



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые
процессы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению лабораторных занятий
по дисциплине:

«Гидрофицированное технологическое оборудо-
вание»

**«Исследование процесса позициони-
рования поворотного координатного
стола сверлильного полуавтомата»**

Автор

Полешкин М.С., Фукомов П.М.

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Методические указания содержат основные сведения по функционированию, расчету и анализу характеристик позиционного гидропривода поворотного стола сверлильного полуавтомата. Приведены аналитические выражения, используемые при расчете кинематических параметров гидропривода, дана методика исследования с применением современных средств сбора, визуализации и обработки информации. Работа проводится на специальном исследовательском стенде, оснащённом цифровым контрольно-измерительным комплексом.

Авторы



Старший преподаватель кафедры «Гидравлика, ГПА и ТП» Полешкин М.С.



Ассистент кафедры «Гидравлика, ГПА и ТП» Фукомов П.М.





Оглавление

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	4
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА.....	7
4. Проведение эксперимента.....	9
5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ	13
5.1 Момент создаваемый силами сопротивления	13
5.2 Приведенный крутящий момент на валу гидромотора..	13
5.3 Скорость перемещения поворотного стола.....	14
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	15
Список литературы	16



1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является экспериментальное определение быстродействия и точности при позиционировании гидропривода поворотного координатного стола сверлильного полуавтомата.

Проведение таких исследований, позволяет спланировать и осуществить многофакторный эксперимент для определения оптимальных по быстродействию и точности параметров настройки ГП.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Развитие отрасли машиностроения определяется степенью автоматизации и производительностью применяемого технологического оборудования. Широкое применение в технологическом оборудовании нашли поворотные целевые механизмы: делительные и подающие столы, револьверные головки и т.д., которые требуют соблюдения жестких ограничений по точности и быстродействию.

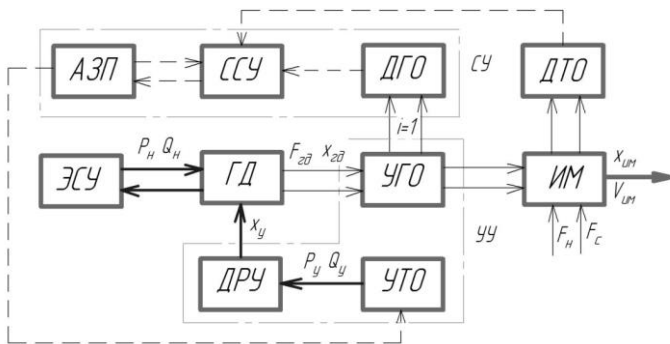
Так для больших объемов производства и несложных деталей применяют, как правило, цикловые гидроприводы программного регулирования (ППГ)

Программный позиционный гидропривод (рис.1) применяется в АТО осуществляя жесткие или редко переналаживаемые рабочие циклы, что характерно для серийного и массового производства. Основное преимущество таких приводов – простота и экономичность, недостаток – необходимость переналадки, невысокая точность позиционирования, поэтому ППГ рекомендуется для менее сложных систем.

Теоретически ППГ обладает наибольшим быстродействием, если движение состоит из участков разгона и торможения с выходом непосредственно в заданную точку. При автоматических программных гидроприводах используют датчики положений[1].



Гидрофицированное технологическое оборудование



Линии связи привода: — — гидравлические; \Rightarrow — кинематические; - - - электрические.

Рис.1 - Структурная схема ППГ: ЭСУ – энергосиловая установка; АЗП – автономный задатчик перемещений; ГД – гидравлический двигатель; ССУ – счетно-сравнивающее устройство; ИМ – исполнительный механизм; ДРУ – дроссельное управляющее устройство; ДГО – датчик грубого отчета; УГО – устройство грубого отчета; ДТО – датчик точного отчета; УТО – устройство точного отчета

Такие приводы создают, используя многоотсчетные системы задания и отсчета перемещения. Чаще всего применяют двухотсчетные системы. Характерным примером является ППП с датчиками перемещения, выполненными в виде вращающихся распределителей ВР [2], кинематически связанных с перемещением исполнительного механизма.

Задачи оптимального управления поворотными механизмами, решаемые в работе [2], показывают эффективность гидромеханических устройств регулирующих противодавление в сливной магистрали и системой фиксации выходного звена гидромеханическим тормозом.

Система грубого отсчета строится на основе программного привода, работает на максимальной скорости, благодаря открытию релейного элемента, подающего к гидродвигателю максимальное управление по давлению.

Система точного отсчета в основе имеет следящий привод: счетно-сравнивающее устройство ССУ вырабатывает сигнал ошибки в случае перебега в пределах заданной дискретности УТО, система управления СУ информирует о задаваемом перемещении.

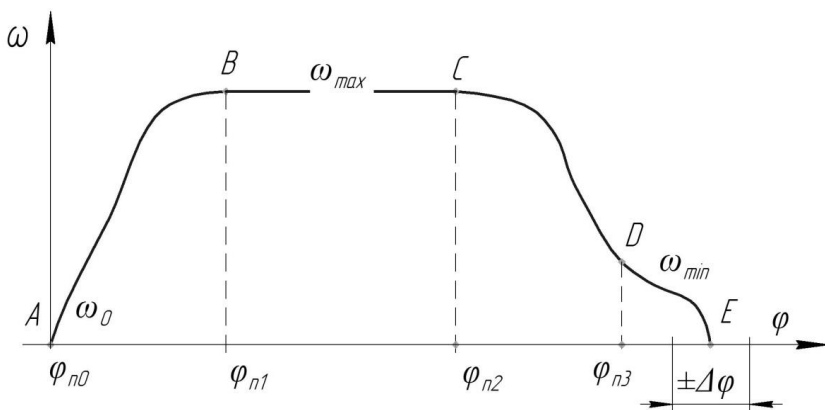


Рис.2 Траектория движения типowego позиционного цикла ротационного ГП:

φ_{n0} – начальная координата; $\varphi_{n1}, \varphi_{n2}, \varphi_{n3}$ – координаты переключения системы управления; $\pm\Delta\varphi$ – диапазон выбега ВЗ;
 φ_n – координата точки позиционирования

В качестве исследуемого ротационного цикла АПГП, был принят типовой позиционный цикл движения (рис.2) с трапецеидальной траекторией:

1. **А.** Исходное положение с фиксацией выходного звена, скорость и перемещение $\omega_0=0, \varphi_n=0$ – структура привода с перекрытым сливом.

2. **А-В.** участок разгона ВЗ до заданной угловой скорости ω_{max} и выход на рабочий режим с максимальным - переход к структуре привода с минимальным сопротивлением сливной гидролинии;

3. **В-С.** Рабочий ход ВЗ с заданной скоростью ω_{max} - структура привода с минимальным сопротивлением сливной и напорной гидролиний (передача насос–мотор);

4. **С-Д.** Замедление движения до ω_{min1} системой грубого отсчета ВЗ до заданной координаты – трансформация привода в структуру с перекрытием сливной магистрали;

5. **Д-Е.** Замедление движения до скорости ω_{min2} с программной корректировкой системы точного отсчета $\pm\Delta\varphi$ – диапазона выбега ВЗ;

6. **Е.** Останов выходного звена ($\omega_0=0$) ГП в точке позиционирования – полным перекрытием сливной магистрали ГМ с фиксацией ВЗ в заданной координате φ_n .



Гидрофицированное технологическое оборудование

Для реализации процесса управления АППГ, согласно установленного цикла, необходимо обеспечить точное и быстрое переключение в подсистеме (контуре) управления в моменты изменения цикла.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Конструкция экспериментального стенда позволяет проводить исследование большинства кинематических характеристик ротационного гидропривода при позиционировании поворотного стола.

Взаимосвязи элементов образующих механической, гидравлической и управляющей подсистем стенда, представлены на функционально схеме рис.3.

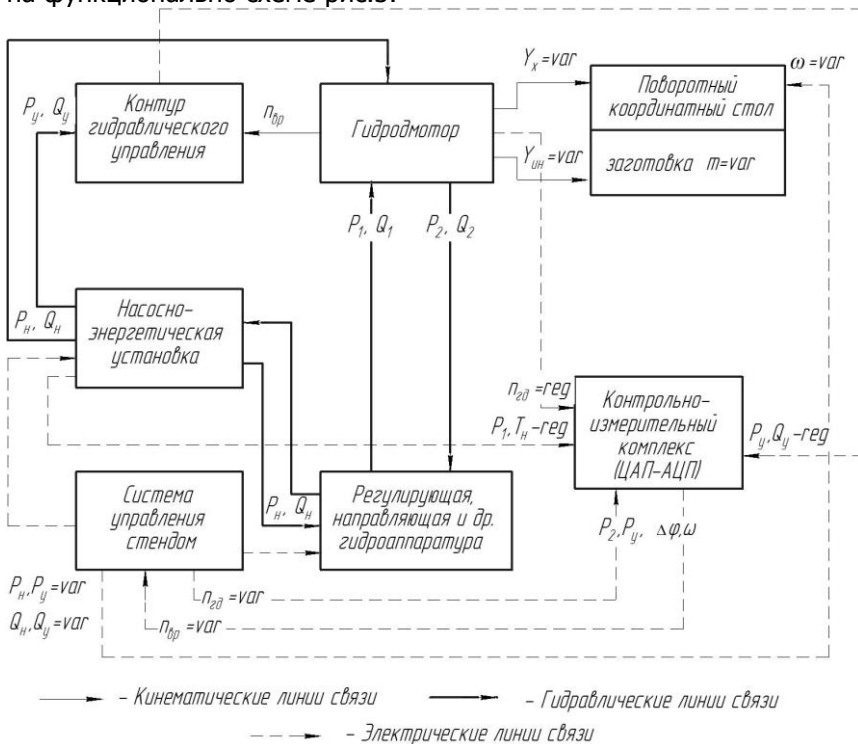


Рис.3 Функциональная схема экспериментального стенда



Гидрофицированное технологическое оборудование

Исполнительное устройство ГМ (гидромотор Г15-24), кинематически связано с ВР - многофункциональным устройством с гидравлическими управляющими связями, входящие в состав контура гидравлического управления (рис.4), и гидроуправляемым фрикционным тормозом. Питание силовой и управляющей подсистем привода обеспечивается от 2-х насосных станций 12/25-ЗГ48-ЗУХЛ4-2.

Автономный задатчик перемещения АЗП, построен по двухотсчетной системе программирования перемещений использует два канала управления, реализуемых датчиком грубого ДГО и точного ДТО отсчета перемещения.

Система управления стандом обеспечивает программируемую автоматическую отработку позиционного цикла контроль стабильности параметров привода, автоматическую регистрацию измеряемых величин.

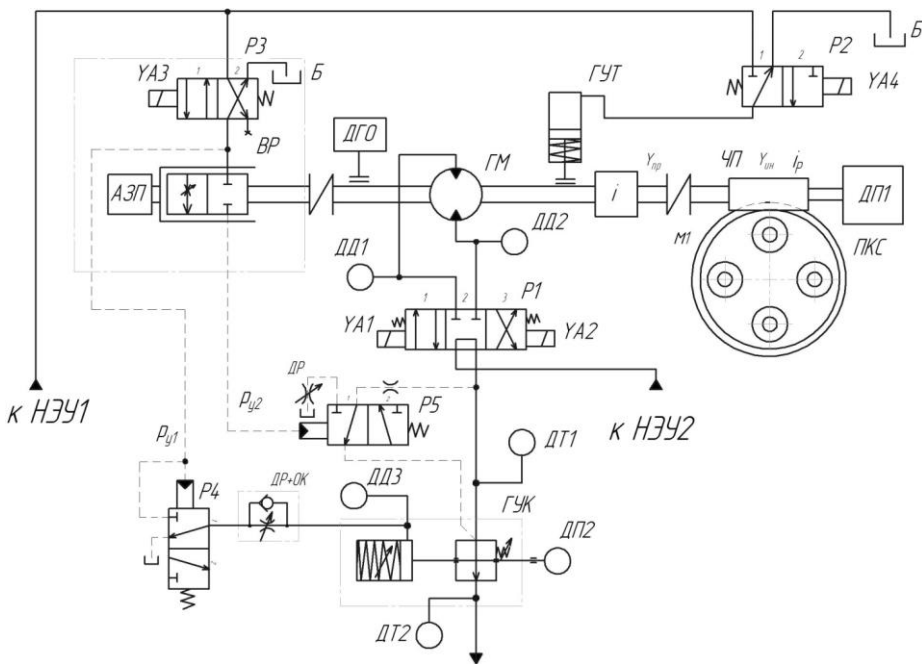


Рис.4 Принципиальная гидрокинематическая схема экспериментального станда



Гидрофицированное технологическое оборудование

Обратная связь по положению выходного звена исполнительного устройства служит для подготовки контура гидравлического управления к позиционному останову, через систему управления стандом. Изменение режимов работы привода осуществляется посредством регулирующей аппаратуры. Позиционный останов обеспечивается гидроуправляемым фрикционным тормозом за счет сигнала от контура гидравлического управления [2].

В ходе исследования сбор и обработку результатов измерений выполняется при помощи контрольно-измерительного комплекса, в состав которого входят:

Персональный компьютер (ПК) для визуализации и обработки регистрируемых данных - модуля сопряжения контрольно-измерительных устройств;

Плата входного контроля ЦАП-АЦП L-CARDE20-10(2-х канальный, $t_{уст} = 8$ мкс) подключенная к ПК с программным интерфейсом обработки данных Power Graphver.3.3;

Датчики измерения температур ДТ1, ДТ2, ДТ3 - термомпары тип. ДТПЛ011-0,5/1,5 с классом допуска 2 и показателем тепловой инерции < 3 с;

Измеритель-регулятор температуры ОВЕН ТРМ202 и программным пакетом Master Scadaver.3.4;

Датчики контроля давления ДД1, ДД2, ДД3 типа ДТ-200 с погрешностью измерения $\pm 0,8$ %, нелинейность от предела измерения, $> 1,5$ %;

Инкрементальный датчик контроля перемещения вала ГМ мод. Autonics мод. E40S6-2000-6-L-5 с разрешающей способностью 2000 имп./об(удвоенное платой-преобразователем).

4. ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Изменением значений основных параметров ППП исследовали их влияние на точность позиционирования ОУ в соответствии с алгоритмом экспериментального исследования позиционного гидропривода:

Процесс разгона и останова ППП, закона изменения скорости вала гидромотора, ускорений, давления на входе и выходе гидромотора;

Влияние максимально допустимой скорости подхода к заданной координате ω_{max} , на эффективность срабатывания КГУ и точность позиционирования ($\varphi_{в}, \Delta\varphi$);



Гидрофицированное технологическое оборудование

Влияние момента инерции движущихся масс при моделировании технологической нагрузки.

Варьирование параметров гидропривода при исследовании задается в пределах значений указанных в Табл.1. При этом, необходимо провести серию экспериментов в интервале: 5-10 (задается преподавателем). Систематические погрешности оценивать по точности измерительных приборов и принятого метода измерений [5].

Таблица 1. Параметры экспериментального исследования

Наименование параметров	Ед. изм.	Базовый режим	Диапазон изменения
Угловая скорость гидромотора, ω	рад/с	70	5-160
Крутящий момент на гидромоторе, $M_{гм}$	Н·м	15	5-40
Давление в напорной линии гидромотора, P_1	МПа	5	0,5-7
Масса поворотного стола, m_s	кг	70	
Диаметр поворотного стола, d_s	м	0,4	
Масса заготовки, m_z	кг	2	
Передаточное число червячной передачи		25	
Температура рабочей жидкости в НЭУ, t^0	С°	37±2	37±2

Точность позиционирования $\varphi_{пз}$ определяется выражением:

$$\varphi_{пз} = \varphi_{в} \pm \Delta\varphi ; \tag{1}$$

где $\varphi_{в}$ – положительный выбег гидромотора, рад;

$\Delta\varphi$ – рассеяние выбега, рад.

Время позиционного цикла $t_{пз}$ считали по осциллограмме $\omega=f(t)$ (пример представлен на рис.5), разделяя позиционные циклы $g_{по}$ выражению:



Гидрофицированное технологическое оборудование

$$t_{из} = t_{раз} + t_{уст} + t_{зам}; \tag{2}$$

Обработка полученных экспериментальных данных проводится с применением программного пакета Microsoft Excel, куда импортируются полученные значения из программы Power Graph[4]. Значения частоты вращения отображается на тахометре ТХ-01 (ОВЕН) и должно быть поддерживаться на постоянном уровне. Температура жидкости в гидроприводе, контролируется при помощи прибора ТРМ-202 (ОВЕН). Результаты экспериментальных исследований вносятся в Табл.2.

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований

№ пп	Давление в нагнетательной ГЛ	Частота вращения ГМ	Время поз.цикла	Точность поз.
	рн, МПа	п,об/мин	тпз, с	фпз, рад
1				
2				
3				
1				
2				
3				
1				
2				
3				



Гидрофицированное технологическое оборудование

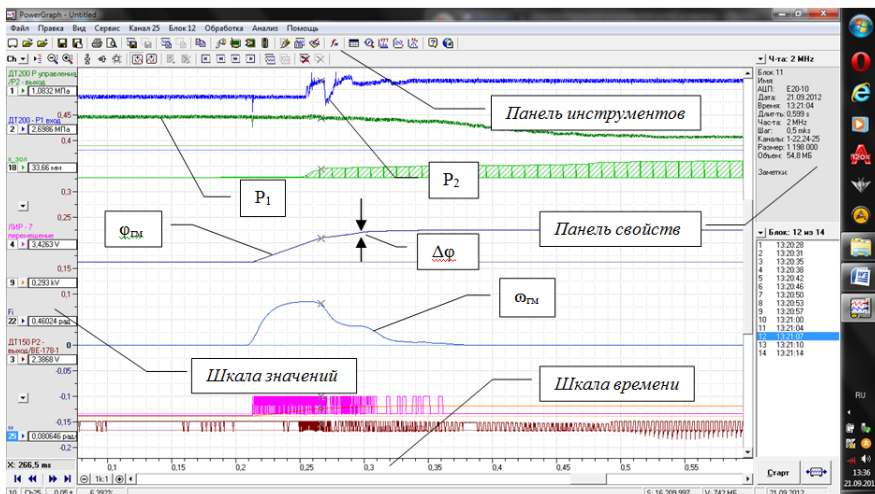


Рис.5 Типовая осциллограмма процесса позиционирования полученная в программе PowerGraph: P_1 – давление в нагнетательной линии ГМ; P_2 – давление в сливной линии ГМ; $x_{30\lambda}$ – перемещение управляющего золотника ГУКа; $\varphi_{ГМ}$ и $\omega_{ГМ}$ – перемещение и угловая скорость вала ГМ; $\Delta\varphi$ – выбег вала гидромотора

Параметры, регистрируемые с помощью программного пакета PowerGraph, представлены на рис.5 в виде скриншота окна, с полученными в результате эксперимента типовыми осциллограммами позиционного цикла.

Точные значения визуализируются на «Шкале значений», расположенной слева при перемещении курсора вдоль осциллограмм. Значение времени регистрируется на «Шкале времени» внизу окна. Точное значение временного интервала узнается при помощи выделения левой кнопкой мыши целевого участка и показывается на «Панели свойств» справа.

Регистрация параметров: давления p_1 , p_2 и координат перемещения φ происходит в реальном времени. Для получения осциллограмм угловой скорости и ускорений выходного звена гидропривода, необходимо выполнить преобразование входного сигнала датчика, по заданному алгоритму. Для этого следует выбрать на «Панели инструментов» вверху окна функцию вычислений[4], обозначаемую как « f_x » и произвести расчет.



5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Расчет кинематических характеристик гидропривода выполняется по выражениям приведенным далее.

5.1 Момент создаваемый силами сопротивления

5.1.1 Вычислим момент инерции поворотного стола:

$$J_o = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot r^2; \quad (3)$$

где m_s - масса поворотного стола, кг;
 r - радиус поворотного стола, м.

5.1.2 Момент инерции заготовки:

Поскольку заготовки расположены на столе симметрично, возможен упрощенный расчет по выражению:

$$J_{zi} = 4 \cdot m_z \cdot r^2; \quad (4)$$

где m_z - масса поворотного стола, кг;

В данном случае моментом инерции зубчатого венца можно пренебречь.

5.1.3 Рассчитать общий момент инерции по формуле:

$$J_x = J_o + J_{zi}; \quad (5)$$

5.2 Приведенный крутящий момент на валу гидромотора

$$M_{np} = \frac{p \cdot q_0}{2 \cdot \pi \cdot \eta_M}; \quad (6)$$



где p – давление в нагнетательной линии гидромотора, МПа;

q_0 – рабочий объем гидромотора, см³;

η_M – механический КПД гидромотора

5.3 Скорость перемещения поворотного стола

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad (7)$$

Поскольку поворотный стол использует червячную передачу, найдем частоту вращения через ее параметры:

$$n = n_{zm} \cdot u_{nep}; \quad (8)$$

где n_{zm} – частота вращения гидромотора, об/мин;

u_{nep} – передаточное число червячной передачи.

Полученные в результате расчета значения, заносятся в Табл.3. На основании выполненного экспериментального исследования необходимо:

1. Построить диаграммы зависимостей: $M_c=f(\varphi_{пз}); I_{пр}=f(\varphi_{пз}); M_c=f(t_{пз}); I_{пр}=f(t_{пз}); \omega =f(\varphi_{пз}); \omega =f(t_{пз});$
2. Сделать выводы о степени влияния кинематических факторов: $M_c, I_{пр}$ и ω на точность и быстродействие позиционного цикла;
3. Дать рекомендации о рациональных режимах функционирования гидропривода ПДМ.



Таблица 3. Результаты обработки экспериментальных данных

№ пп	Момент сопр.	Скорость ИМ	Приведенный момент	Время поз.цикла	Точность поз.
	$J_x, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\omega, \text{рад/с}$	$M_{пр}, \text{кг}\cdot\text{м}^2$	$t_{пз}, \text{с}$	$\Phi_{пз}, \text{рад}$
1					
2					
3					
1					
2					
3					
1					
2					
3					

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1 Какова структура и принцип действия программного позиционного гидропривода поворотного-делительных механизмов?
- 6.2 Назовите преимущества и недостатки позиционного гидропривода программного управления?
- 6.3 Объясните работу системы управления позиционным циклом гидропривода поворотного координатного стола сверлильного станка-полуавтомата?
- 6.4 Дайте определение точности позиционирования, каким способом происходит контроль точности?
- 6.5 Объясните влияние момента сил сопротивления на точность и быстродействие при позиционировании ПДС?
- 6.6 Объясните влияние угловой скорости на точность и быстродействие при позиционировании ПДС?
- 6.7 Объясните влияние приведенного момента на точность и быстродействие при позиционировании ПДС?



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трифонов О.Н. Приводы автоматизированного оборудования / Трифонов О.Н., Иванов В.И., Трифонова Г.О. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.
2. Сидоренко В.С. Структурно-параметрическое управление гидромеханическими позиционерами механизмов машин / Сидоренко В.С., Полешкин М.С. // Гидропневмосистемы мобильных и технологических машин: сб. докл. Междунар. Науч.- техн. конф./ БНТУ. – Минск, 2010. – С.221-227.
3. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов: учеб. для студентов вузов по спец. «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропнеумоавтоматика» / К.Л. Навроцкий.- М.: Машиностроение, 1991.- 384 с.
4. Измайлов Д.Ю. «PowerGraph». Справочник по функциям обработки сигналов / Измайлов Д.Ю. // ПИКАД. 2009, № 1,2. - С. 36-39; 26-28.
5. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента /Н. Джонсон, Ф. Лион. / пер. с англ.; под ред. Э.К. Лецкого, Е.В. Марковой. – М.: Мир, 1981. – 516 с.