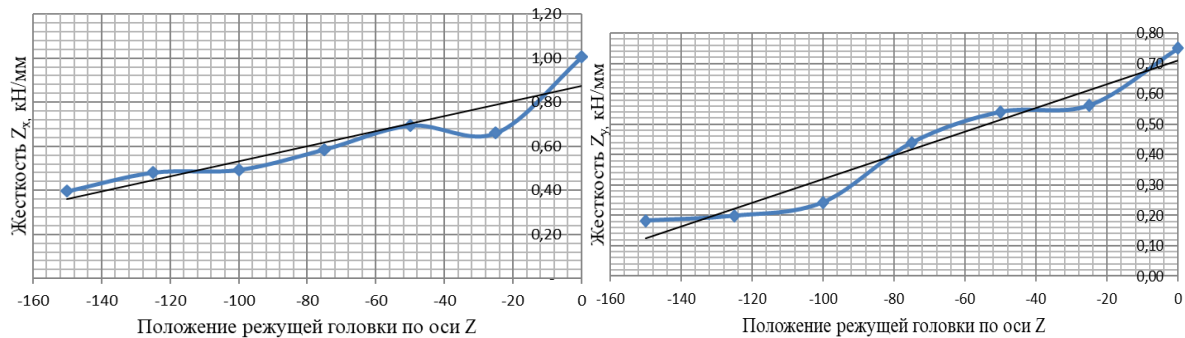


Рис.7 График статической жесткости устройства перемещения на плоскости YOZ относительно оси X ( $Z_x$ ) и статической жесткости устройства перемещения на плоскости XOZ относительно оси Y ( $Z_y$ )

Проанализировав зависимости изменения технологического и реального размера диаметров отверстия полученных при ГАР от угла измерения на входе струи можно отметить, что при увеличении скорости подачи струи уменьшается погрешности....

При ГАР необходимо учитывать многие факторы, влияющие на точность и качества поверхностей получаемого изделия. Фактическая точность поверхностей получаемого изделия не всегда и не в полном объеме соответствует установленным требованиям.

Возникающие погрешности при гидроабразивной обработке являются значимым фактором в формировании погрешностей последующей обработки изделия (технологическая наследственность).

Для повышения точности при ГАР необходимо повысить жесткость устройства перемещения. Так же разработать систему управления жесткости станка и оптимизировать режимы резания. Введение коррекции отклонения при ГАР на разных зонах резания значительно повышает точность изготовления и улучшает качество поверхности получаемого изделия.

Возникающие погрешности при ГАР имеют систематический характер. Погрешности носят систематический характер: на зонах, которые имеют более жесткую устройства перемещения незначительные отклонения, а на зонах более не жесткую устройства перемещения значительные отклонения. Характер погрешностей соответствует характеру деформаций устройства перемещения.

#### Список литературы:

1. Е.Г. Коржов НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ «WATERJET-ТЕХНОЛОГИЯ».
2. Основы гидродинамической теории резания металлов (1940) М.М. Ламм.
3. Применение гидроабразивной резки при обработке сложнопольных поверхностей деталей к.т.н. Моргунов Ю.А., Федотов А.А., Швычков Д.В. МГТУ «МАМИ».
4. Барсуков Г.В. Повышение эффективности гидроабразивного резания на основе дискретного регулирования состояний технологической системы. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Орел, 2006, 411 с.
5. Тихомиров, Р.А. Резание струями жидкости высокого давления. Механическая обработка пластмасс Текст. / Р.А. Тихомиров, В.И. Николаев. -Л.: Машиностроение, 1975. 120 с.
6. Особенности обработки нержавеющей стали на токарных станках [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://stanokgid.ru/osnastka/tokarnaya-obrabotka-nerzhavayushhej-stali.html> (Дата обращения: 28.03.2019г.).