

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Информационно-измерительная техника»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
д.т.н., профессор
_____/ А.Л. Шестаков/
«__» _____ 2017 г.

**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КУЛАЧКОВОГО
МЕХАНИЗМА С ОДНИМ ТОЛКАТЕЛЕМ**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР

Руководитель, преподаватель
_____/ Д.Н. Шаршин/
«__» _____ 2017 г.

Автор,
студент группы КЭ-435
_____/ Р.С. Зуев/
«__» _____ 2017 г.

Нормоконтролер, доцент
_____/ А.А. Лысова/
«__» _____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Зуев Р.С. Разработка установки для изучения кулачкового механизма с одним толкателем. – Челябинск: ЮУрГУ, КЭ-435, 2017, 71 с, 45 ил., библиогр. список – 20 наим., 2 прил., 1 лист чертежа ф. А2., 1 лист чертежа ф. А3

Данная ВКР посвящена рассмотрению основных теоретических и практических вопросов, связанных с вопросами модернизации действующих лабораторных установок. Работа выполнена на примере действующей модели установки, предназначенной для определения геометрических параметров кулачковых механизмов.

В ходе работы был проведен анализ принципа действия и основных технических характеристик лабораторной установки. Были разработаны структурная, функциональная и кинематическая схемы установки. Реализована 3D-модель установки в программе «Компас-3D», подготовлен сборочный чертеж.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разр.		Зуев			Лит.	Лист	Листов
Пров.		Шаршин			4	71	
Н. контр.		Лысова			ЮУрГУ Кафедра ИНИТ		
Утв.		Шестаков					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	9
1.1 Актуальность модернизации устройств измерения параметров геометрических величин.....	9
1.2 Устройство для сбора данных – DAQ-устройство.....	12
1.3 Электропривод управления установкой.....	15
1.4 Анализ существующих аналогов.....	16
2 РАЗРАБОТКА СХЕМ И ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ УСТАНОВКИ.....	18
2.1 Структурная схема.....	18
2.2 Функциональная схема.....	19
2.3 Разработка принципиальной схемы.....	20
2.3.1 Разработка принципиальной кинематической схемы установки.....	20
2.4 Основные функциональные узлы автоматизированной установки....	21
2.4.1 Установка с подвижной кареткой.....	21
2.5 Обзор датчиков линейных перемещений.....	23
2.5.1 Определение.....	23
2.5.2 Классификация.....	24
2.5.3 Датчики перемещения емкостные.....	25
2.5.4 Датчики перемещения оптические.....	26
2.5.5 Датчики перемещения индуктивные.....	26
2.5.6 Датчики перемещения вихретоковые.....	28
2.5.7 Датчики перемещения ультразвуковые.....	28
2.5.8 Датчики перемещения магниторезистивные.....	29

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

2.5.9	Датчики перемещения магнитострикционные	30
2.5.10	Датчики перемещения потенциометрические	31
2.6	Расчет эксплуатационных характеристик установки	32
2.6.1	Обобщенная структурная схема ОЭПП.....	32
2.6.2	Основные характеристики преобразователя	34
3	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ	39
3.1	Алгоритм работы установки.....	39
3.2	Программное обеспечение систем сбора данных	39
3.3	Программная реализация автоматизированной информационно- измерительной системы	41
3.4	Разработка алгоритма оценки неопределенности.....	46
4	МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ LABVIEW.....	53
4.1	Обзор аппаратных средств, интегрированных в среду LabVIEW	53
4.2	Проведение исследования при помощи установки.....	54
4.3	Разработка 3D-модели установки	62
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	66
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Спецификация.....	68
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Рабочий чертеж корпуса установки.....	70
	ПРИЛОЖЕНИЕ В. Сборочный чертеж установки	71

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: является разработка лабораторной установки для изучения свойств пространственных кулачковых механизмов, что достигается путем интеграции лабораторной установки и средств вычислительной техники с установленным пакетом LabVIEW. В процессе исследования осуществляется передача измерительной информации в персональный компьютер.

Задачи:

- разработать структурную, функциональную и принципиальную схемы разрабатываемой установки;
- разработать алгоритм работы установки и программное обеспечение в среде LabVIEW;
- осуществить моделирование работы установки в среде LabVIEW;
- разработать 3D-модель установки в программе «Компас-3D»;
- подготовить сборочный чертеж установки и рабочий чертеж корпуса.

Отрасль приборостроения, как и многие прикладные сферы деятельности человека, переживает сегодня ряд качественных изменений, связанных в первую очередь с широким внедрением микропроцессоров в измерительную технику, что позволяет значительно расширить их функциональные возможности, а также в разы повысить точность проводимых измерений.

Одним из наиболее действенных способов повышения эффективности использования того или иного объекта лабораторных исследований является применение средств вычислительной техники в качестве управляющего элемента. Подобные решения позволяют, как автоматизировать рутинную работу на этапе самого лабораторного эксперимента, так и более эффективно производить расчеты на этапе обработки результатов измерений, полученных в результате эксперимента.

Безусловно, применение электронных средств значительно усложняет как производство, так безотказную эксплуатацию средств измерений. Однако данные издержки зачастую окупаются повышением точности и снижением времени

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

измерения, а в случае использования прибора в режиме мониторинговых измерений, являются единственно возможным решением.

Следует также упомянуть о значении систем автоматизированного проектирования и схмотехнического моделирования для целей разработки новых или модернизации уже действующих устройств. Известно, что в процессе разработки в качестве лимитирующих факторов выступают: *качество* (qualityQ), *стоимость* (costC) и *минимизация времени* (deliveryD). В этой связи стремление использовать возможности вычислительной техники, для того чтобы автоматизировать и связать друг с другом задачи проектирования и производства, является весьма актуальными. Это позволяет сократить время и стоимость разработки, а также минимизировать издержки на этапе производства конечного продукта.

В контексте вышесказанного, в данной работе уделено значительное внимание вопросам модернизации лабораторной установки, предназначенной для изучения геометрических параметров кулачковых механизмов. Использование микроконтроллерного элемента управления позволяет, не только повысить точность измерения, за счет многократных повторений, но и исключить целый спектр погрешностей, связанных с влиянием оператора (так называемый «человеческий фактор»).

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

1.1 Актуальность модернизации устройств измерения параметров геометрических величин

Автоматизация управления различными технологическими процессами приобретает все большую актуальность и применимость. В большинстве современных производств на выполнение одной технологической операции приходится до нескольких десятков, а в ряде случаев сотен, измерений. Выполнение такого количества измерений операторами и последующее принятие решений по результатам этих измерений, в значительной степени способствует увеличению временных, а следовательно и материальных издержек. В этой связи, уже с середины семидесятых годов двадцатого века, перед разработчиками автоматизированных систем управления стояла задача совершенствования процессов измерения и внедрения принципиально новых подходов к управлению техпроцессами.

Сложившаяся тенденция последнего десятилетия свидетельствует о все возрастающей роли микропроцессоров и микроконтроллеров, применяемых в системах автоматизированного управления. Универсальность применения большинства микроконтроллеров и разнообразие систем построенных на основе микропроцессорной техники, а также недостижимая средствами дискретной элементной базы гибкость таких систем делают применение микроконтроллеров де-факто стандартом в проектировании автоматизированных систем управления.

Таким образом, аналогичные системы управления способны достаточно эффективно выполнять задачи на уровнях управления; как отдельными узлами и устройствами, так и целыми производствами. Соответственно, в подобных системах применяются различные методы реализации управленческих алгоритмов. На сегодняшний день, совершенно очевидно, что наиболее эффективны цифровые средства и методы управления.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Следовательно, микроэлектронная элементная база, имеющая сегодня подавляющее количественное преимущество, при низких затратах на аппаратные средства, позволяет использовать различные алгоритмы цифровой обработки данных. Преимущества данного подхода - общеизвестны. При этом, сегодня ключевая роль средств, реализованных на аналоговых элементах уменьшилась в силу недостаточной стабильности, точности и функциональной гибкости реализуемых систем.

Помимо своих, основных функций, технические средства с "интеллектуальным" управлением позволяют реализовать множество вспомогательных задач преобразования данных. При этом, дополнительные затраты - относительно невысоки.

Подобная функциональная избыточность позволяет задействовать те же самые технические средства при решении целого спектра различных задач, зачастую, несмотря на различие реализуемых алгоритмов, требований и функций. Как правило, выбор режимов и алгоритмов работы запрограммирован, то есть, определен специальными настройками. Следовательно, современные высокотехнологические средства должны иметь необходимую функциональную гибкость, что выражается в способности изменять режимы и параметры работы. Типовая структура автоматизированной системы управления приведена на рисунке 1.1.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

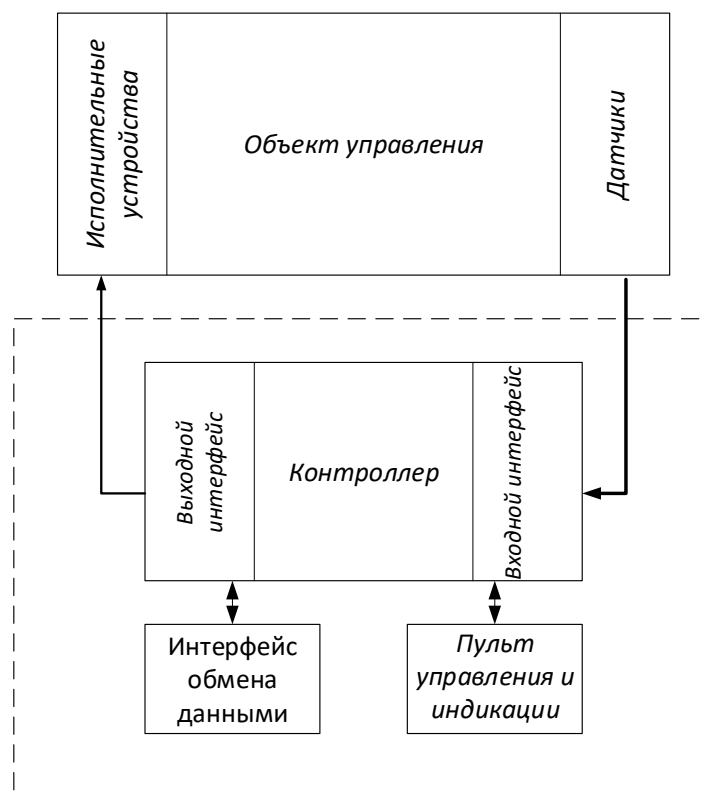


Рисунок 1.1 – Типовая структура автоматизированной системы управления

Ключевые функции компонентов автоматизированной системы управления определяются следующим образом:

- *пульт управления и индикации* – реализованные на одной рабочей панели средства управления объектом. В том числе отображения данных о режимах работы системы.
- *интерфейс входной* – процесс приема и последующего преобразования сигналов, поступающих от датчиков в формат, приемлемый для дальнейшего использования;
- *интерфейс выходной* – процесс преобразование данных, полученных на выходе системы в цифровые или аналоговые сигналы управления конечными устройствами;
- *контроллер* – ключевой компонент системы, выполняющий алгоритмы получения и обработки данных в соответствии с задачами. Также контроллер осуществляет обмен командами с другими средствами управления.

В вышеприведенной структуре основным средством реализации алгоритмов управления является контроллер, так как он преобразует поток цифровых данных на входе X в поток управляющих данных Y на выходе:

$$Y = \Psi(X)$$

Алгоритмы преобразования Ψ могут быть реализованы как аппаратно (аппаратная реализация), так и программно (программная реализация).

1.2 Устройство для сбора данных – DAQ-устройство

Устройство сбора данных состоит из трех основных элементов аппаратной части: терминальной коробки, DAQ-устройства и соединительного кабеля (Рисунок 1.2).

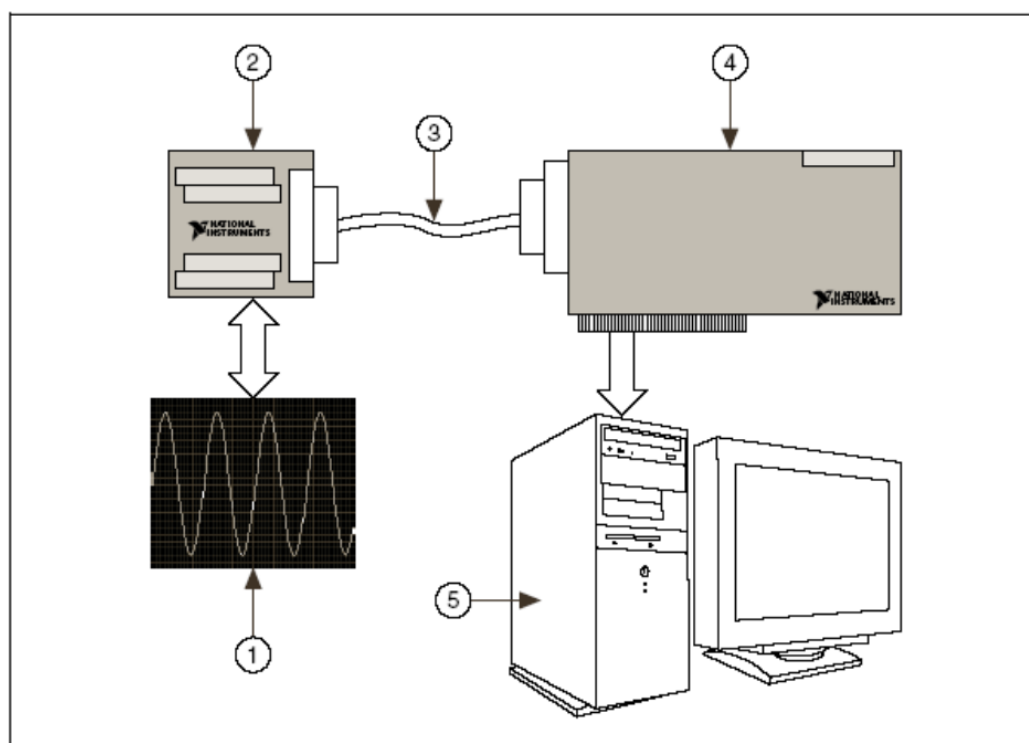


Рисунок 1.2 – Схема соединения DAQ-устройства с ПК:

- 1 – сигнал; 2 – терминальный блок; 3 – кабель; 4 – устройство сбора данных;
5 – персональный компьютер

Терминальный блок является устройством для коммутации сигналов. Данный блок состоит из разъемов (клемм, терминалов) для подсоединения сигналов и отдельного разъема подключения соединительного кабеля. Терминальные коробки могут содержать по 100, 68 или 50 клемм. Наличие в терминальных

коробках большего количества клемм заземления предотвращает необходимость использования проводов заземления, что могло бы привести к взаимному влиянию сигналов.

Терминальные коробки могут быть экранированными и неэкранированными. Экранированные терминальные коробки обеспечивают лучшую защиту от помех, наводок и шумов. Некоторые коробки содержат дополнительные элементы, такие как компенсацию холодного спая, необходимую для правильного измерения сигналов с термопары.

Кабель передает сигнал от терминальной коробки к DAQ-устройству. Кабели имеют конфигурации с 100, 68 и 50 контактами. Выбор конфигурации зависит от терминальной коробки и устройства сбора данных, которые вы используете. Кабели, как и терминальные коробки, могут быть экранированными и нет.

С устройства сбора данных измеряемый сигнал можно передать в компьютер посредством различных шин. Например, использовать DAQ-устройство, встроенное в PCI шину компьютера, DAQ-устройство, присоединенное к PCMCIA разъему портативного компьютера, или устройство, подсоединенное к компьютеру через USB порт.

Для создания мобильной, гибкой и неприхотливой измерительной системы также могут быть использованы PXI/CompactPCI платформы.

Для связи преобразователя с ПК используется DAQ-устройство USB-6008, представленное на рисунке 1.3.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13



Рисунок 1.3 – DAQ-устройство NI USB-6008

Типичное DAQ-устройство имеет три интерфейса для получения и отправки сигналов: разъем ввода/вывода, интерфейс ввода/вывода в компьютер и системная шина взаимодействия в реальном масштабе времени (RTSI bus).

Разъем ввода/вывода – интерфейс, посредством которого сигнал поступает или выводится с DAQ устройства.

Данный разъем может иметь 100, 68 или 50 контактов в зависимости от устройства. Один конец кабеля присоединяется к этому разъему, а другой – к терминальной коробке. Схему расположения контактов можно найти в документации к DAQ устройству.

Интерфейс ввода/вывода в компьютер – передает информацию между DAQ устройством и компьютером. Интерфейс может изменяться в зависимости от протокола используемой шины. Например, в случае PCI шины существует контактная площадка, которая вставляется в разъем PCI, а для соединения по шине USB необходим кабель.

Шина RTSI – распределяет и синхронизирует сигналы среди нескольких устройств сбора данных в одном компьютере. Например, для того чтобы два

устройства совершали операции аналогового ввода с одинаковой скоростью, можно разрешить совместное использование синхроимпульсов по RTSI шине. Тогда оба устройства будут использовать один и тот же синхросигнал. Шасси PXI имеет заднюю объединительную панель, в которую вставляются устройства-модули, и которая действует подобно встроенному RTSI кабелю для распределения сигналов среди всех модулей в шасси.

1.3 Электропривод управления установкой

Электропривод управления вращающейся частью установки должен выполнять следующие функции:

- обеспечение включения/ выключения двигателя;
- обеспечение плавности пуска двигателя;
- обеспечение регулировки частоты вращения двигателя.

С этой целью была разработана функциональная схема работы электропривода управления установкой, представленная на рисунке 1.4.

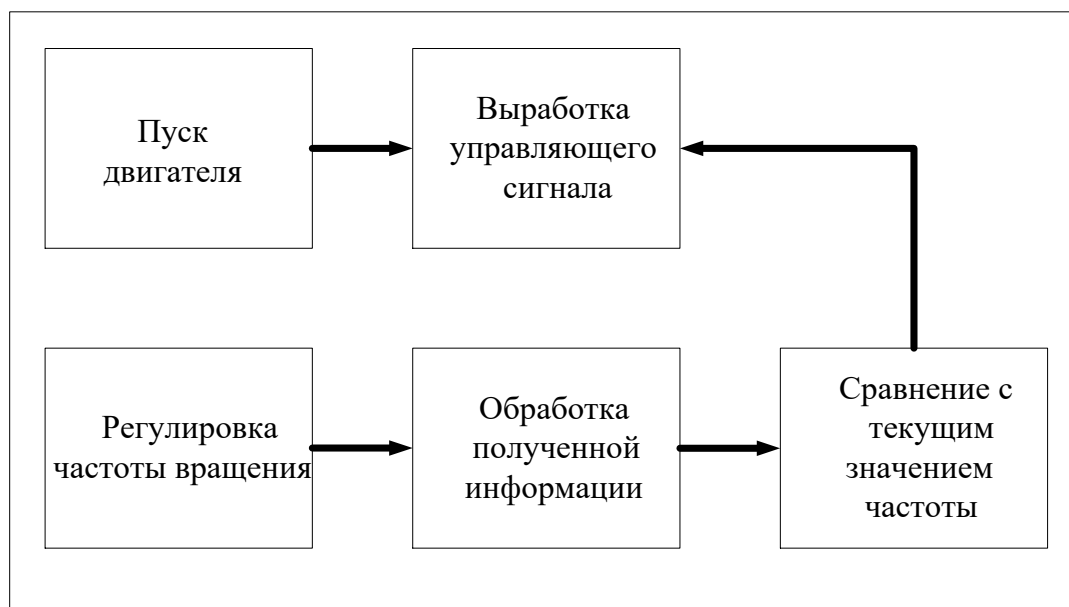


Рисунок 1.4 – Функциональная схема работы электропривода управления установкой

В качестве отдельного элемента системы можно выделить ПК с установленным пакетом LabVIEW. Подробнее работа программы будет рассмотрена ниже.

1.4 Анализ существующих аналогов

Проект разрабатываемой установки является модернизированным и усовершенствованным аналогом существующей установки для измерения геометрических размеров кулачковых механизмов (Рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Установка для исследования кулачковых механизмов с ручным приводом

Изображенная на рисунке 1.5 установка позволяет исследовать форму и измерять геометрические размеры кулачкового механизма. При этом результаты измерений фиксируются только в ручном режиме, то есть каждое измерение необходимо записать в журнал либо занести в электронный документ в персональный компьютер. Так или иначе, но данная установка не позволяет

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

автоматизировать процесс измерения и соответственно не имеет инструмента предотвращения грубых погрешностей измерения, а также не позволяет компенсировать систематическую погрешность в автоматическом режиме.

Вместе с тем, проектируемая установка имеет связь с персональным компьютером и включает в свой состав устройство преобразования измеряемых геометрических размеров в цифровой код (DAQ-устройство), по сути являющееся АЦП. Данное решение обладает набором статистических погрешностей, таких как погрешность дискретизации, погрешность реализации уровней квантования и пр., характерных для большинства цифровых измерительных устройств, но данный недостаток может быть в значительной степени компенсирован программными средствами измерительного комплекса.

Вывод по разделу 1: таким образом, в первой главе была показана актуальность разработки установки для измерения геометрических величин. Было подобрано устройство для сбора данных, а также построена функциональная схема работы электропривода. Исходя из обзора существующих аналогов, можно сделать вывод, что разрабатываемая установка позволит упростить и автоматизировать процесс проводимых измерений.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2 РАЗРАБОТКА СХЕМ И ОСНОВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ УСТАНОВКИ

2.1 Структурная схема

Исходя из требований, сформулированных в техническом задании структурная схема системы должна состоять, как минимум, из следующих структурных элементов:

- датчиков первичной измерительной информации (датчики линейно-угловых измерений);
- аналогового мультиплексора;
- управляющего контроллера;
- исполнительных устройств;
- персонального компьютера;
- блока питания.

Следует отметить, что источник питания обеспечивает необходимыми напряжениями все структурные элементы системы, причем для ряда элементов требуется стабилизированное напряжение с нормированным коэффициентом пульсаций.

Таким образом, структурная схема разрабатываемой установки имеет следующий вид (Рисунок 2.1).

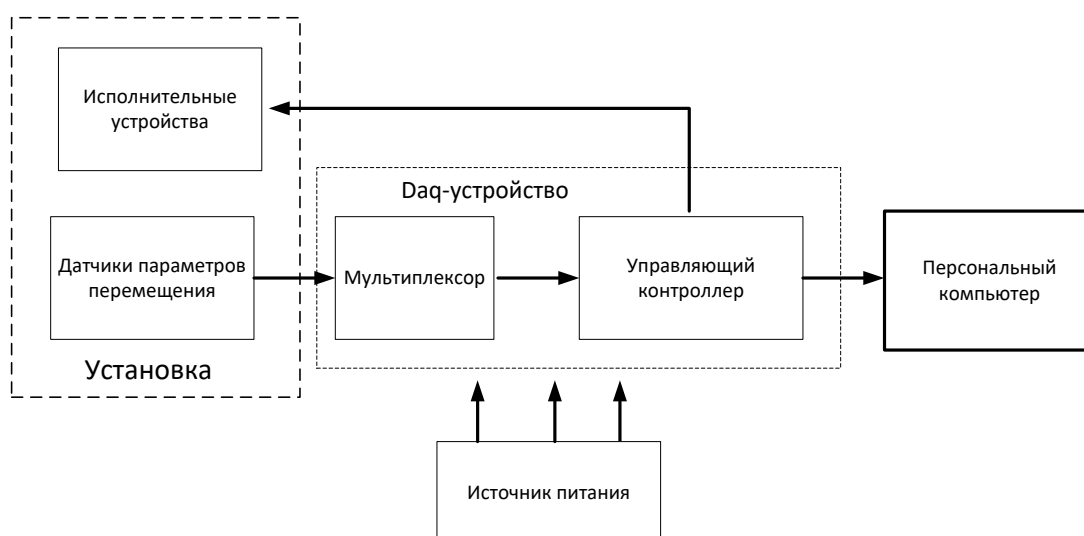


Рисунок 2.1 – Структурная схема установки

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Рассмотрим вкратце основные функции, выполняемые структурными элементами системы:

- датчики перемещения в пространстве (датчики линейно-угловых измерений) формируют первичную измерительную информацию о фактических линейных размерах кулачкового механизма;
- мультиплексор выполняет функцию коммутатора с внешним управлением от микроконтроллера, то есть организует процесс передачи измерительной информации от датчиков в управляющий контроллер;
- управляющий контроллер осуществляет основную функцию по координации взаимодействия отдельных структурных элементов системы, выдает команды на срабатывание исполнительных устройств, а также синхронизирует работу всей системы;
- исполнительные устройства осуществляют непосредственное воздействие подвижные элементы установки;
- источник питания осуществляет снабжение всех элементов системы необходимым напряжением питания, с нормированным коэффициентом пульсаций.

2.2 Функциональная схема

На следующем этапе проектирования системы предполагается разработка функциональной схемы. Функциональная схема позволяет выяснить роль функциональных групп и отдельных элементов в работе всей системы на более детальном уровне (Рисунок 2.2).

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

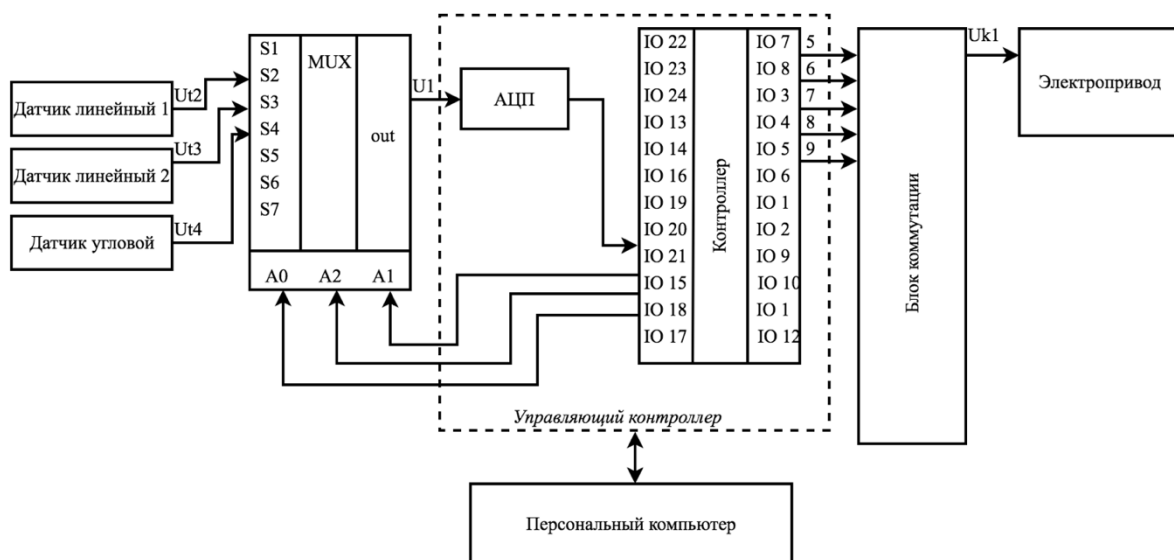


Рисунок 2.2 – Функциональная схема автоматизированной установки

На функциональной схеме, в соответствии с требованиями ТЗ представлены следующие элементы:

- два датчика измерения линейных размеров;
- один датчик измерения угловых размеров;
- восьмиразрядный аналоговый мультиплексор;
- управляющий контроллер;
- блок коммутации;
- привод исполнительных устройств;
- персональный компьютер.

2.3 Разработка принципиальной схемы

Ввиду того, что разрабатываемая система представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из нескольких структурных элементов рассмотрим построение принципиальных схем лишь в отношении механической и электрической частей установки.

2.3.1 Разработка принципиальной кинематической схемы установки

При разработке принципиальной кинематической схемы установки в качестве исходных данных служила информация, приведенная в п. 1.3.1. Разработанная принципиальная кинематическая схема установки представлена на рисунке 2.3.

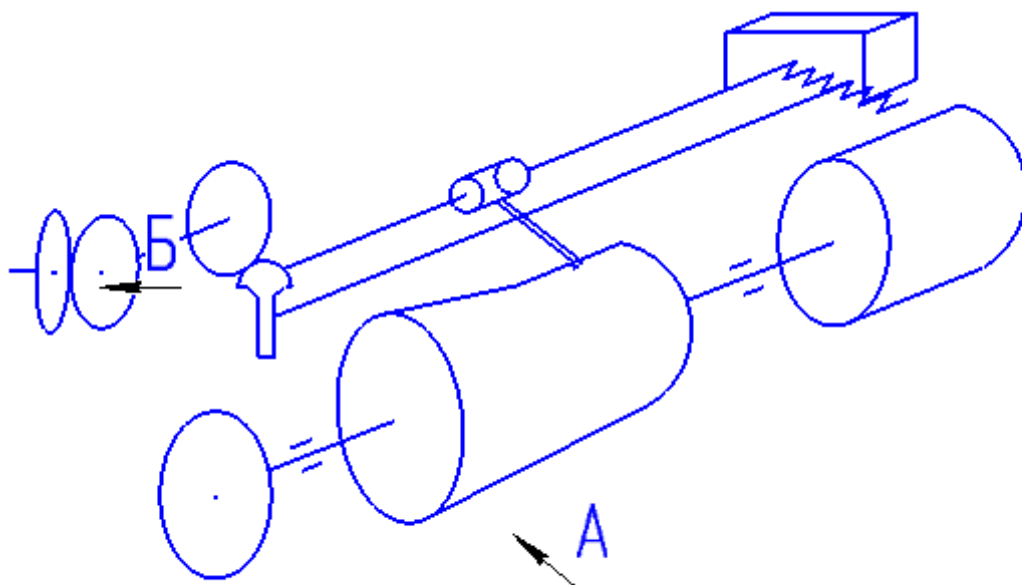


Рисунок 2.3 – Схема принципиальная кинематическая

2.4 Основные функциональные узлы автоматизированной установки

Рассмотрим подробнее каждый из выделенных функциональных узлов и определим основные, структурные элементы.

2.4.1 Установка с подвижной кареткой

Установка с фиксируемым в ней кулачковым механизмом является основным элементом разрабатываемого устройства и предназначена для передачи вращающего момента от электрического двигателя исследуемому механизму с целью сканирования его профиля.

Кинематическая схема разрабатываемой установки приведена на рисунке 2.4.

Измерение геометрических размеров кулачкового барабана сводится, по сути, к определению отклонения формы барабана от формы цилиндра. В соответствии с ГОСТ 10356-63, отклонение формы имеет следующее определение: «отклонение формы есть отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы геометрической поверхности или геометрического профиля. Шероховатость поверхности при рассмотрении отклонений формы исключается».

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

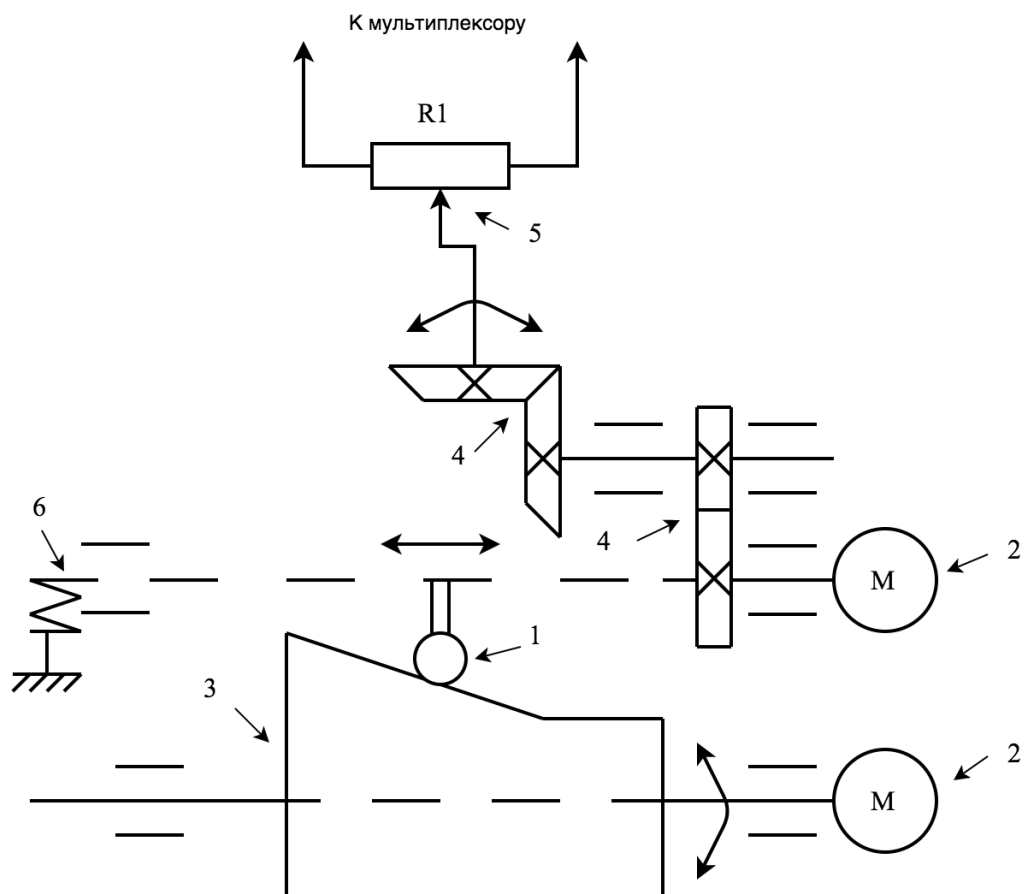


Рисунок 2.4 – Кинематическая схема установки:

- 1 – толкатель; 2 – электромотор; 3 – исследуемый кулачковый механизм;
4 – шестерни; 5 – потенциометр; 6 – возвратная пружина

Поскольку цилиндр является телом вращения, то для его исследования наиболее подходящим устройством будет аналог круглометра. Известно, что наиболее точными приборами для измерения отклонения формы являются формографы – они же круглометры. В круглометрах используют метод «образцового вращения», т.е. осуществляют базирование по образцовой цилиндрической детали – шпинделю прибора.

Электромотор (1) вращает шпиндель установки с закрепленным в нем барабаном (2) кулачкового механизма. Возвратная пружина (6) прижимает контактную головку к профилю барабана. Далее контактная головка подвижной каретки (3) передает отклонение формы барабана от цилиндрической, через систему шестерен (4) на потенциометр (5). Потенциометр формирует разностный

сигнал в виде приращения сопротивления ΔR , который далее преобразуется в электрический сигнал при помощи DAQ-устройства и затем данная информация передается в управляющий компьютер. При помощи ПК и полученной информации, формируется электронный образ кулачкового механизма.

В целом, разрабатываемая измерительная установка может работать как в автономном режиме, выполняя измерения независимо от компьютера, так и под управлением ПК. В последнем случае, подключив установку к рабочей станции с пакетом LabVIEW, можно программно контролировать и управлять процессом измерения, также собирать данные измерений в компьютер для их сохранения в файлы и дальнейшей их обработки.

Автономные средства измерений, обладающие возможностью интеграции в измерительную систему, называют модульными.

Таким образом, установка сканирует профиль барабана и позволяет сформировать электронный образ профиля с целью его дальнейшего исследования.

2.5 Обзор датчиков линейных перемещений

С целью выбора датчика, осуществляющего первичное преобразование линейного перемещения в электрический сигнал и дальнейшего его использования в работе установки, проведем аналитический обзор имеющихся датчиков применяющихся для измерения геометрических величин.

2.5.1 Определение

Известно, что измерение физической величины имеет конечную цель. Либо управление этой величиной, либо её контроль. Под контролем, как правило, подразумевается получение значения физической величины без воздействия на нее.

Следовательно, в общем случае (Рисунок 2.5) выходная величина измерительного преобразователя a является функцией многих переменных (или физических величин):

$$a = f(x, y_1 \dots y_n).$$

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, преобразование в процессе измерения представляет собой отображение одной физической величины при помощи размера другой. Причем, функционально, эти величины связаны друг с другом. Следовательно, измерительный преобразователь - это техническое устройство, выполняющее одно частное измерительное преобразование.

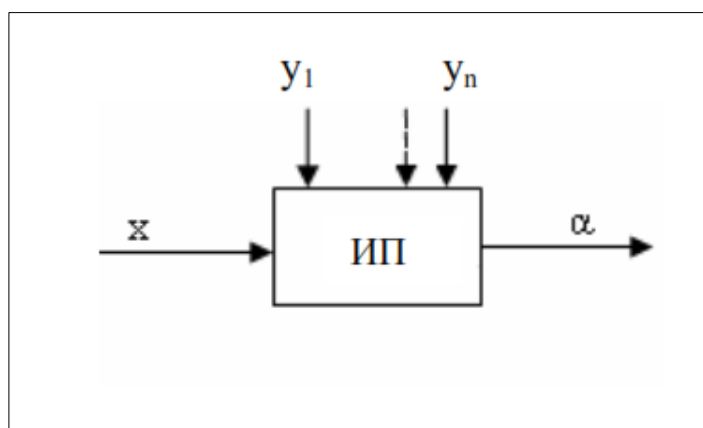


Рисунок 2.5 – Модель измерительного преобразователя

Работа измерительного преобразователя, как правило, происходит в сложных условиях, когда на измерительный преобразователь действует много параметров. Нас интересует обычно один параметр, который называется измеряемой величиной. Все остальные параметры процесса считаются помехами.

2.5.2 Классификация

Работа измерительного преобразователя, зачастую, осуществляется в условиях воздействия на преобразователь множества параметров. Интерес, обычно, представляет один параметр - *измеряемая величина*. Остальные параметры процесса, неинформативные и считаются помехами.

В соответствии с принципом действия датчики перемещения подразделяют на:

1. Емкостные.
2. Индуктивные.
3. Ультразвуковые.
4. Вихретоковые.
5. Магниторезистивные.

6. Потенциометрические.
7. Оптические.
8. Магнитострикционные.
9. На основе эффекта Холла.

Вкратце рассмотрим основные характеристики датчиков перемещения.

2.5.3 Датчики перемещения емкостные

Основным принципом работы датчиков данного типа является взаимосвязь ёмкости конденсатора с его геометрической конфигурацией. То есть, в простейшем случае, можно говорить об изменении расстояния между пластинами из-за внешнего воздействия (Рисунок 2.6). Так как, величина ёмкости конденсатора обратно пропорциональна зазору между пластинами, это позволяет судить о расстоянии между пластинами. Соответственно, приращение ёмкости есть функция расстояния.

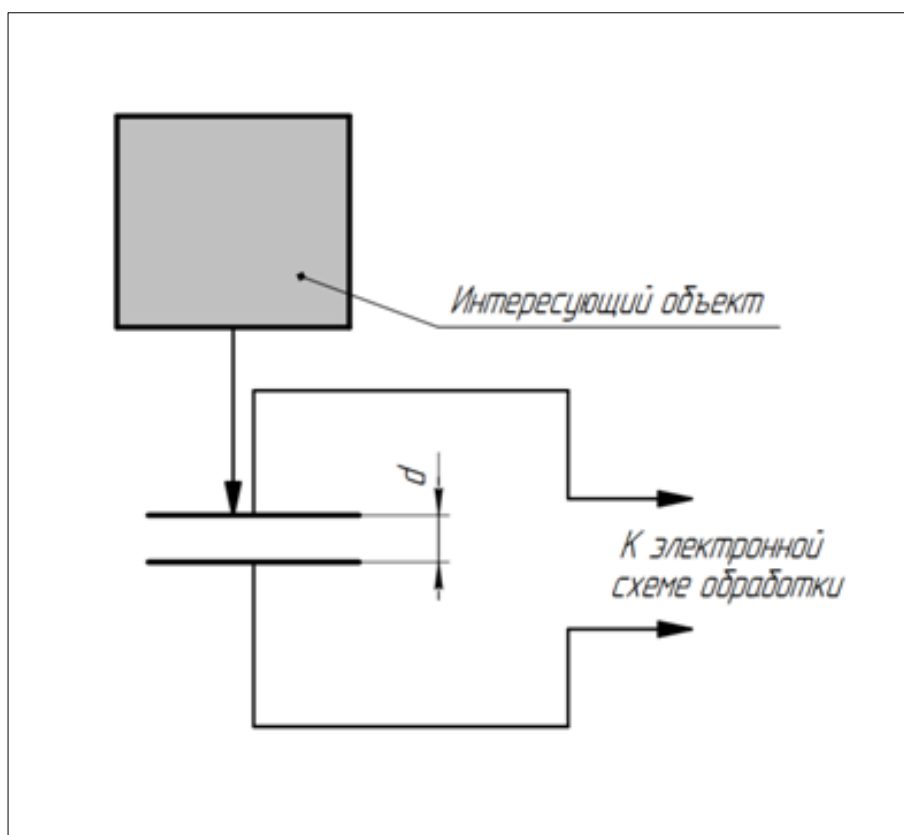


Рисунок 2.6 – Емкостной датчик линейного перемещения с изменяющейся величиной зазора

2.5.4 Датчики перемещения оптические

На сегодняшний день существует большое множество вариаций датчиков перемещения, основанных на оптических эффектах. Наиболее популярной является схема оптической триангуляции. При этом датчик положения является, дальномером, определяющим расстояние до интересующего объекта. Далее, фиксируют рассеянное поверхностью объекта излучение, после чего определяют угол отражения. Таким образом, определяют длину d — расстояние до объекта (Рисунок 2.7).

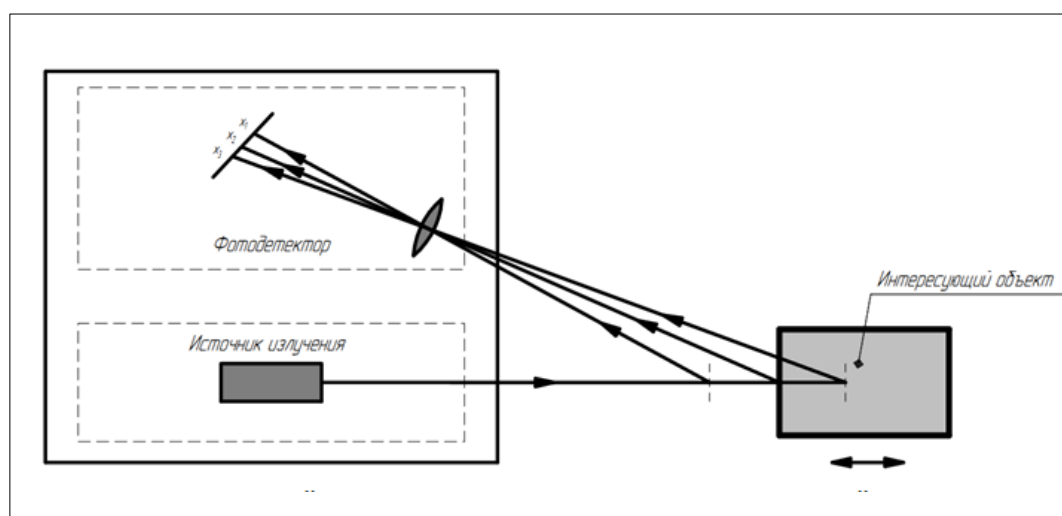


Рисунок 2.7 – Оптический датчик линейного перемещения

2.5.5 Датчики перемещения индуктивные

Датчики данного типа позволяют определять небольшие перемещения или вибрации объектов, состоящих из ферромагнитного материала, то есть обладают значительной чувствительностью. В данной схеме измеряемый объект играет роль магнитопровода, положение которого влияет на индуктивность измерительной катушки (Рисунки 2.8, 2.9).

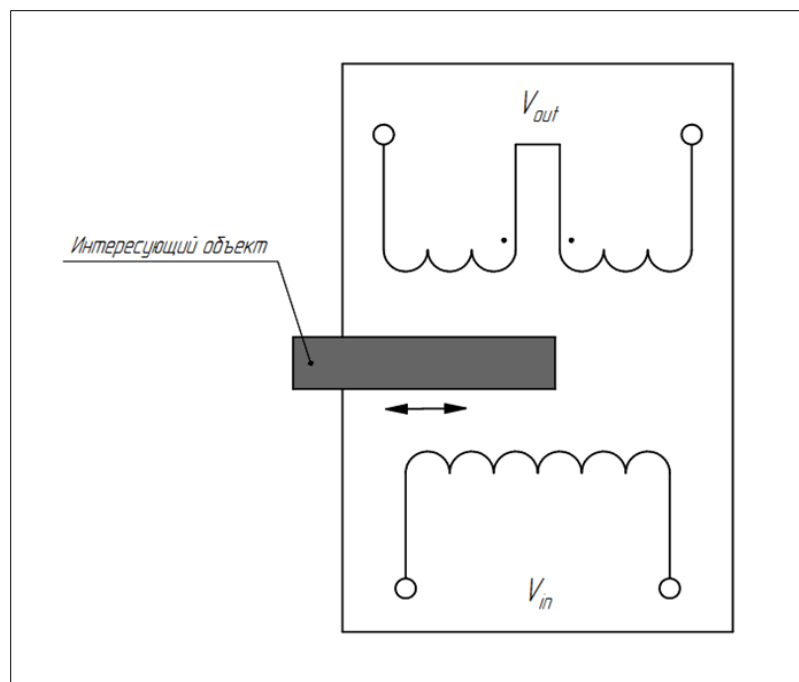


Рисунок 2.8 – Индуктивный датчик перемещения на трансформаторе

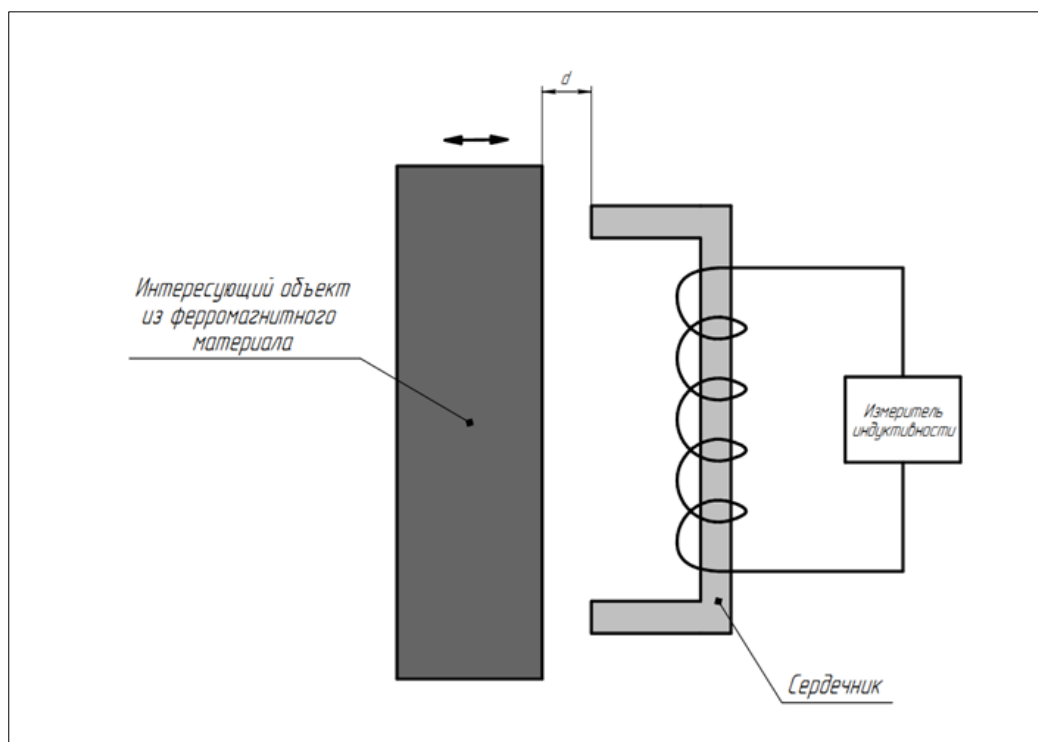


Рисунок 2.9 – Индуктивный датчик перемещения для объектов из ферромагнитных материалов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

2.5.6 Датчики перемещения вихретоковые

Вихретоковые датчики имеют генератор магнитного поля и регистратор. Данные элементы позволяют определять величину индукции вторичных магнитных полей. Соответственно, генератор создаёт магнитное поле пронизывающее материал объекта. Затем формируются вихревые токи (токи Фуко), создающие вторичное магнитное поле (Рисунок 2.10).

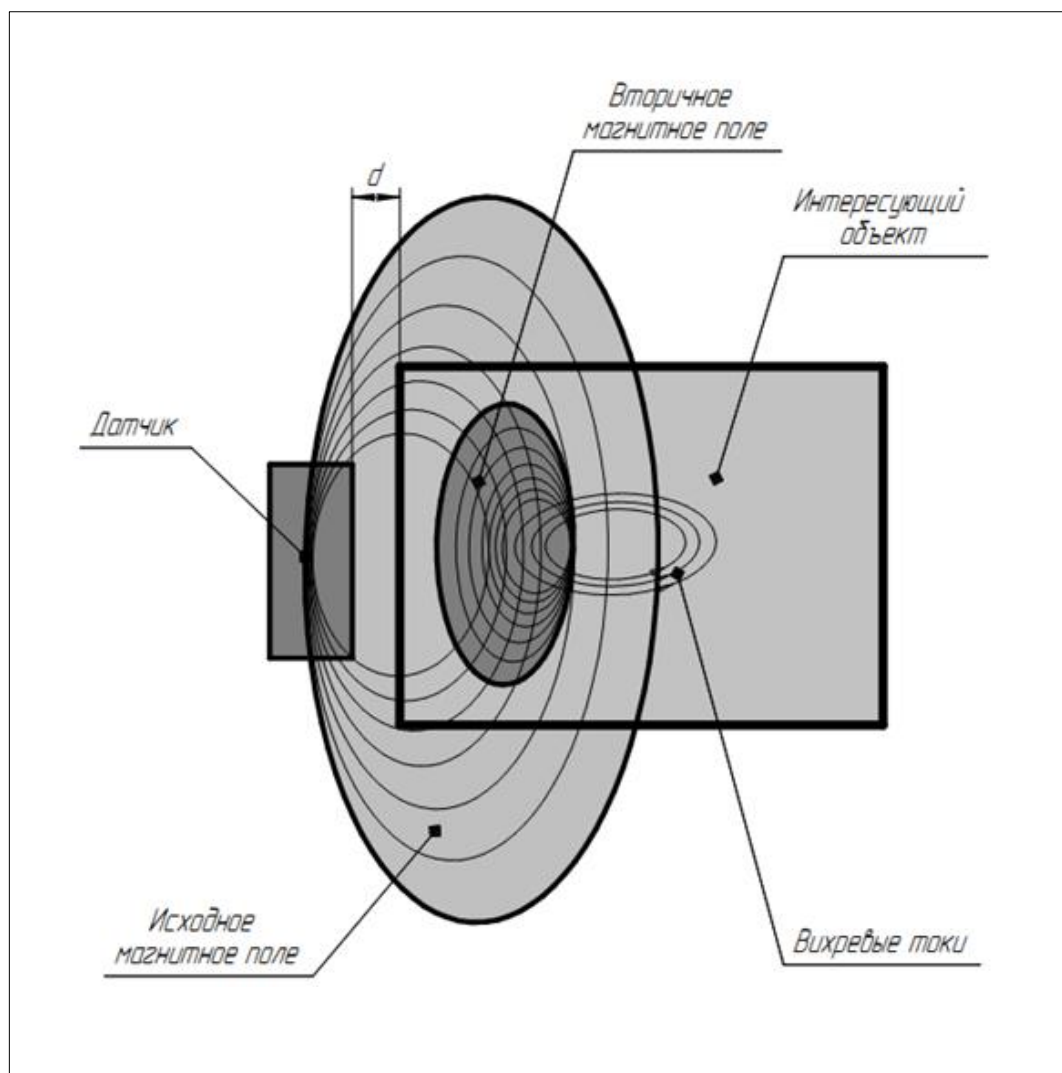


Рисунок 2.10 – Вихретоковый датчик перемещения

Данный принцип применяют в вихретоковых дефектоскопах.

2.5.7 Датчики перемещения ультразвуковые

Ультразвуковые датчики основаны на принципе радара (Рисунок 2.11), которые обычно заключены в компактный корпус.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Измеряется временная задержка между моментами отправки и приёма ультразвукового импульса. Это позволяет измерять расстояние до объекта с точностью, достигающей до десятых долей миллиметра.

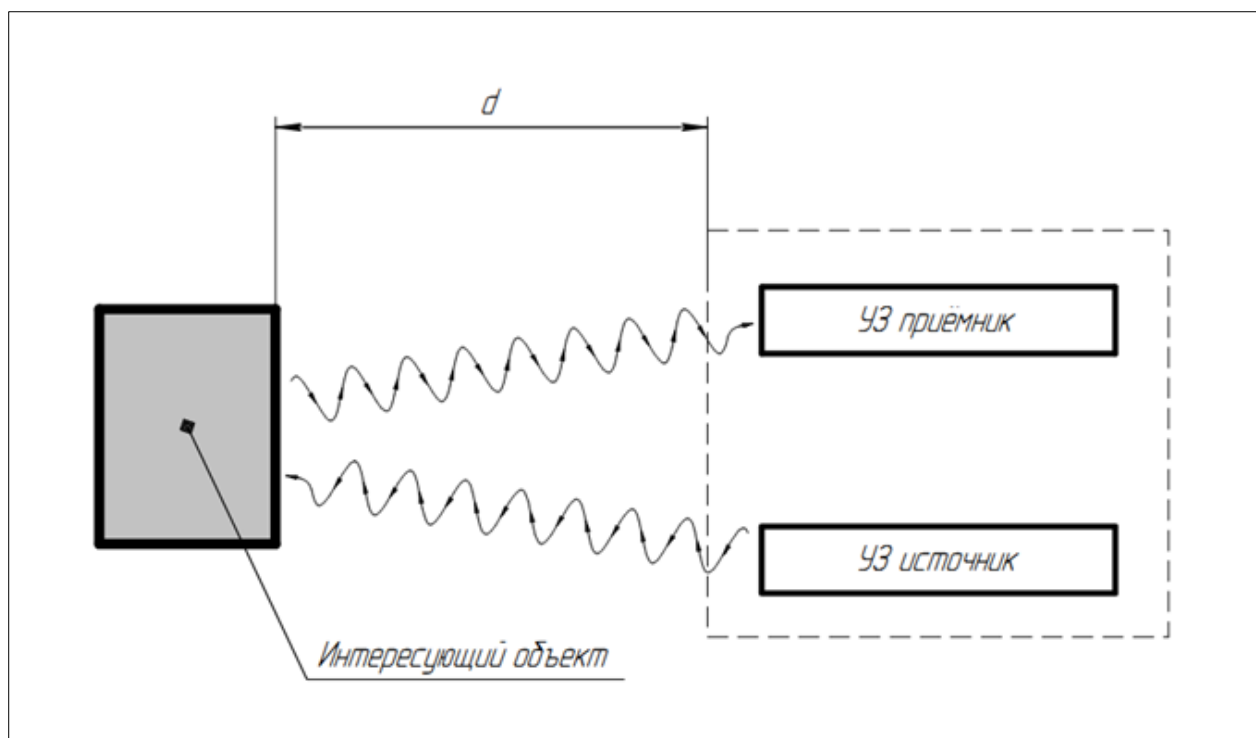


Рисунок 2.11 – Ультразвуковой датчик перемещения

2.5.8 Датчики перемещения магниторезистивные

Принцип зависимости сопротивления магниторезистивных элементов от величины и направления индукции магнитного поля положен в основу работы магниторезистивных датчиков (Рисунок 2.12).

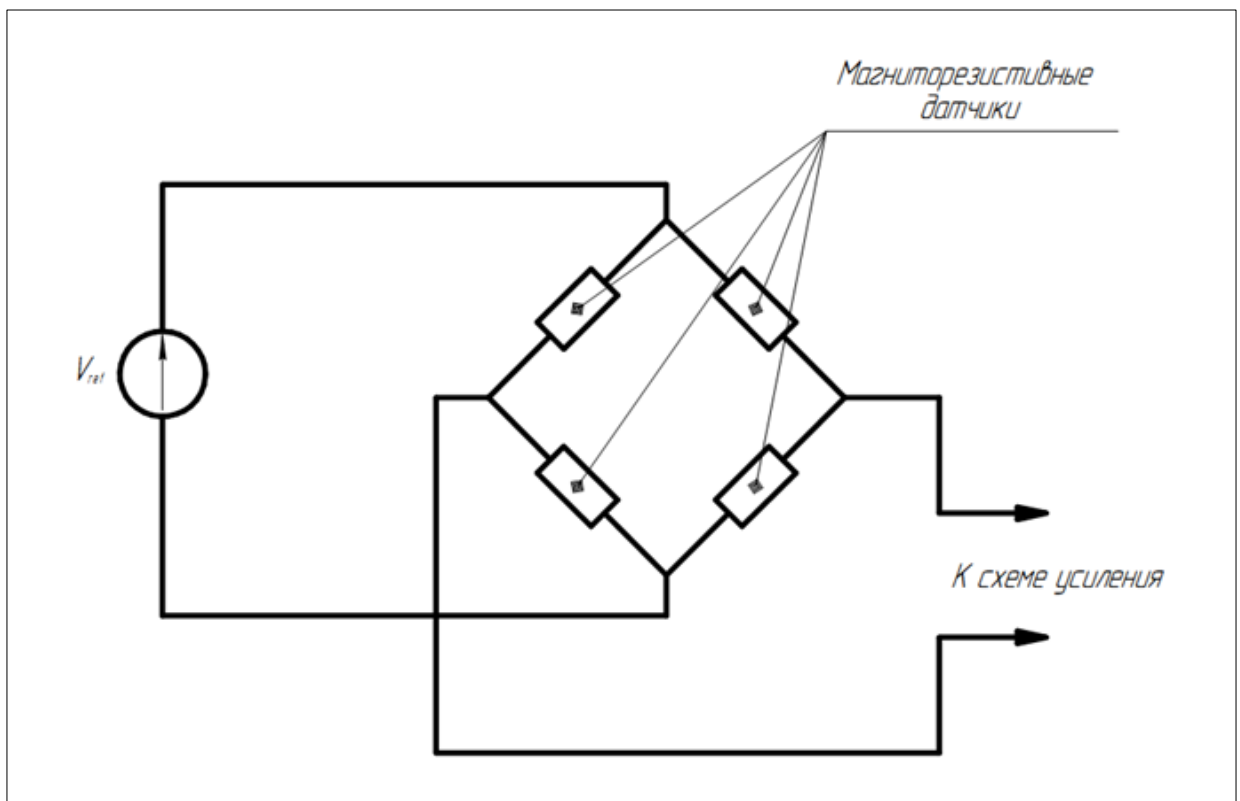


Рисунок 2.12 – Магниторезистивный датчик перемещения

2.5.9 Датчики перемещения магнитострикционные

Магнитострикционный датчик представляет собой волновод, вдоль которого перемещается постоянный магнит, тороидальной формы (Рисунок 2.13).

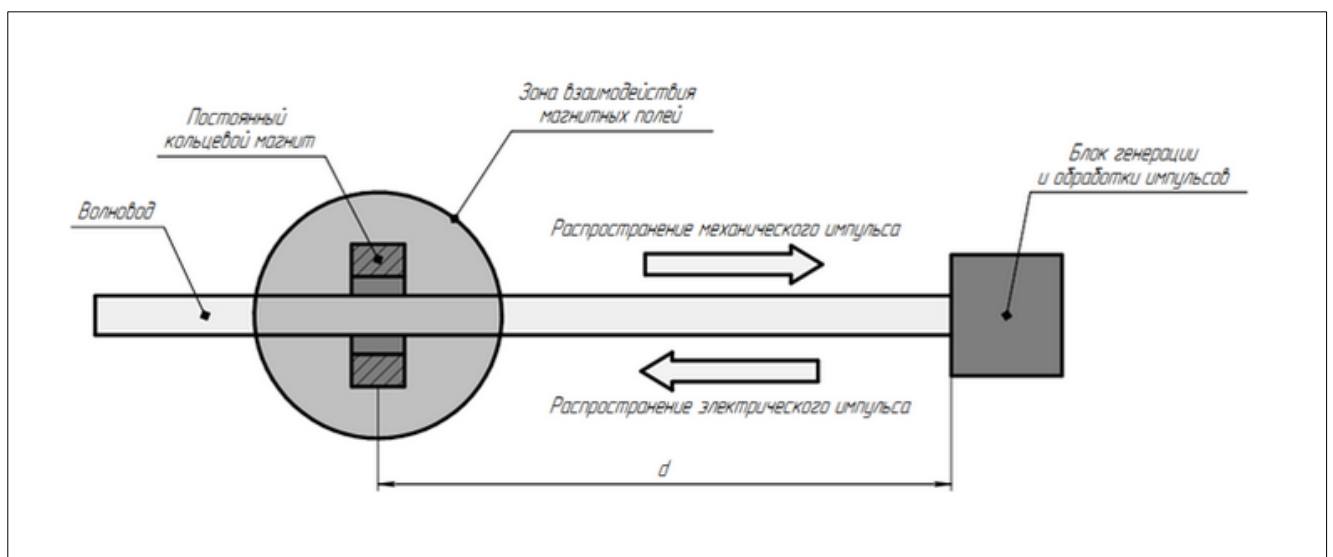


Рисунок 2.13 – Магнитострикционный датчик перемещения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Магнитное поле складывается с полем постоянного магнита, и результирующее поле создаёт момент вращения канала, содержащего волновод (эффект Вайдемана).

Таким образом, импульсы распространяются по каналу в обе стороны со скоростью звука. Соответственно, определение временной задержки между отправкой импульса и временем приёма импульса позволяет определить расстояние до постоянного магнита.

2.5.10 Датчики перемещения потенциометрические

В основе датчиков данного типа находится электрический контур с потенциометром (Рисунок 2.14). Следовательно, линейное перемещение объекта изменяет сопротивления потенциометра (переменного резистора).

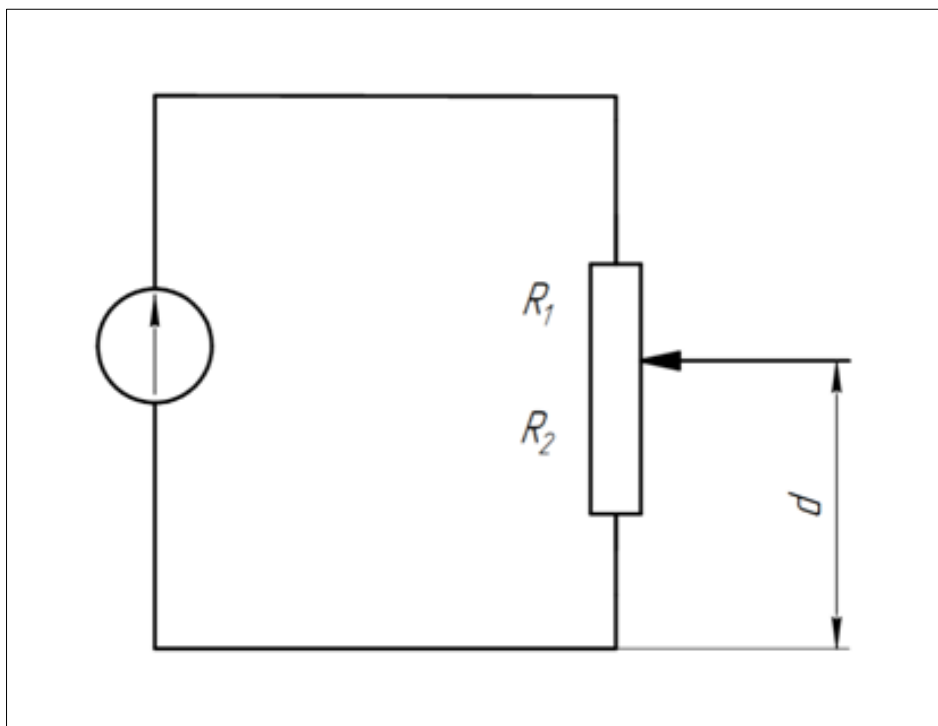


Рисунок 2.14 – Потенциометрический датчик перемещения

Таким образом, наряду с механическими датчиками перемещения, потенциометрические получили наибольшее распространение из-за простоты и сравнительно невысокой стоимости. Тем не менее, для прецизионных измерений в последнее время, как правило, используются оптические датчики.

2.6 Расчет эксплуатационных характеристик установки

В данном разделе будет проведен расчет эксплуатационных характеристик установки для исследования свойств кулачковых механизмов.

На основе анализа датчиков линейных перемещений, проведенного в разделе 2.6, с учетом всех преимуществ и существенных недостатков присущих механическим датчикам выберем датчик, наиболее подходящий для разработки нашей установки.

Как было показано выше, оптические датчики обладают наиболее подходящими качествами для реализации лабораторной установки исследующей пространственные свойства кулачковых механизмов.

В настоящее время оптико-электронные системы измерения параметров перемещения, в особенности в субмиллиметровом диапазоне, практически полностью заменили механические измерители.

К числу характерных представителей оптико-электронных систем относятся оптические преобразователи линейных и угловых перемещений (ОЭПП). У подобных преобразователей значение входной величины (пространственное перемещение) трансформируется в сигнал пригодный для дальнейшего преобразования или представления техническим средством.

Таким образом, в оптико-электронных преобразователях задействованы два метода преобразования пространственных смещений в электронный цифровой код:

- интегральный счет элементарных приращений (инкрементные ОЭПП);
- непосредственное считывание (абсолютные ОЭПП).

2.6.1 Обобщенная структурная схема ОЭПП

Рассмотрим структурную схему преобразователя. Ее можно представить, как функциональную совокупность следующих элементов (Рисунок 2.15):

- излучателя (И);
- модуля фотоприемного (ФПМ);
- структуры анализирующей (АС);

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

- структуры кодирующей (КС);
- системы первичной обработки информации (СПОИ);
- системы вторичной обработки информации (СВОИ).

Следовательно, оптико-электронный преобразователь передает первичную измерительную информацию в другие, внешние устройства индикации или преобразования (ВУИП).

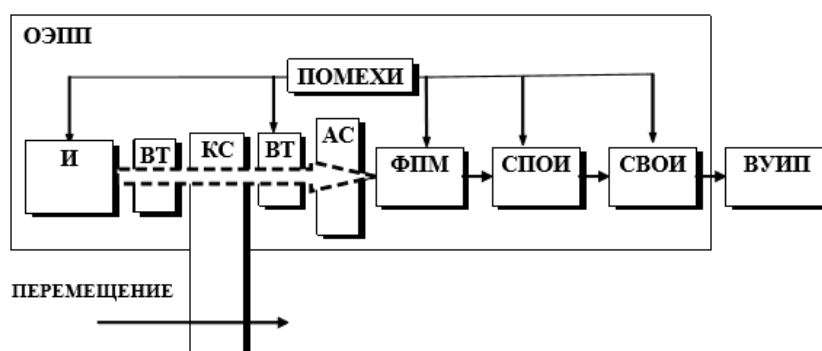


Рисунок 2.15 – Обобщенная структурная схема оптико-электронного преобразователя перемещений

Излучатель И как правило, включает от одного до трех источников оптического излучения (ИОИ), а также передающую систему оптическую (ПОС), которая позволяет сформировать необходимое поле оптического излучения.

Структура кодирующая КС является пространственной периодической структурой, позволяющей хранить размер единицы физической величины. Обычно, реализуется в виде линейной шкалы, раstra, голограммы или дифракционной решетки.

Структура анализирующая АС, данная структура аналогична вышеописанной(КС). АС предназначается в качестве элемента идентификации дробной части измеряемой единицы.

Модуль фотоприемный ФПМ позволяет преобразовать первичные оптические сигналы, полученные как результат трансляции излучения через АС и КС, соответственно в электрические. ФПМ может содержать до пяти приемников оптического излучения (ПОИ).

Система первичной обработки информации СПОИ, данная система, представляет собой электронную схему предварительной обработки электрического сигнала (предварительный усилитель и электронный фильтр).

Система вторичной обработки информации СВОИ является окончательным преобразователем полученной информации о результатах перемещения в цифровой код либо аналоговый сигнал, пригодный для восприятия непосредственно оператором или иным структурным элементом измерительной системы.

По состоянию на сегодняшний день, электрические лампы накаливания в излучателях И полностью вытеснены полупроводниковыми излучающими диодами (ПЖД), а также лазерными диодами излучающими когерентный световой сигнал (ЛЖД). Это объясняется более высоким коэффициентом полезного действия при преобразовании электрической энергии в излучение. Помимо этого получается более узкий спектральный диапазон излучения. Всё это позволяет увеличить коэффициент преобразования оптического излучения в информативный электрический сигнал.

2.6.2 Основные характеристики преобразователя

Основными характеристиками ОЭПП являются:

- форма представления выходных величин (вид выходного кода, число разрядов кода, цена единицы наименьшего разряда кода);
- диапазон измерений;
- погрешность измерения;
- быстродействие;
- надежность.

К входным величинам рассматриваемого преобразователя относят пространственное (линейное, угловое) перемещения какого-либо устройства, преобразуемое с помощью ОЭПП в выходной сигнал представляющий собой цифровой код.

Выходными сигналами преобразователя служат различные виды цифровых кодов, в том числе двоично-десятичные коды. Зачастую, также, применяются

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

специализированные коды. В качестве примера можно привести циклические коды в системе остаточных классов.

Применение в каждом конкретном случае того или иного цифрового кода связано с параметрами назначения оптического преобразователя. В случае, если преобразователь выдает выходные сигналы в систему индикации, используемую оператором, то тогда удобнее использовать десятичную систему счисления. В противном случае, если преобразователь располагают на входе цифровых устройств, более целесообразно применение формы, подходящей для дальнейшей обработки информации.

Таким образом, под диапазоном A_x приращений входной величины x определяется разность между ее максимальным x_{\max} и минимальным значениями x_{\min} :

$$A_x = x_{\max} - x_{\min}$$

Соответственно, в данной области, допускаемые пределы погрешности средства измерений – нормированы и регламентированы.

В контексте данной работы под дискретностью Δx_p преобразователя понимают минимально возможное приращение входной величины, соответствующее единичному изменению выходного кода, то есть:

$$\Delta x_p = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{N},$$

где N – число дискретных уровней квантования диапазона изменения выходной величины преобразователя (разрядность).

Следовательно, динамический диапазон изменения выходного сигнала оптического преобразователя зависит от диапазона измерения входной величины и от линейного или углового разрешения преобразователя.

В этой связи, наиболее существенной характеристикой преобразователя служит методическая погрешность преобразования. Данная погрешность определяется отклонением дискретного значения выходной величины, полученного при некотором значении входной величины x , от соответствующего

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

значения номинальной функции преобразования $f_{sf}(x)$, т. е. погрешностью преобразования Δx .

Соответственно, погрешность преобразования первичного датчика, главным образом, определяется действием инструментальной погрешности и погрешностей квантования. Данные погрешности в конечном счете являются погрешностями методическими. На рисунке 2.16 представлен график основной погрешности оптического преобразователя.

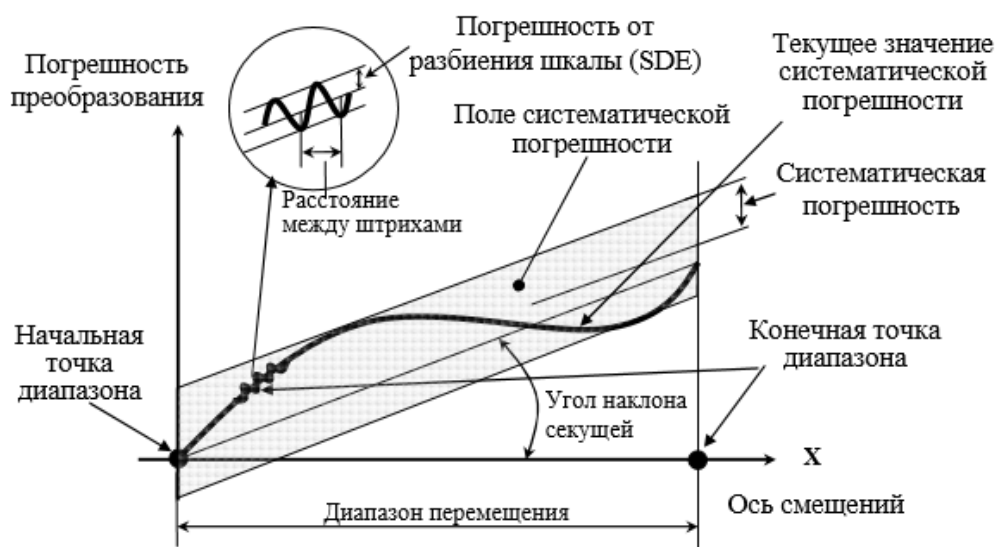


Рисунок 2.16 – График представления основной погрешности ОЭПП

Как видно из рисунка 2.16, систематическая составляющая погрешности, представленная на графике, соединяется с циклической, обусловленной погрешностью квантования КС (SDE). Данная составляющая пропорциональна шагу квантования шкалы КС, и по сути является мультипликативной погрешностью.

На сегодняшний день в Российской Федерации действует ГОСТ 26242-90 (*Системы числового программного управления. Преобразователи перемещений. Общие технические условия*), где под предельной погрешностью преобразователя перемещения понимается максимальное по абсолютному значению отклонение от действительного значения разности входной величины между двумя любыми точками во всем интервале измерения, исключая дискретность и погрешность

устройства, которым они проверяются или с которым работают. Следовательно, в состав предельных погрешностей, согласно ГОСТ 26242-90, входят иные разновидности систематических погрешностей, свойственные преобразователям конкретного типа, и их случайные составляющие.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что быстродействие преобразователя является функцией времени, затраченного на выполнение одного преобразования входной величины в цифровой код. Иными словами, быстродействие есть функция времени преобразования.

На основании информации о времени преобразования t_{np} можно рассчитать допустимую скорость изменения входного сигнала. Например, если требуется, чтобы за время преобразования входной сигнал изменился не более, чем на $q\%$ от линейного разрешения, тогда скорость изменения входной величины будет определяться следующим выражением:

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)_{доп} \leq \frac{q}{100Nt_{np}}(x_{max} - x_{min})$$

Другой ключевой эксплуатационной характеристикой рассматриваемого преобразователя служит надежность его функционирования. К числу основных показателей надёжности относят среднюю наработку на отказ (T_0). Также имеет применение такой показатель как средняя наработка до отказа (T_{cp}). Минимально допустимые значения этих параметров в часах определяют по формуле:

$$T_0 \leq 15K \cdot 10^3$$

или

$$T_{cp} \leq 15K \cdot 10^3,$$

где

$$K = \frac{1 + \sqrt{K_T}}{3 + \sqrt{L}},$$

где K_T – коэффициент, численно равный порядковому номеру класса точности с 1 по 10 и равный 0,5 для преобразователя класса точности 01 и 001 (ГОСТ 26242-90);

L – безразмерная величина, численно равная длине перемещения в метрах.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Отказом следует считать прекращение функционирования или увеличение погрешности при нормальном значении температуры более чем в два раза от номинального значения погрешности.

Вывод по разделу 2: разработаны структурная, функциональная, принципиальная и кинематическая схемы установки для исследования пространственных свойств кулачковых механизмов. На основе анализа основных свойств датчиков определения положения, был сделан выбор в пользу оптического датчика, как наиболее отвечающего требованиям выполняемой задачи.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТАНОВКОЙ

3.1 Алгоритм работы установки

Установка для изучения пространственных свойств кулачковых механизмов, как частный случай автоматизированной системы управления, относится к классу цифровых вычислительных систем, следовательно, методология проектирования данной системы включает элементы аппаратной и программной поддержки. Поскольку аппаратная часть системы в целом была рассмотрена выше, в данном разделе рассмотрим процесс создания программного обеспечения системы.

Весь процесс создания программного продукта можно условно представить в виде следующих друг за другом этапов, показанных на рисунке 3.1.

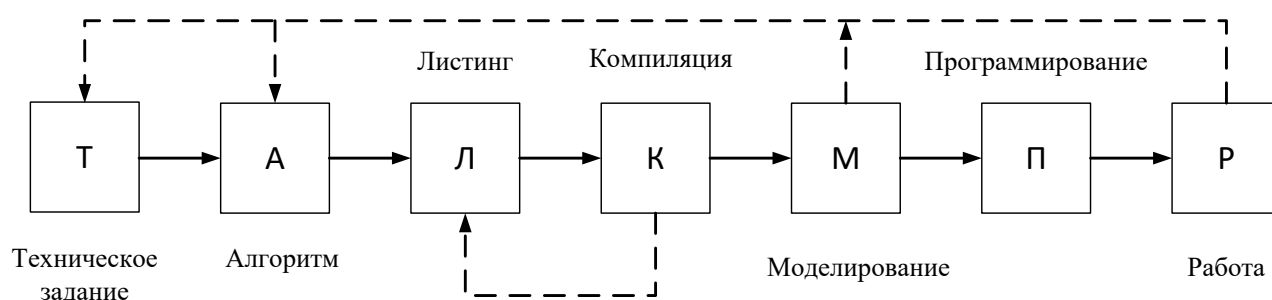


Рисунок 3.1 – Этапы создания программного обеспечения

На рисунке обозначены стрелки, отражающие наличие обратной связи этапа с предыдущим. В частности, после компиляции, зачастую может потребоваться корректировка листинга программного кода, а результатом работы системы может стать вновь переписанное техническое задание.

3.2 Программное обеспечение систем сбора данных

Ключевая компонента системы сбора данных – это программное обеспечение. Компьютер получает необработанные данные через устройство сбора данных. Программа, написанная нами, представляет и обрабатывает данные в понятной для нас форме. Программное обеспечение также управляет DAQ системой, посылая DAQ устройству команды, когда и с каких каналов получать данные.

Обычно программное обеспечение для DAQ-систем содержит драйвера и прикладное программное обеспечение. Драйвера – уникальное программное обеспечение для данного устройства или типа устройств, включающее набор команд, принимаемых данным устройством. Прикладное программное обеспечение, такое как LabVIEW, посылает драйверные команды в систему. Стартовая страница программы LabVIEW представлена на рисунке 3.2.

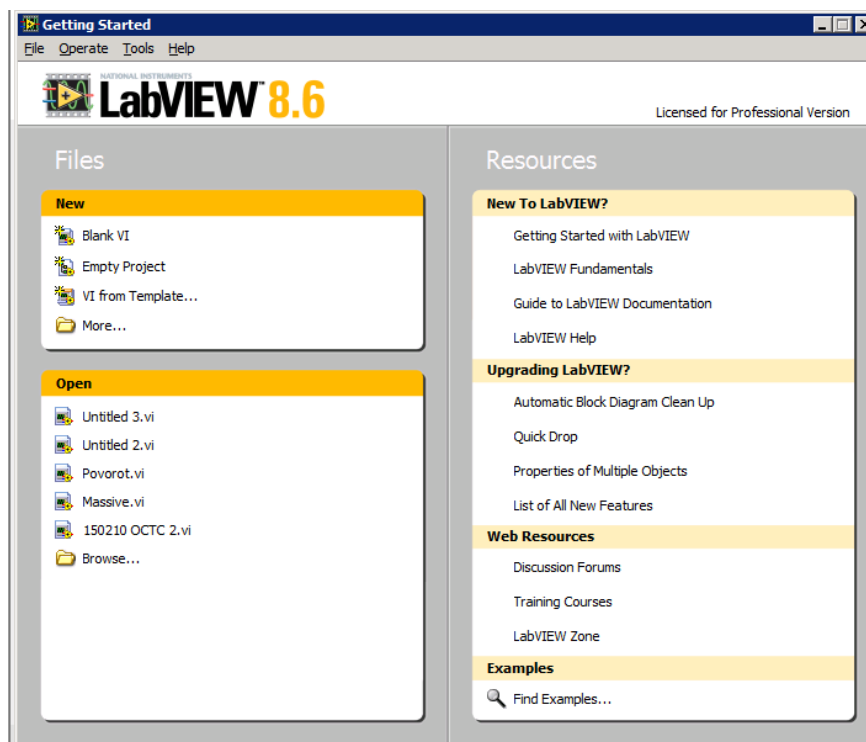


Рисунок 3.2 – Стартовая страница LabVIEW версии 8.6

Измерительные устройства компании NI включают инструментальный драйвер NIDAQ – набор виртуальных приборов, используемых для настройки, сбора и отправки данных в измерительные устройства.

Измерительная система содержит следующее программное обеспечение:

1. NI-DAQ – программное обеспечение для управления DAQ устройством.
2. Проводник по средствам измерений и автоматизации (Measurement & Automation Explorer – MAX) – программное обеспечение для взаимодействия LabVIEW и NI-DAQ.

3. LabVIEW – программное обеспечение, используемое для создания приложения, которое отправляет команды драйверу и получает, анализирует и представляет данные.

4. Проводник по средствам измерений и автоматизации (Measurement&AutomationExplorer – MAX) – приложение, работающее в операционной системе Windows, которое устанавливается во время установки NI-DAQ. MAX используется для настройки и тестирования программного обеспечения и оборудования NI, создания новых каналов и интерфейсов, просмотра присоединенных устройств и приборов. При создании ВП с использованием традиционного NI-DAQ по необходимости может быть использовано MAX для настройки устройства.

Для запуска программы дважды щелкните кнопкой мыши на иконке Measurement&Automation на рабочем столе Windows. MAX содержит следующие функциональные категории:

- окружение данных (DataNeighborhood);
- устройства и интерфейсы (DevicesandInterfaces);
- приборы IVI;
- масштабы (Scales);
- данные за прошлое время (HistoricalData);
- программное обеспечение (Software);
- ВП регистрации заданий (VI LoggerTasks).

3.3 Программная реализация автоматизированной информационно-измерительной системы

Разработка данного макета информационно-измерительной системы осуществляется в среде LabVIEW 2012, версия 12.0f3 (32-bit).

После запуска, система предлагает создать новый виртуальный прибор (ВП) либо выбрать из уже имеющихся. Файлы ВП имеют расширение vi. Так как предполагается реализовать достаточно уникальную систему, создается новый ВП. При этом среда генерирует две взаимосвязанных конструкции: переднюю панель и блок-диаграмму (Рисунок 3.3).

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Лицевая Панель/FrontPanel, является интерфейсом пользователя, т.е. содержит средства ввода с экрана монитора исходных данных и управления программой в ходе ее выполнения – *Элементы управления/Controls*, и средства вывода информации – *Индикаторы/Indicators* – цифровые и графические. Для удобства пользования виртуальным прибором в LabVIEW предусмотрен большой набор элементов управления, имитирующих привычные элементы управления реальных приборов – переключатели, тумблеры, сигнальные светодиоды, шкалы со стрелками и т.д. Существует принципиальная возможность смоделировать лицевую панель ВП, в виде точной копии передней панели реального прибора.

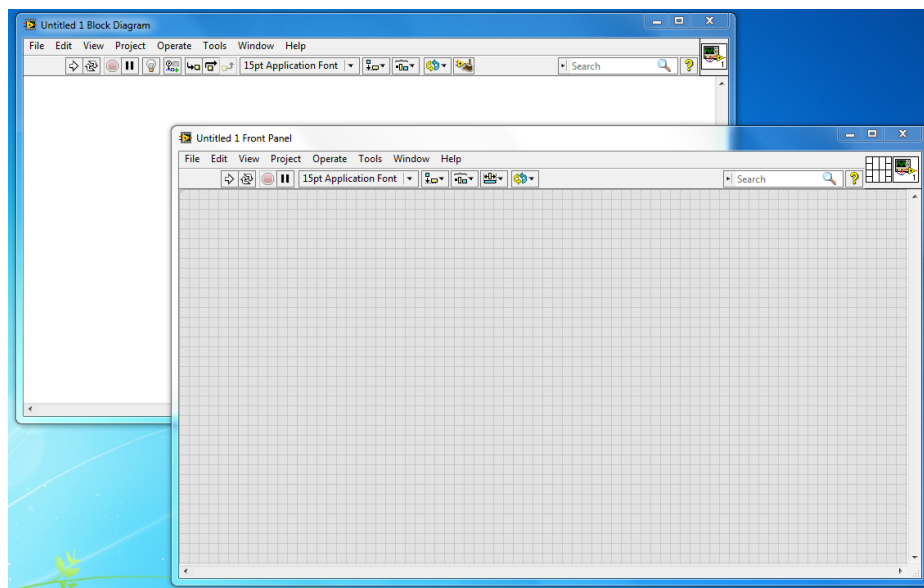


Рисунок 3.3 – Передняя панель виртуального прибора и блок-диаграмма

Блок-диаграмма/Blockdiagram в графической форме описывает алгоритм работы ВП. Эта часть содержит терминалы управления/индикации и функциональные узлы, входные и выходные поля которых соединяются между собой проводниками передачи данных.

Блок-диаграмма разработанной системы управления установкой представлена на рисунке 3.4.

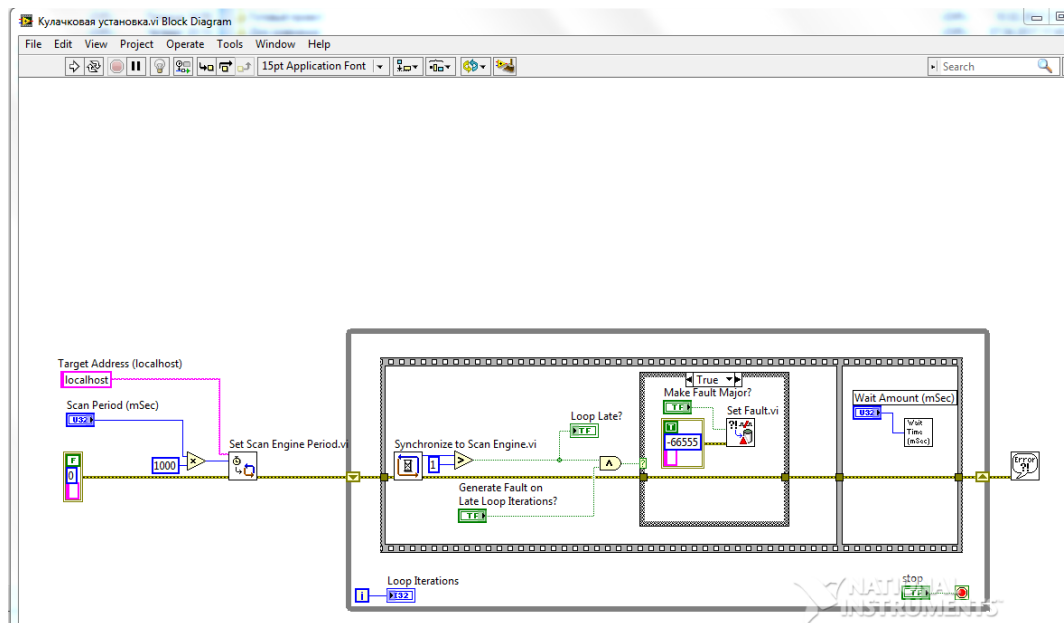


Рисунок 3.4 – Блок-диаграмма разрабатываемой установки

После того, как разработка блок-диаграммы завершена, можно вывести на монитор сам виртуальный прибор (Рисунок 3.5).

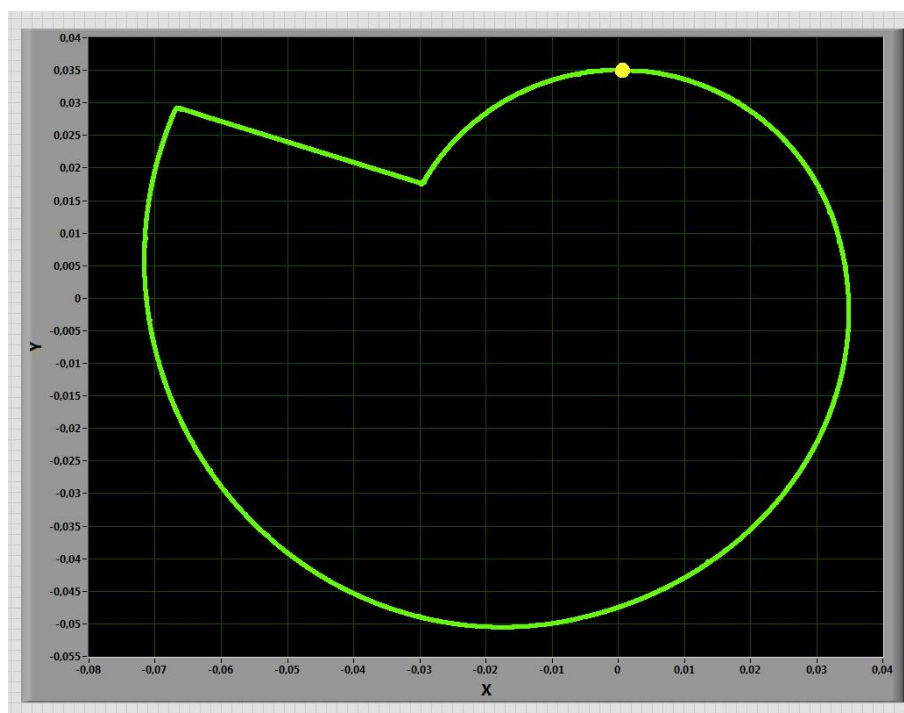


Рисунок 3.5 – Виртуальный прибор – установка для изучения пространственных свойств кулачкового механизма

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Как видно из рисунка 3.5, данный виртуальный прибор позволяет сканировать профиль кулачкового механизма и выводить данные на переднюю панель.

Желтая точка на профиле соответствует положению толкателя установки. Для более точного получения результатов сканирования выведена диаграмма результатов, проградуированная в микронах.

Далее, для получения более полной картины, сканируем профиль кулачка в интегральном режиме с фиксацией результатов через определенный промежуток времени, который задается программно и может варьировать в диапазоне от 1 до 10 с. На рисунке 3.6 показан полный профиль кулачка в поперечной проекции с фиксацией результатов измерения.

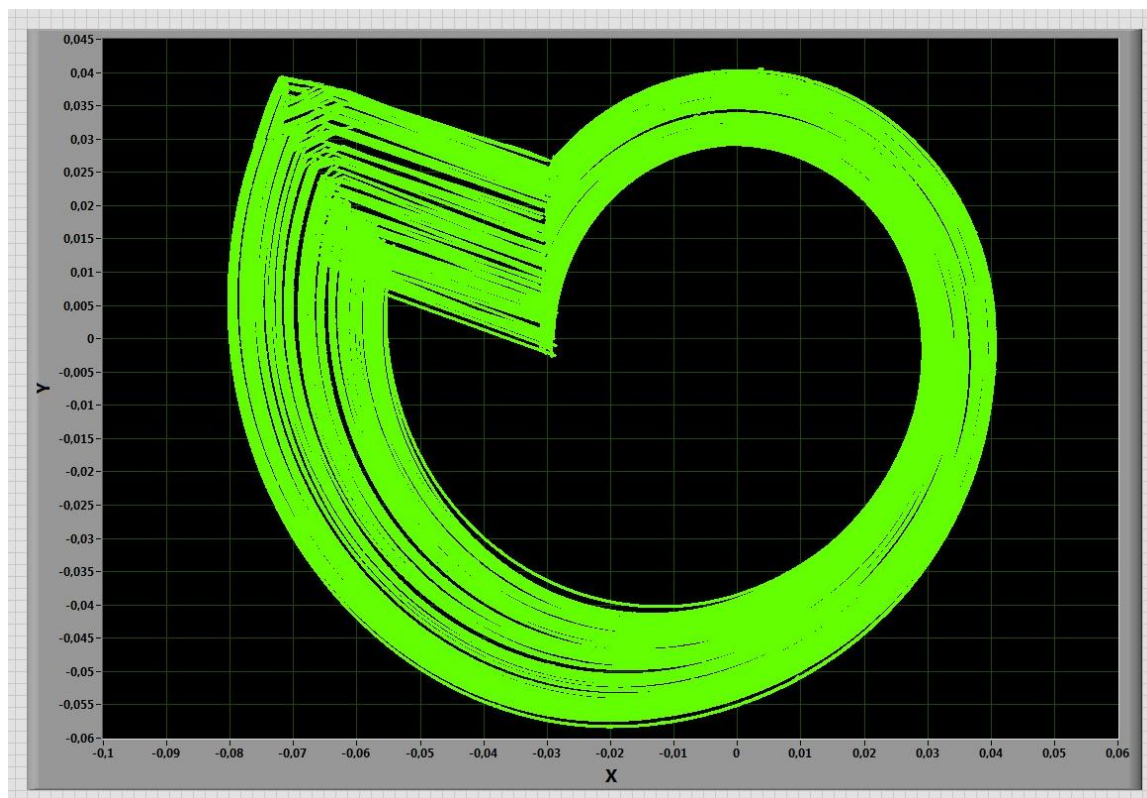


Рисунок 3.6 – Полный профиль кулачка в поперечной проекции с фиксацией результатов измерения

Программа позволяет исследовать как полный профиль кулачка в поперечной проекции, так и его часть (Рисунок 3.7).

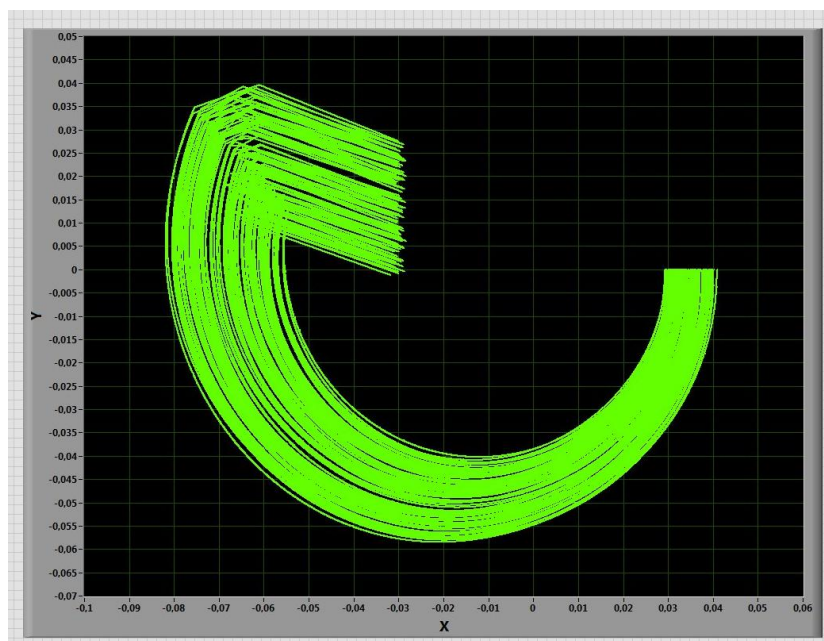


Рисунок 3.7 – Сканирование кулачкового механизма в динамике

Кроме того, есть возможность исследовать кулачек в трехмерной проекции, для этого реализована подпрограмма 3D Scan (Рисунок 3.8).

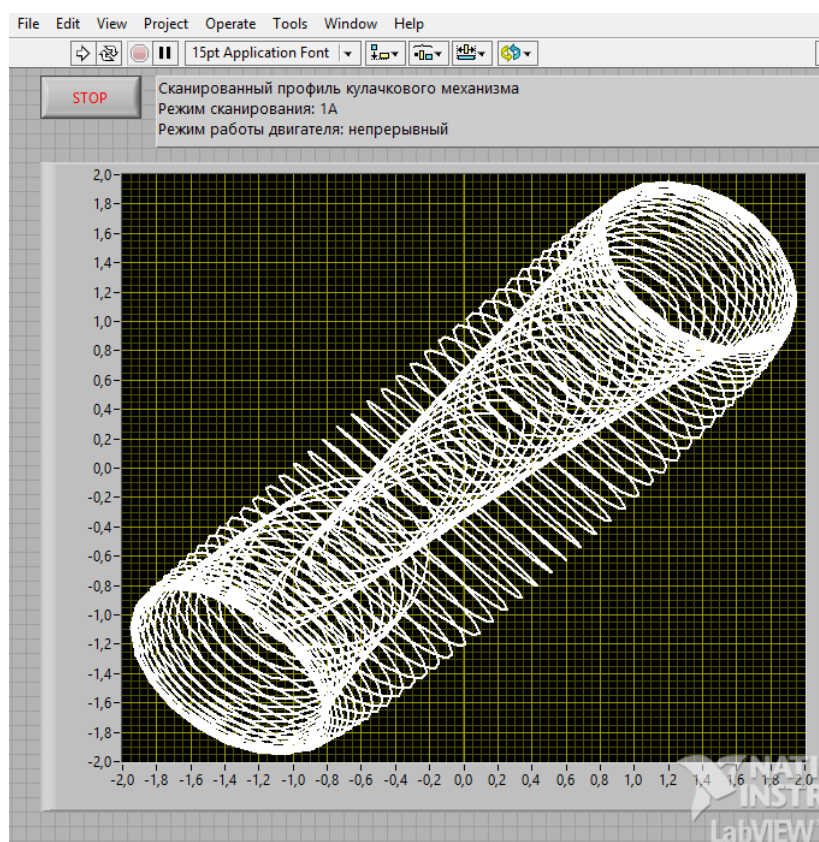


Рисунок 3.8 – Трехмерная проекция профиля кулачкового механизма, реализованная в подпрограмме 3D Scan

Таким образом, получившийся виртуальный прибор позволяет управлять установкой и получать результаты измерений в виде виртуального профиля.

Более подробно работа установки будет рассмотрена в главе 4.

3.4 Разработка алгоритма оценки неопределенности

Выше были рассмотрены особенности построения алгоритма работы установки под управлением виртуальным прибором, реализованным в среде LabVIEW. Однако для того чтобы полученные результаты имели практическую ценность, необходимо оценить их достоверность, то есть определить границы доверительных интервалов, в пределах которых полученные результаты находятся с определенной вероятностью.

В целях реализации данной задачи рассмотрим разрабатываемую установку с точки зрения принятой на сегодняшний день концепции неопределенности измерений. Для этого разработаем алгоритм, в соответствии с которым установка для исследования кулачковых механизмов будет параллельно со сканированием профиля, вычислять неопределенность измерения.

Следует напомнить, что в 1993 г. в Швейцарии под эгидой семи международных организаций (МБМВ, МЭК, ИСО, МФКХ, ИЮПАК, ИЮПАП, МОЗМ) была принята первая редакция "Руководства по выражению неопределенности измерения" (Рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Руководство по выражению неопределенности

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Данным документом устанавливаются общие правила по выражению неопределенности измерений. В Российской Федерации был принят одноименный стандарт ГОСТ Р 54500.3-2011.

Следует напомнить, что в соответствии с вышеупомянутыми документами различают оценивание неопределенности по типу А и типу В (Рисунок 3.10).

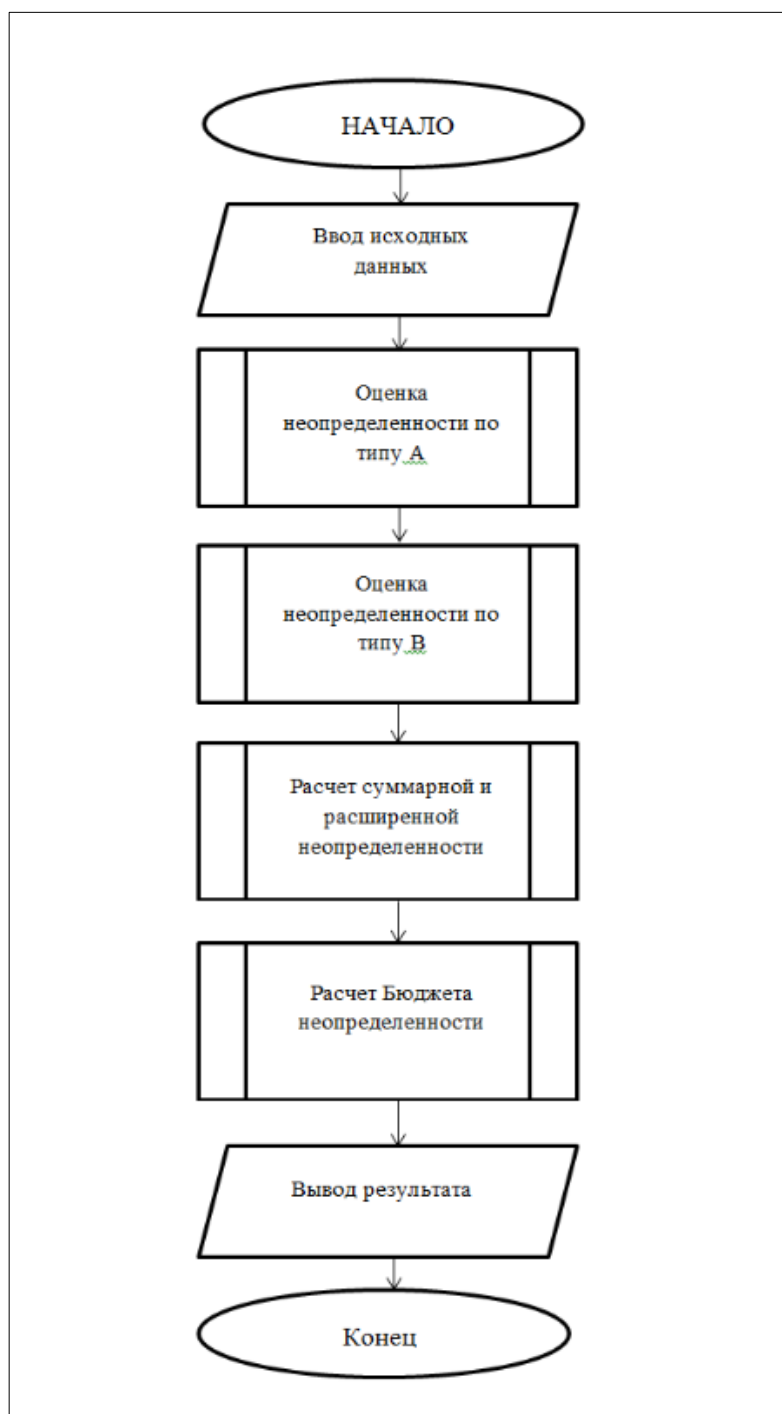


Рисунок 3.10 – Алгоритм оценки неопределённости при сканировании профиля кулачка

Оценивание по типу А осуществляют путем статистического анализа серий наблюдений и значения стандартных неопределенностей получают из функции плотности вероятности, полученного из наблюдаемого распределения.

Для оценивания по типу В используют:

- данные предварительных измерений;
- данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении свойствах соответствующих материалов и приборов;
- спецификация изготовителя;
- данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах;
- неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников.

На рисунке 3.11 представлен алгоритм последовательности вычисления неопределенности измерения.

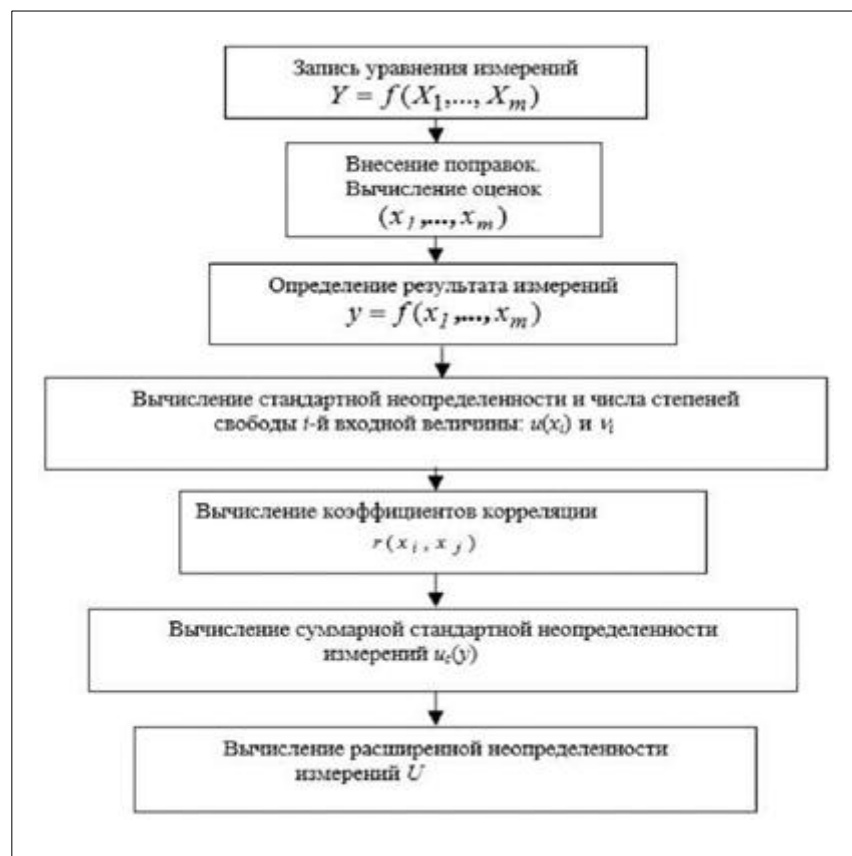


Рисунок 3.11 – Последовательность вычисления неопределенности измерения

Соответственно неопределенность может выражаться в форме:

- стандартного отклонения наблюдений S ;
- относительного стандартного отклонения S/\bar{X} ;
- коэффициента дисперсии $CV\%$ без установления вида распределения;
- 95%-ого или другого интервала доверия Q без указания вида распределения.

Нормальное распределение показано на рисунке 3.12.

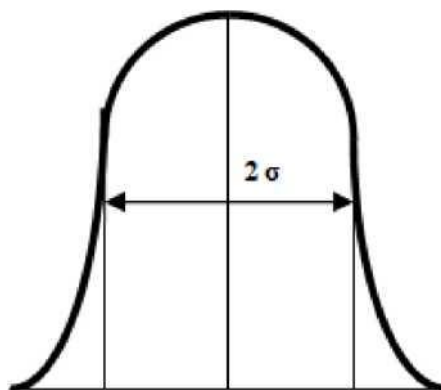


Рисунок 3.12 – Нормальное распределение

Учитывая то, что в российской метрологической практике, до сих пор широко применяется понятие погрешности приведем схему, отражающую соотношения погрешности и неопределённости. Сопоставление оценок погрешности и неопределенности показано на рисунке 3.13.

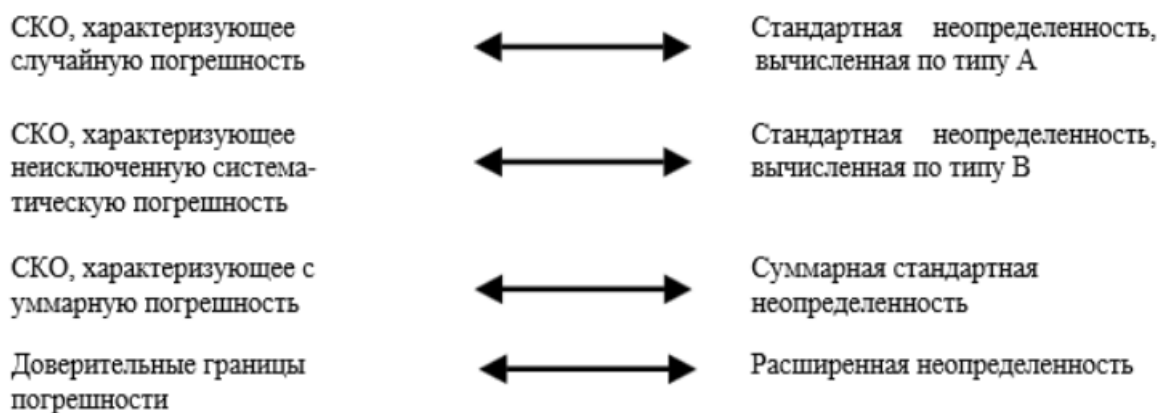


Рисунок 3.13 – Сопоставление оценок погрешности и неопределенности.

Здесь следует подчеркнуть, что строго говоря понятия погрешности и неопределенности не тождественны и могут быть сопоставлены лишь с определенной степенью допущения.

Таким образом, алгоритм расчета неопределенности по типу А будет выглядеть следующим образом (Рисунок 3.14).

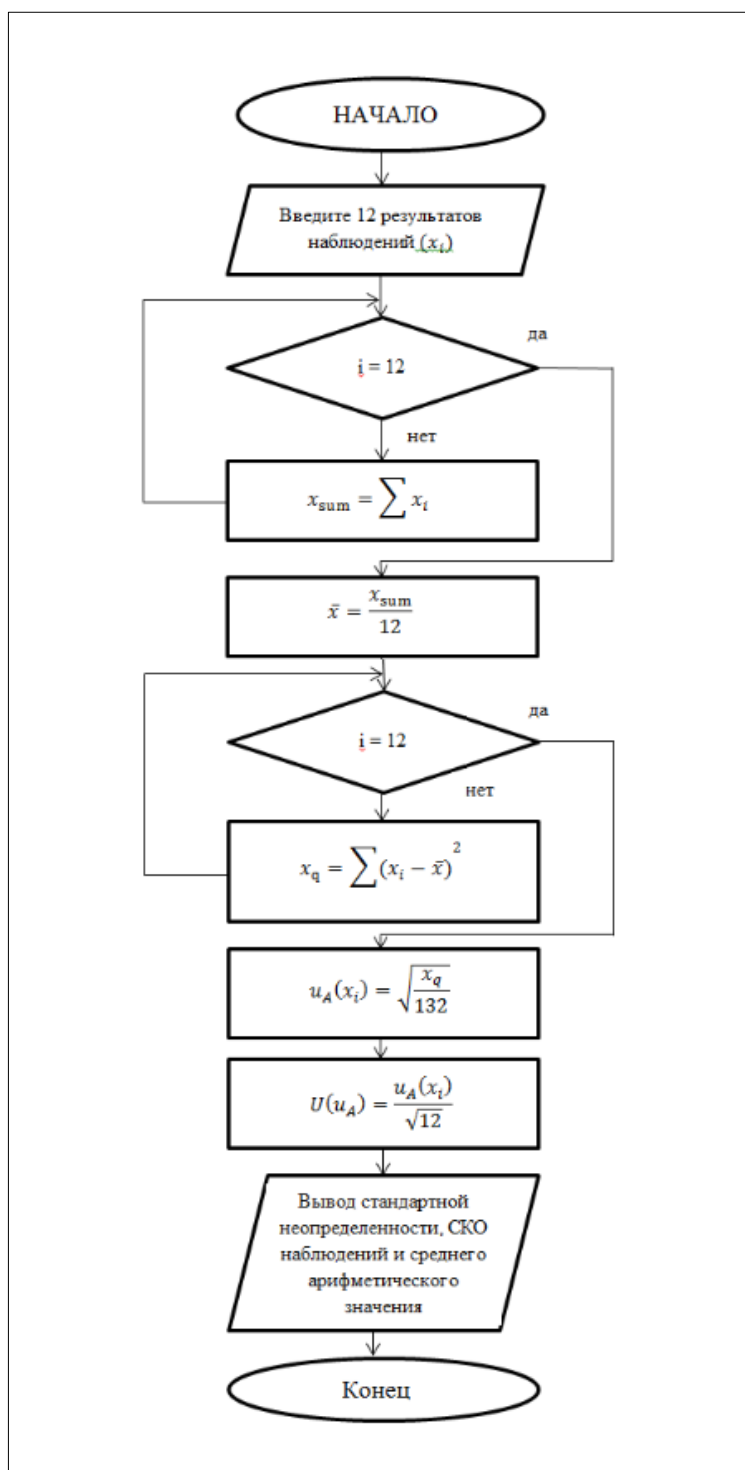


Рисунок 3.14 – Алгоритм оценки неопределенности по типу А

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

На рисунке 3.15 приведен алгоритм расчета неопределенности по типу В.

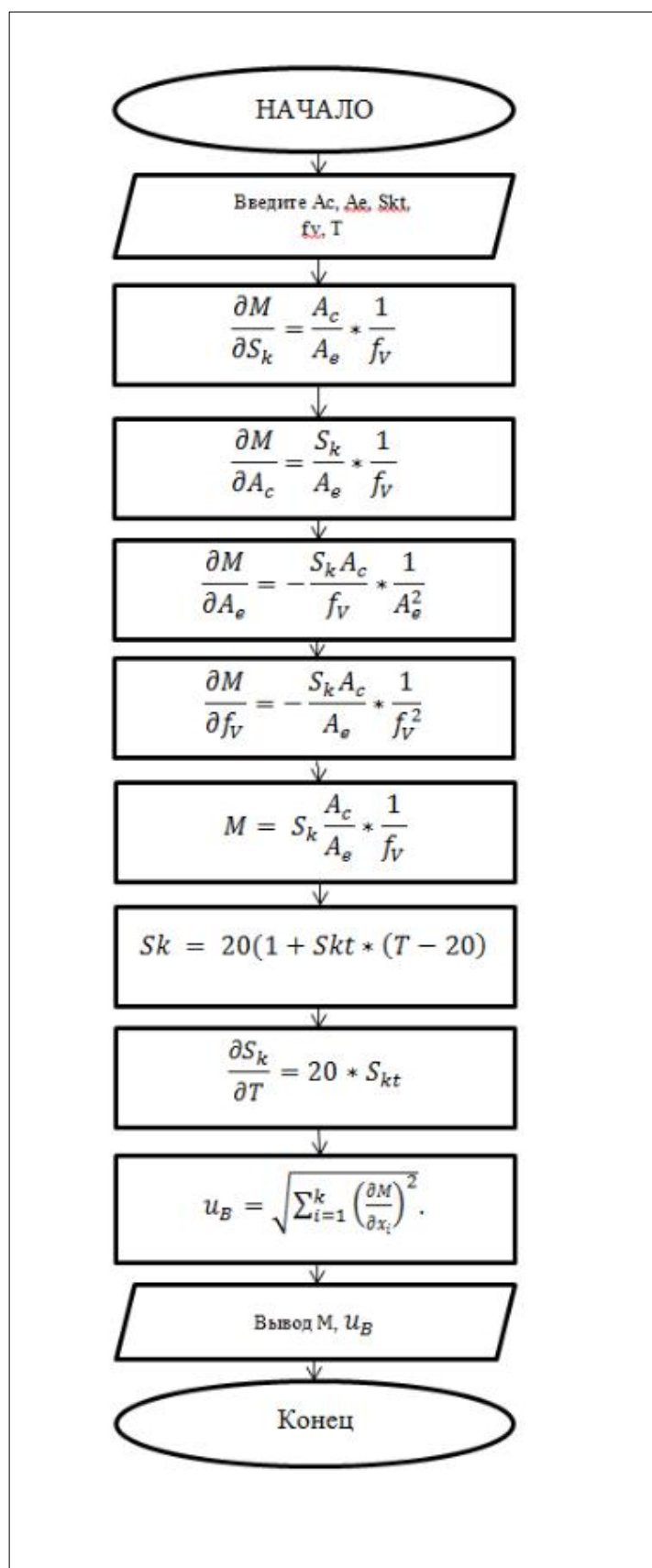


Рисунок 3.15 – Алгоритм расчета неопределенности по типу В

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Вывод по разделу 3: был разработан общий алгоритм работы установки, а также алгоритмы расчета неопределенности измерений с целью обеспечения их достоверности. На основании данных алгоритмов реализована программная часть устройства в среде LabVIEW.

Таким образом, в процессе исследования кулачкового механизма программа позволяет получить электронный образ сканированного кулачка и результат измерений с расчетом неопределенности.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ УСТАНОВКИ В СРЕДЕ LABVIEW

Используя среду разработки LabVIEW, моделируем макет автоматизированной информационно-измерительной системы (АИИС) управляющий процессом изучения свойств кулачковых пространственных механизмов.

Требуется:

- подобрать, оптимальные с точки зрения функциональности, аппаратные средства АИИС (DAQ-устройства, регулируемый электропривод управления, средства коммутации и пр.);
- разработать алгоритм управления процессом изучения свойств кулачковых пространственных механизмов, используя среду графического программирования LabVIEW.

4.1 Обзор аппаратных средств, интегрированных в среду LabVIEW

Использование технологии графического программирования при создании виртуальных лабораторий с использованием оболочки LabVIEW, основанной на концепции виртуальных измерительных систем и систем ввода/вывода информации, позволяет пользователям самостоятельно создавать приложения для сбора, обработки и визуального представления измеряемых величин. Существенным преимуществом, также является возможность разработки автоматизированных измерительных систем, позволяющих помимо измерения количественных параметров исследуемого процесса, осуществлять управление процессом. В частности, АИИС работающие под управлением LabVIEW обладают следующими преимуществами:

1. Гибкость создаваемых приложений при построении измерительных систем. Она обеспечивается студентом в зависимости от требований решаемой задачи, используемой компьютерной платформы, необходимости насыщения системы дополнительными средствами анализа и отображения данных.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

2. Высокие эргономические показатели создаваемых LabVIEW виртуальных инструментов с точки зрения разрабатываемого взаимодействия человек – машина.

3. Отсутствие требований по знанию языков программирования и владения сложными методиками программирования. Применение графического программирования позволяет разрабатывать виртуальные лаборатории на уровне блок-схем и диаграмм.

4. Согласно ГОСТ 9.2-98, программная продукция компании NationalInstruments (LabVIEW, LabWindows, LabWindows/CVI и др.) является сертифицированным инструментальным средством разработки программного обеспечения для универсальных систем общего назначения, а их аппаратура полностью соответствует международным стандартам на организацию измерительно-управляющих устройств и систем.

Но, пожалуй, самым главным достоинством данной среды является возможность использования реальных физических элементов при исследовании АИИС. LabVIEW позволяет использовать реальные объекты управления в процессе исследования. Система может быть использована для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, подключения различных приборов для сбора, обработки, отображения информации и результатов расчетов, таким образом, обеспечивая большую достоверность и точностью проводимых исследований. LabVIEW позволяет реализовать любые ситуации, в том числе «невозможные» и аварийные.

Для программной среды LabVIEW разработано большое число пакетов, имеющих специальное назначение. К их числу относится пакет Control Design&Simulation Toolkit. После установки данного пакета стандартные наборы функций LabVIEW дополняются инструментами библиотеки моделирования и проектирования систем управления.

4.2 Проведение исследования при помощи установки

Разрабатываемая система состоит из следующих элементов:

1. Измерительный преобразователь (датчик).

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Сигнал.
3. Согласование сигнала.
4. Устройство сбора данных.
5. Драйвер и программное обеспечение.

Таким образом, каждый из вышеперечисленных элементов вносит свой вклад не только в процесс измерения кулачкового механизма, но и в общую неопределенность измерения.

Далее рассмотрим функционирование установки для определения свойств кулачкового механизма.

В функционале установки реализованы 4 режима работы, что позволяет сканировать исследуемый элемент с различной степенью детализации.

Рассмотрим режимы функционирования подробнее:

Режим 1 – основной режим работы установки (Рисунок 4.1). Данный режим позволяет сканировать заданный участок исследуемого элемента при непрерывной работе двигателя. Таким образом формируется электронный образ кулачкового механизма в трехмерной проекции.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

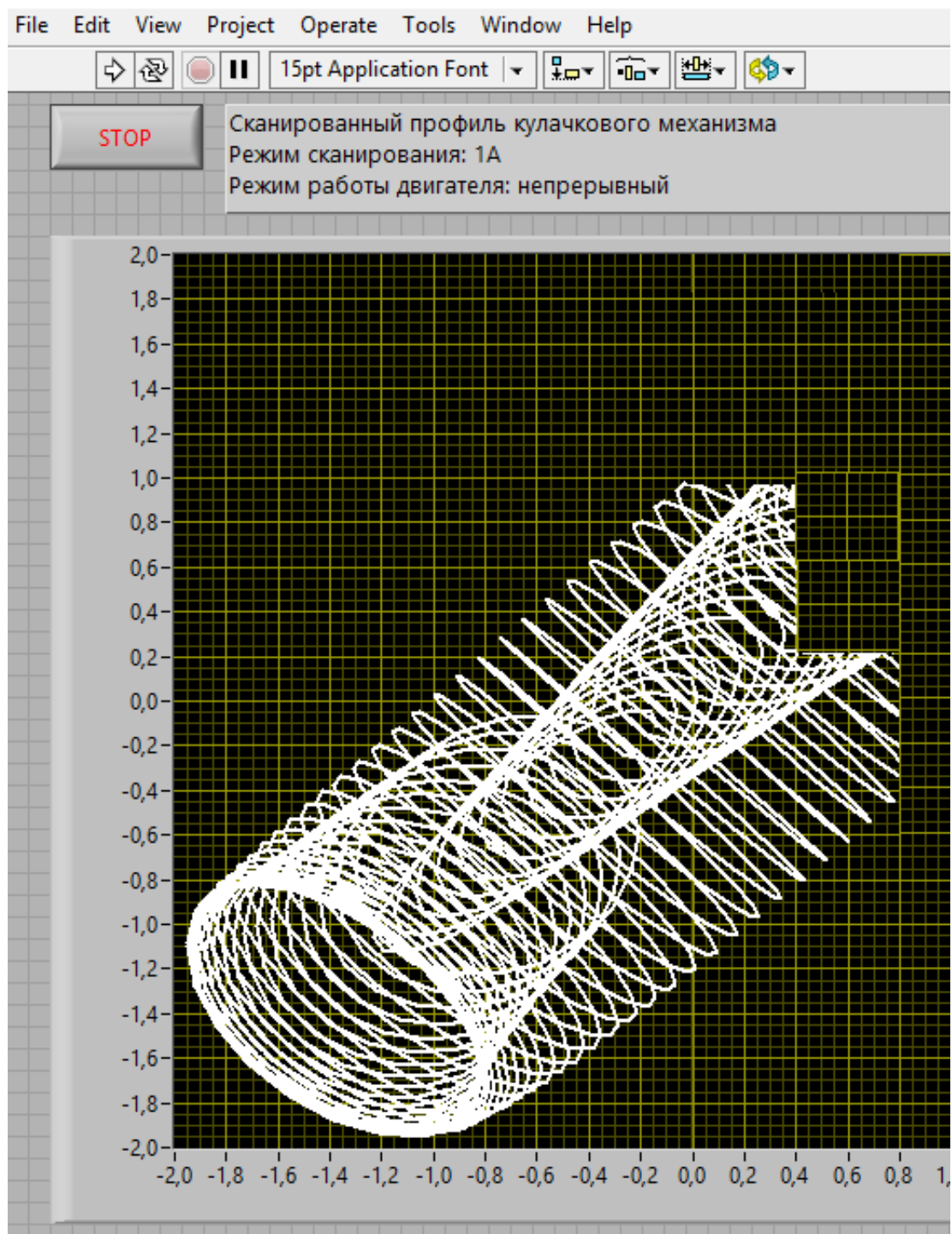


Рисунок 4.1 – Сканирование профиля кулачка в режиме 1

Режим 2 – в этом режиме двигатель также работает непрерывно, но электронная модель формируется только в одной плоскости (Рисунок 4.2).

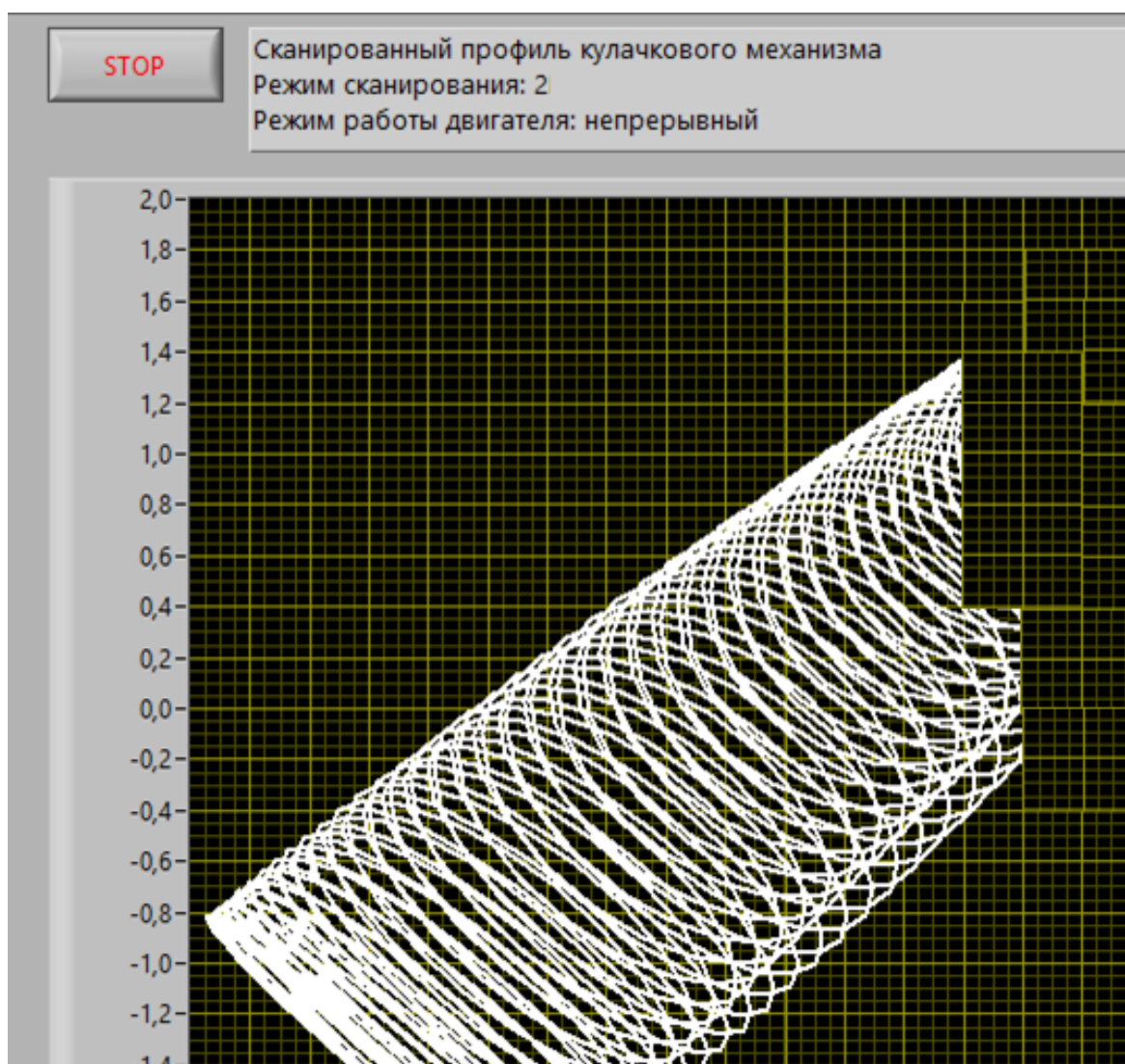


Рисунок 4.2 – Трехмерный профиль, построенный в режиме 2

Режим 3 – в данном случае установка работает в шаговом режиме, то есть профиль формируется отдельными проходами толкателя, что позволяет более детально рассмотреть отдельный интересующий участок.

Режим 4 – ручной режим работы устройства. При эксплуатации в данном режиме установка запускается и останавливается по нажатию кнопки «Stop».

На рисунке 4.3 представлен внешний вид панели управления установкой.

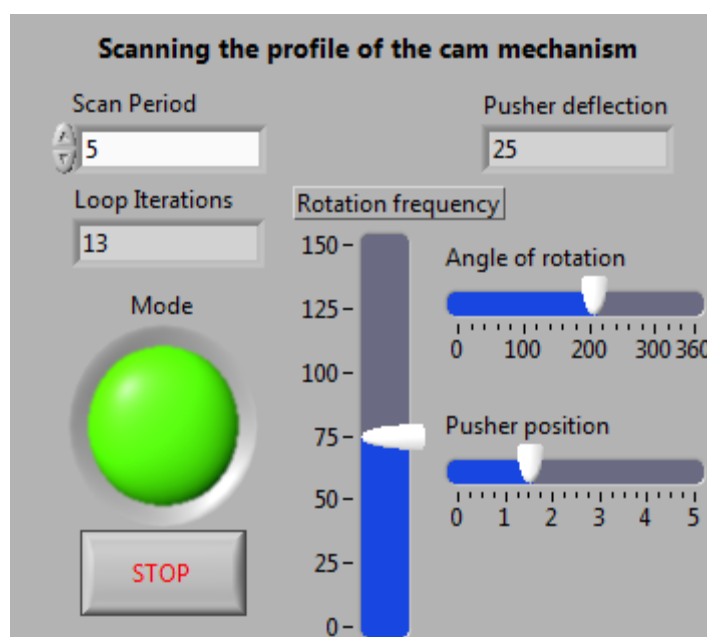


Рисунок 4.3 – Панель управления установкой

Режимы работы установки выбираются при помощи клавиши «Mode». Далее устанавливаем частоту вращения двигателя при помощи регулятора «Rotation frequency», и временной промежуток при помощи органа управления «Scan period». При этом, в режиме 1 сканируется весь профиль кулачка.

В случае если нас интересует определенный участок, либо отдельные точки на профиле, мы выставляем на передней панели положение толкателя от 1 до 5 сантиметров (Pusher position) и в режиме 4 снимаем показания.

На рисунке 4.4 сформирован 3D образ кулачка, построенный в режиме 1.

По умолчанию установка работает в направлении по часовой стрелке, но по желанию, направление вращения может быть задано пользователем, в данном случае к обозначению режима добавляется литера А (Рисунок 4.4).

Выделять такой способ функционирования в отдельный режим не имеет смысла, поэтому данный режим используется как вспомогательный.

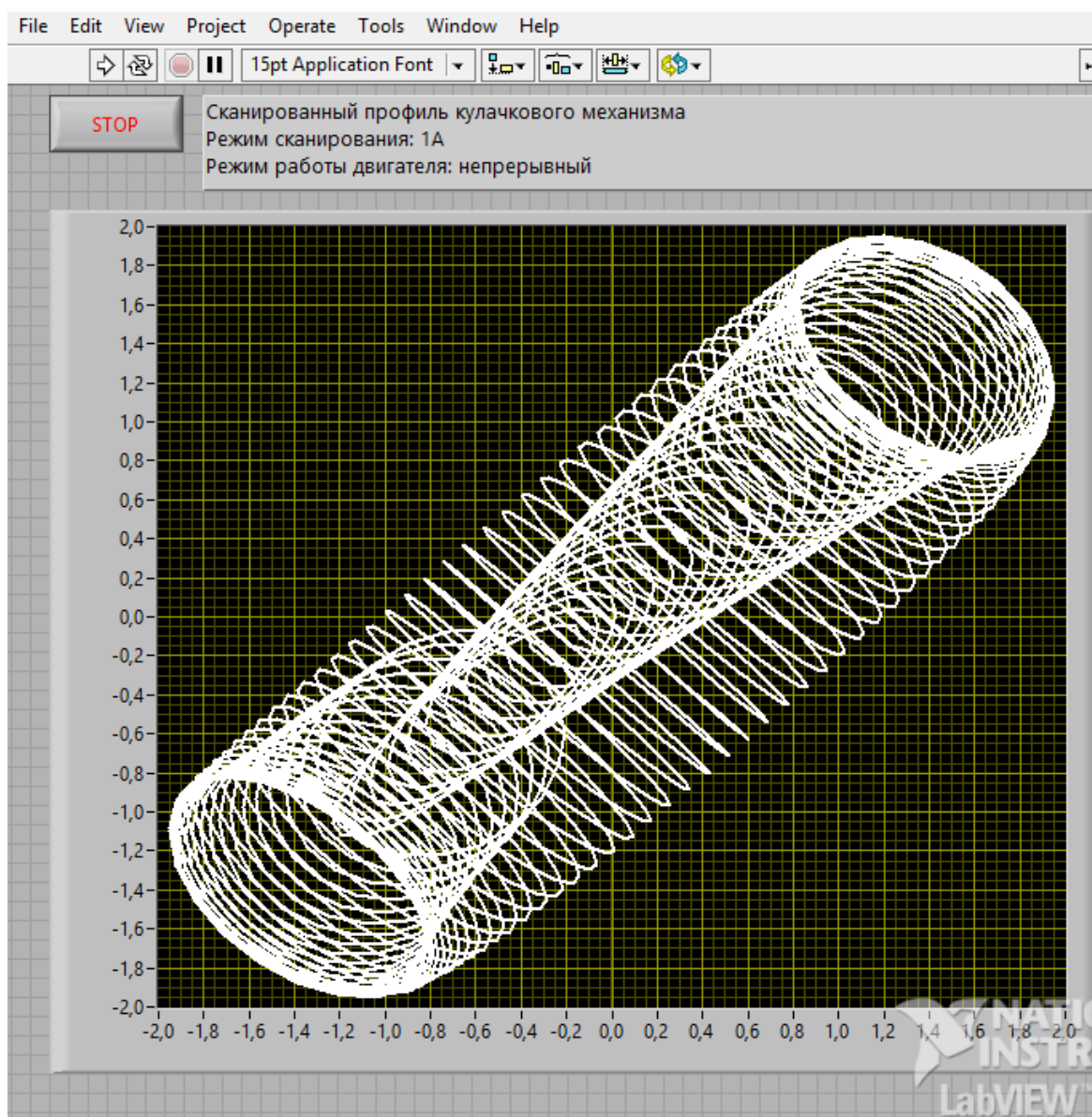


Рисунок 4.4 – Трехмерный профиль, построенный в режиме 1 на всю длину

Таким образом, полученный профиль позволяет исследовать кулачковый механизм и сохранять полученный результат сканирования для дальнейшего использования.

На рисунке 4.5 представлена блок-диаграмма разработанной установки.

Отдельно выделены элементы управления установкой, определяющие режим работы и способ сканирования.

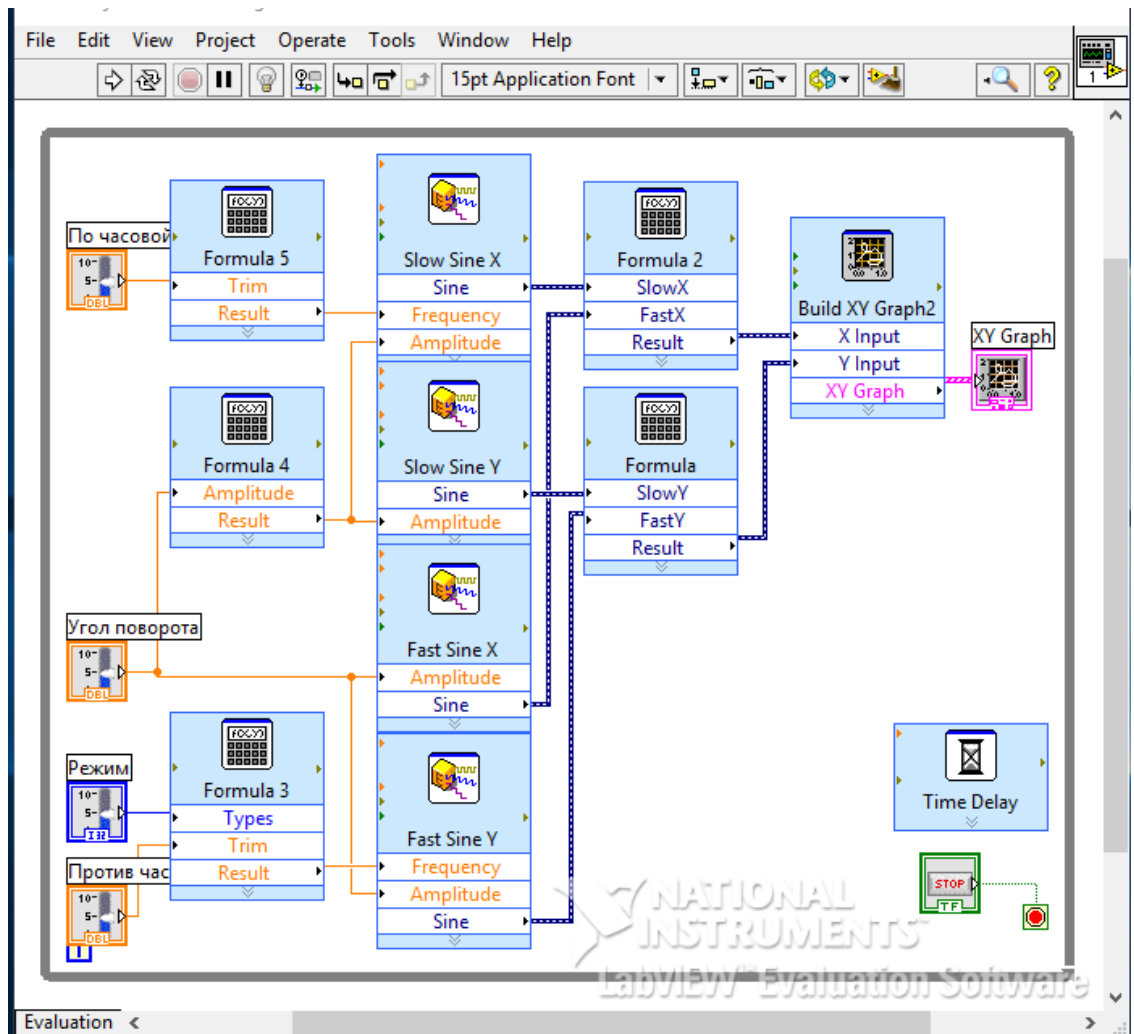


Рисунок 4.5 – Блок-диаграмма установки

Для подтверждения метрологических свойств установки и использования результатов сканирования в различных применениях реализован блок расчета неопределенности (Рисунок 4.6).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

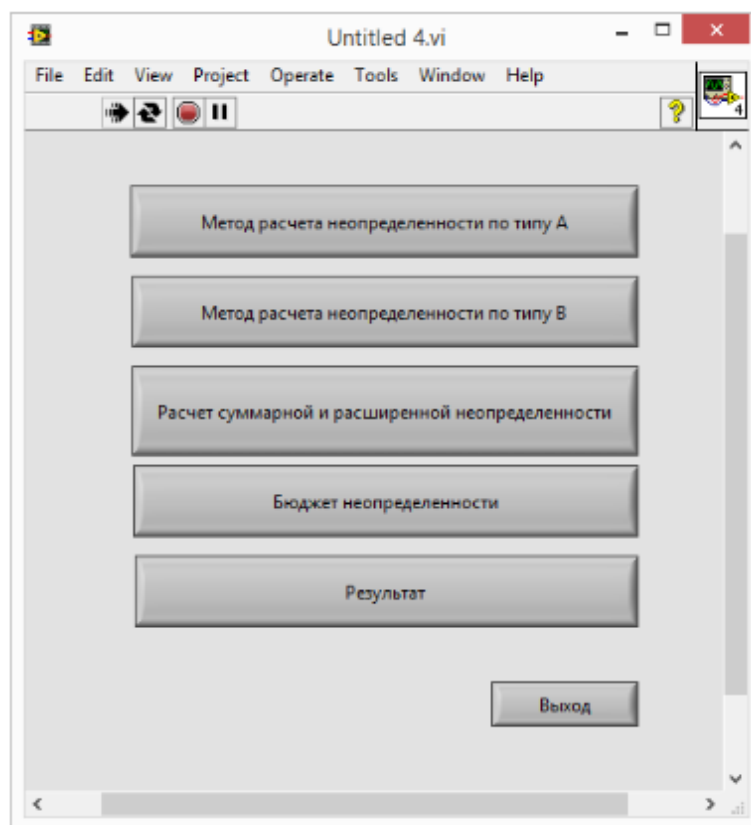


Рисунок 4.6 – блок установки, предназначенный для расчета неопределенности измерения

В главном меню расположены 6 кнопок:

1. «Метод расчета неопределенности по типу А». При нажатии выводит окно программы расчета неопределенности по типу А.
2. «Метод расчета неопределенности по типу В». При нажатии выводит окно программы расчета неопределенности по типу В.
3. «Расчет суммарной и расширенной неопределенности». При нажатии выводит окно программы расчета суммарной и расширенной неопределенности.
4. «Бюджет неопределенности». При нажатии выводит окно программы бюджета неопределенности.
5. «Результат». При нажатии выводит окно программы расчета общего результата.
6. «Выход». При нажатии - выход из программы.

На рисунке 4.7 представлен интерфейс главного меню программы.

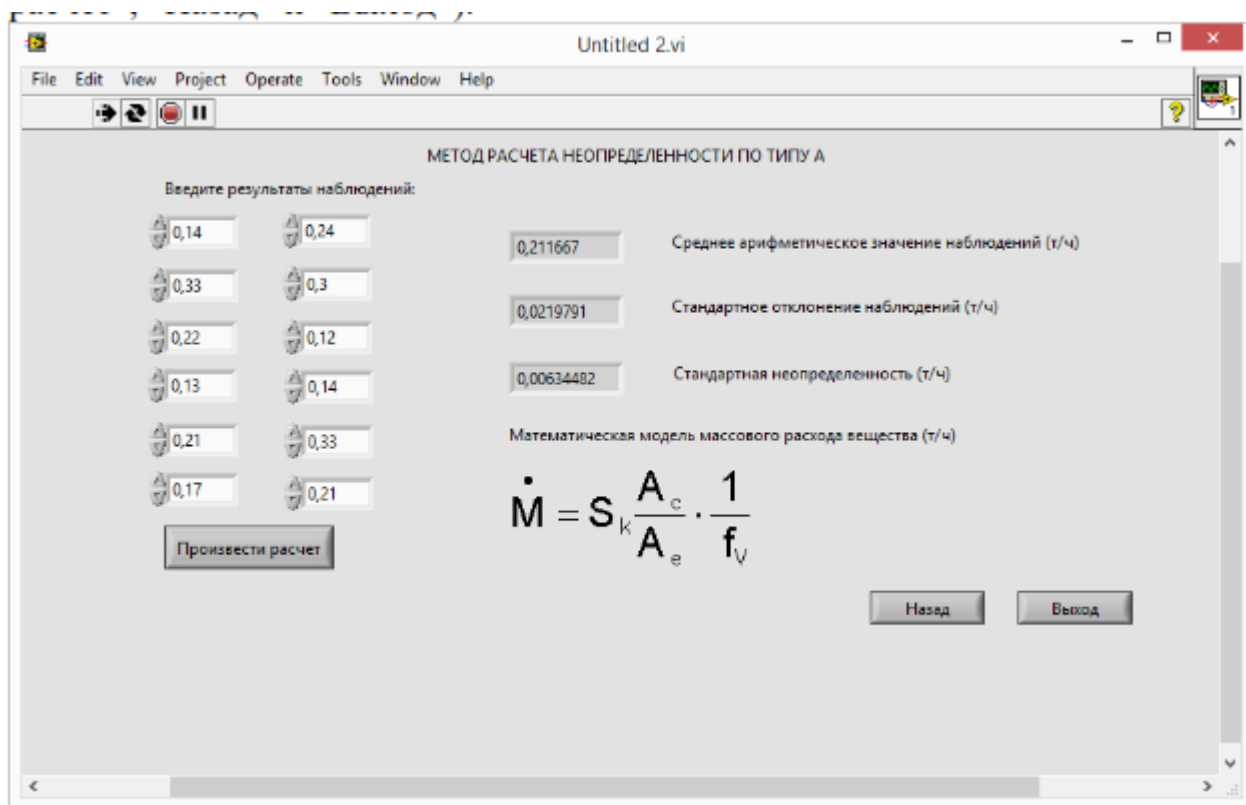


Рисунок 4.7 – Главное меню блока расчета неопределенности измерения при сканировании профиля кулачка

4.3 Разработка 3D-модели установки

В процессе разработки установки было выполнено трехмерное моделирование в программе «Компас-3D». Результат моделирования приведен на рисунке 4.8.

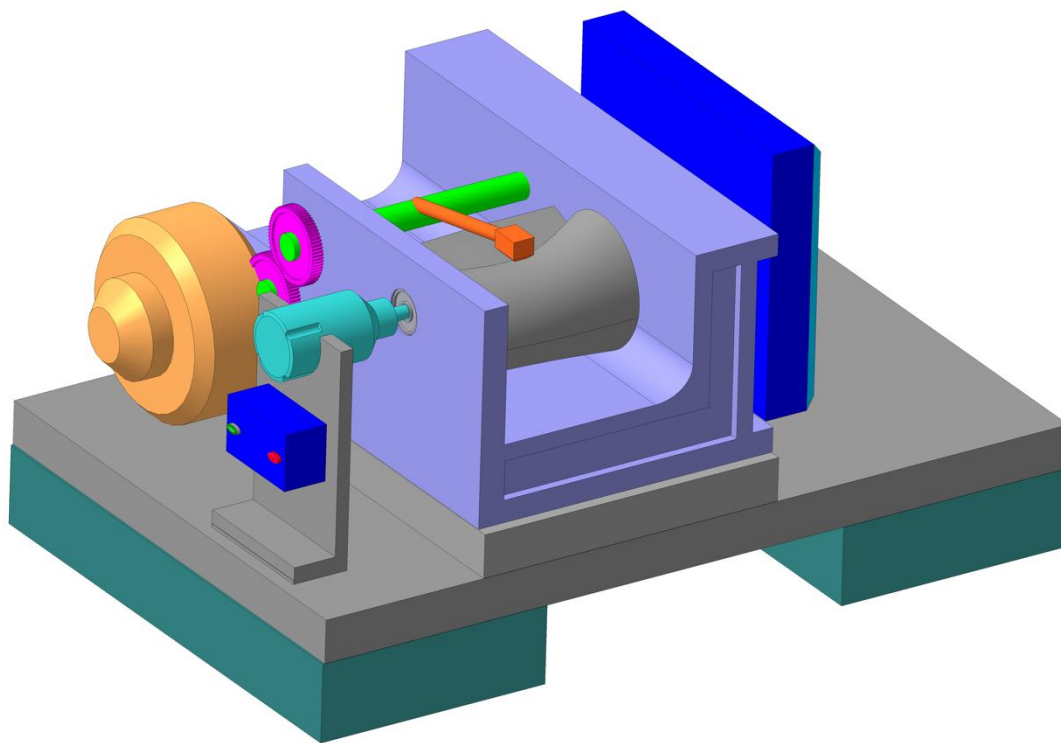


Рисунок 4.8 – Трехмерная модель установки, выполненная в программе «Компас-3D»

Моделирование выполнено на уровне отдельных функциональных элементов, в частности, выделен в качестве основного узла кулачок установки (Рисунок 4.9).

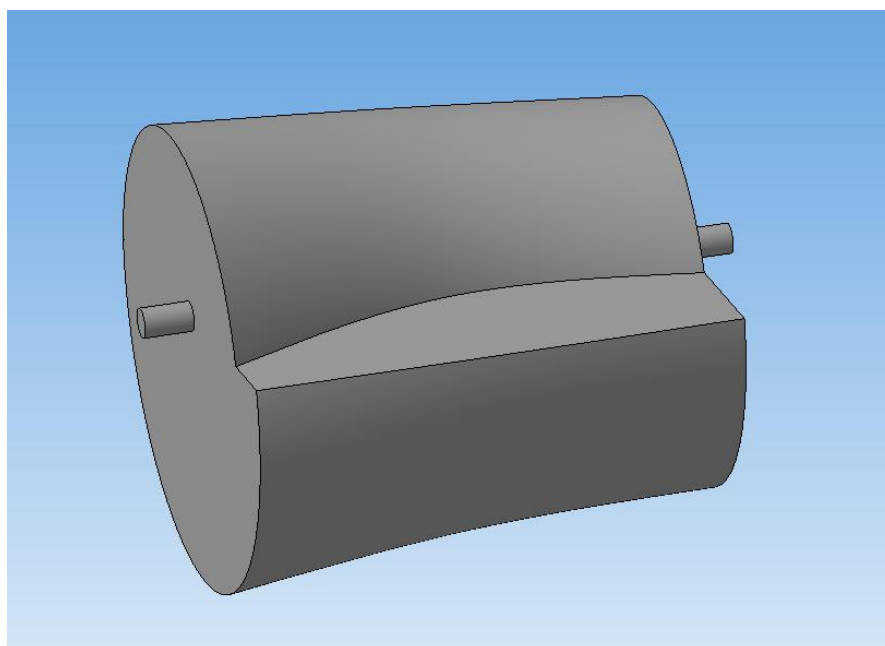


Рисунок 4.9 – Кулачок в 3D

Поскольку разработка автоматизированной установки для изучения пространственных кулачковых механизмов является узкоспециализированной задачей, то для решения подобных задач используется «Компас-3D», как платформа автоматизированного проектирования. Это позволяет на его базе создать свое приложение, которое позволит автоматизировать решение таких задач. Для создания таких приложений в «Компас-3D» есть открытый API.

Также была подготовлена спецификация, сборочный чертеж лабораторной установки, и рабочий чертеж корпуса установки, представленные в приложениях А, Б и В.

Вывод по разделу 4: был продемонстрирован процесс исследования кулачкового механизма с визуальным представлением результатов измерений. Получен электронный образ исследуемого механизма, что позволяет проанализировать его пригодность для решения прикладных задач, а также использовать результаты исследования в других, совместимых с LabVIEW приложениях.

Таким образом, в данном разделе получен электронный образ кулачкового механизма, что и является конечной целью данной работы.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная выпускная работа посвящена разработке установки для исследования пространственных свойств кулачковых механизмов на основе современной элементной базы и программной среды LabVIEW.

В процессе данного исследования разработаны основные схемы устройства, в том числе:

- структурная;
- функциональная;
- принципиальная кинематическая.

Проведен аналитический обзор применяемых сегодня датчиков линейных перемещений.

Разработаны алгоритмы действия установки и блока расчета неопределенности для получения достоверных результатов измерений в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 54500.3-2011.

Изучены особенности работы в программной среде LabVIEW, а также разработан виртуальный прибор, позволяющий осуществлять управление установкой и получать электронную модель сканированного профиля исследуемого кулачкового механизма.

Выполнено 3D-моделирование макета установки в программе «Компас-3D».

В результате данной разработки установка позволяет, во-первых, на порядок повысить точность измерения пространственных параметров измеряемых механизмов, во-вторых сохранять результаты измерений в персональный компьютер, с целью дальнейшего использования результатов измерений.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Линейные и угловые измерения / Г.Д. Бурдун, Г.С. Бирюков, М.Г. Богуславский и др. 1977. – 346 с.
2. Лаврова, А.Т. Элементы автоматических приборных устройств / А.Т. Лаврова. 1975. – 456 с.
3. Иванов, А.Г. Измерительные приборы в машиностроении / А.Г. Иванов. 1981. – 496 с.
4. Гельман, М.М. Аналого-цифровые преобразователи с для информационно-измерительных систем / М.М. Гельман. 1989. – 320 с.
5. Бриндли, К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие / К. Бриндли. 1991. – 144 с.
6. Измерения в LabVIEW. Руководство по применению. НГТУ, Новосибирск, 2006 – 148 с.
7. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: Учебное пособие для вузов / В.К. Батворин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. – М.: 2005. – 208 с.
8. Фролов, В.В. Язык радиосхем / В.В. Фролов. – М.: 1988. – 128 с.
9. Трамперт, В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-микроконтроллеров / В. Трамперт. 2006. – 208 с.
10. Хартов, В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих: учеб. пособие / В.Я. Хартов. 2012. – 280 с.
11. Болл Стюарт, Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / Р. Болл Стюарт. – М.: 2007. – 360 с.
12. Семенов, Б.Ю. Шина I²Sв радиотехнических конструкциях / Б.Ю. Шина – М.: 2002. – 190 с.
13. Романычева, Э.Т. Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры / Э.Т. Романычева, А.С. Иванова, Н.Г. Куликов и др. – М.: 1989. – 448 с.
14. Тревис, Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис – М.:2005. – 544 с.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

15. Каган, Б.М. Основы проектирования микропроцессорных устройств автоматики / Б.М. Каган, В.В. Сташин. – М.: 1987. – 304 с.

16. Берков, В.И. Технические измерения: Учеб. пособие / В.И. Берков. – М.: 1983. – 144 с.

17. Корнеев, В.В. Современные микропроцессоры / В.В. Корнеев, А.В. Киселев. 2003. – 448 с.

18. Бойко, В.И. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры / В.И. Бойко и др. 2004. – 464 с.

19. Кучеров, Д.П. Современные источники питания ПК и периферии / Д.П. Кучеров, А.А. Куприянов. 2007. – 352 с.

20. Бриндли, К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие / К. Бриндли. 1991. – 144 с.

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

ПРИЛОЖЕНИЕ А. СПЕЦИФИКАЦИЯ

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Продолжение приложения А

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ КОРПУСА УСТАНОВКИ

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

ПРИЛОЖЕНИЕ В. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ УСТАНОВКИ

					ЮУрГУ–12.03.01.2017.1894. ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71