

Школа- Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка, исследование и программная реализация регулятора с динамической фазовой коррекцией

УДК 004.415.2:681.515.001.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T81	Чэн Юйтун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Былкова Т.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Е.И.	к.т.н. доцент		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации,

Код компетенции	Наименование компетенции
	связанной с профессиональной деятельностью.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации

Код компетенции	Наименование компетенции
	производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с

Код компетенции	Наименование компетенции
	использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
158T81	Чэн Юйтун

Тема работы:

Разработка, исследование и программная реализация регулятора с динамической фазовой коррекцией	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 45-50/с от 14.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	7.06.2022
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Псевдолинейное фазовое корректирующее устройство, система автоматического регулирования высоты полета беспилотного летательного аппарата. Перерегулирование не более 6 процентов. Программная реализация на промышленном контроллере КРОСС 500.

	Программный пакет Isagraf.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Анализ существующих корректирующих устройств систем автоматического регулирования. Исследование свойств псевдолинейного фазового корректирующего устройства и системы управления высотой полета беспилотного летательного аппарата ППП MathCad и MatLab; Программная реализация регулятора с динамической амплитудно-фазовой коррекцией на роллере Кросс-500. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел « Социальная ответственность».
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Слайд 1. Название темы. Слайд 2. Цель и задачи. Слайд 3. Структура и частотные характеристики корректирующего устройства. Слайд 4. Структурная схема регулятора. Слайд 5.Схема беспилотного летательного аппарата. Слайд 6. Математическая модель канала управления высотой. Слайд 7. Исследование свойств САР. Слайд 8. Исследование свойств САР. Слайд 9. Исследование свойств САР. Слайд 10. Исследование САР при изменении параметров КУ. Слайд 11. Исследование САР при изменении параметров КУ. Слайд 12. Структура системы с подстройкой КУ Слайд 13. Программа регулятора. Слайд 14. Программа подстройки КУ Слайд 15. Результаты.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна, доцент.
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н., доцент		14.02.2022г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т81	Чэн Юйтун		14.02.2022г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04-Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	7.06.2022
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2022 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2022 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Скороспешкин В.Н.	к.т.н., доцент		14.02.2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н., доцент		14.02.2022 г.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T81	Чэн Юйтун		14.02.2022 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
158Т81	Чэнь Юйтун

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Месячный оклад инженера 10 разряда 17000 руб., научного руководителя (НР) – 30000 руб., районный коэффициент – 30%
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Отчисления на социальные нужды – 30 % от затрат на оплату труда, накладные расходы – 200 % от размера заработной платы.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Перечень работ и оценка времени их выполнения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Смета затрат на оборудование и монтажные работы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График проведения работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.05.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Кандидат экономических наук	Былкова Татьяна Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т81	Чэнь Юйтун		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 158T81		ФИО Чэнь Юйтун	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка, исследование и программная реализация регулятора с динамической фазовой коррекцией

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<i>Объект исследования:</i> беспилотник <i>Область применения:</i> разведка, фотография <i>Рабочая зона:</i> полевые условия <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> контроллер дрона, ПК, планшет. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне :</i> Управляйте дроном, чтобы изменить высоту полета и наблюдать за стабильностью
-----------------	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации :	22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (с изменениями и дополнениями); ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; Федеральным законом от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (с изменениями и дополнениями).
2. Производственная безопасность при эксплуатации :	Опасные факторы: 1. Движущиеся машины, механизмы; 2. Повышенное образование электростатических зарядов; 3. Производственные факторы, связанные с электрическим током; 4. Опасность поражения током из-за короткого замыкания; Вредные факторы: 1. климат рабочей зоны; 2. Запыленность рабочей зоны; 3. Освещенность рабочей зоны; 4. Вибрация; 5. Шум; Психофизические факторы: 1. Перенапряжение зрительных анализаторов; 2. физические перегрузки в области шеи; Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Защитой от температурного воздействия является организация посменной работы, При запыленности рабочей зоны требуется применение

	средств защиты органов дыхания. Например, респиратор, беруши.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: существует угроза безопасности при падении дрона, и он может ударить людей. Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала Воздействие на атмосферу: пыль загрязняет атмосферу литосфера: утилизация микросхем отработавшего оборудования, аккумуляторных батарей
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (дрон вышел из-под контроля, взорвалась батарея, пожар) Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158T81	Чэнь Юйтун		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 76 с., 8 табл., 30 рис., 22 источников, 1 прил.

Ключевые слова: псевдолинейные корректирующие устройства, система автоматического управления высотой полета беспилотного летательного аппарата, регулятор с динамической фазовой коррекцией, автоматическая подстройка параметров корректирующего устройства.

Объектом исследования является регулятор с подстройкой в процессе работы параметров корректирующего устройства, входящего в состав регулятора.

Цель работы – исследование свойств регулятора с динамической фазовой коррекцией на примере системы автоматического управления высотой полета беспилотного летательного аппарата и его программная реализация, как нечеткого корректирующего устройства.

В работе проведен анализ свойств псевдолинейного фазового корректирующего устройств. Проведено исследование системы регулирования высотой полета беспилотного летательного аппарата в условиях, когда свойства объекта управления менялись. Анализ проводился в ПП Matlab.

Результатом работы является предложенный регулятор с динамической фазовой коррекцией на основе модифицированного ПИД регулятора и псевдолинейного корректирующего устройства. А также программная реализация регулятора в среде Isagraf для промышленных микропроцессорных контроллеров. Регулятор позволяет улучшить качество регулирования. Проведено исследование свойств данного регулятора и выработаны рекомендации по его применению.

СОКРАЩЕНИЯ

БПЛА – беспилотный летательный аппарат;

КУ – корректирующее устройство;

КР – крылатая ракета;

ЛКУ – линейные корректирующие устройства;

ПИД регулятор – пропорционально-интегро-дифференциальный регулятор;

ПКУ – псевдолинейное корректирующее устройство.

САУ – система автоматического управления;

САР – система автоматического регулирования.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	17
1 Анализ корректирующих устройств систем автоматического регулирования.....	18
1.1 Линейные корректирующие устройства.....	18
1.2 Нелинейные корректирующие устройства.....	19
1.3 Псевдолинейные корректирующие устройства.....	21
2. Исследование свойств системы управления высотой полета с регулятором с динамической фазовой коррекцией.....	24
2.1 Математическая модель САР высоты беспилотного летательного аппарата.....	24
2.2 Исследование адаптивных свойств ПКУ при изменении свойств объекта управления.....	28
2.3 Исследование системы при изменении свойств корректирующего устройства.....	37
3. Программная реализация регулятора с амплитудной динамической коррекцией.....	42
3.1. Краткое описание программного пакета Isagraf.....	43
3.2 Программа регулятора с динамической амплитудной коррекцией.....	43
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
4.1 Планирование научно-исследовательских работ.....	46
4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
5. Социальная ответственность.....	55
5.1 Введение.....	55

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	56
5.3. Экологическая безопасность.....	67
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
5.5. Выводы по разделу.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	73
CONCLUSION.....	73
Список используемых источников.....	74
Приложение.....	77

ВВЕДЕНИЕ

Большое число объектов управления являются нестационарными. В процессе работы таких объектов изменяются свойства, что сказывается на изменении параметров объекта управления. Следовательно меняется математическая модель, которая использовалась для настройки регулятора, и как следствие этого, меняются показатели качества системы управления.

Таким образом, возникает необходимость корректировки параметров настройки регулятора. Решение этой проблемы можно осуществить с помощью включения в состав САУ псевдолинейных корректирующих устройств.

У данных корректирующих устройств АЧХ и ФЧХ обладают слабой зависимостью друг от друга при изменении их параметров. Среди псевдолинейных корректирующих устройств широко используются следующие корректирующие устройства:

- с фазовым опережением;
- с амплитудным подавлением;
- с амплитудным подавлением и фазовым опережением.

Они позволяют изменять качество систем автоматического управления и обеспечить требуемый запас устойчивости, требуемое качество переходных процессов и точность. Использование в составе системы автоматического управления данных корректирующих устройств позволяет создавать достаточно простые адаптивные системы.

В данной работе проведено исследование регулятора с динамической фазовой коррекцией, параметры которого подстраиваются в соответствии с изменением свойств объекта управления. Исследование проведено на примере системы управления высотой полета беспилотного летательного аппарата. По результатам исследования даны рекомендации по применению регулятора.

1. АНАЛИЗ КОРРЕКТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Корректирующие устройства систем автоматического управления предназначены для улучшения качества этих систем. Коррекция осуществляется включением в систему дополнительных звеньев, которые называются корректирующими.

Корректирующие устройства подразделяются на линейные, нелинейные. По способу включения корректирующих устройств в составе САУ эти устройства делятся на последовательные и параллельные.

1.1. Линейные корректирующие устройства

Для коррекции широко применяют следующие линейные корректирующие устройства бывают:

- интегрирующие;
- дифференцирующие;
- интегро-дифференцирующие.

Дифференцирующее корректирующие устройства

Передачная функция реального дифференцирующего звена имеет вид

$$W(p) = \frac{T_1 S}{T_2 S + 1} \quad (1.1)$$

Данное устройство имеет положительную фазовую частотную характеристику. Применение данных устройств позволяет увеличить запас устойчивости по фазе, а следовательно повысить быстродействие системы автоматического управления, повысить статический коэффициент передачи, а следовательно и точность.

Интегрирующие корректирующие устройства

Интегрирующие корректирующие устройства применяются для повышения точности САУ. Наличие интегрирующих устройств в составе САУ повышает степень астатизма, а следовательно и обеспечивает нулевую статическую ошибку, а также скоростную ошибку и ошибку по ускорению в зависимости от степени астатизма.

Передаточная функция интегрирующего звена имеет вид

$$W(p) = \frac{K}{TS} . \quad (1.2)$$

Недостатком интегрирующих звеньев состоит в том, что в определенной области частот происходит отставание колебаний по фазе, что уменьшает запас устойчивости. Но при соответствующем выборе значений параметров запас устойчивости системы при использовании интегрирующего звена уменьшается незначительно, что несущественно влияет на качество переходного процесса.

Интегро-дифференцирующие корректирующие устройства

Интегро-дифференцирующее устройство позволяет в зависимости от соотношения постоянных времени числителя и знаменателя придать корректирующему устройству свойства интегрирования и дифференцирования. Это звено может повысить запас устойчивости и точность систем автоматического управления. Передаточная функция устройства имеет вид:

$$W(s) = \frac{T_1 s + 1}{T_2 s + 1} . \quad (1.3)$$

1.2. Нелинейные корректирующие устройства

Нелинейные корректирующие устройства имеют свои достоинства и недостатки. Нелинейные КУ уменьшают влияние помех (шумов), действующих на САУ. Недостатком нелинейных корректирующих

устройств является необходимость учета зависимости частотных характеристик от амплитуды гармонических колебаний.

Основными нелинейными корректирующими устройствами являются:

- звено типа насыщения;
- звено с зоной нечувствительности;
- корректирующее устройство на основе отрицательного гистерезиса.

Звено типа насыщения

Характеристика данного звена приведена на рисунке 1.1.

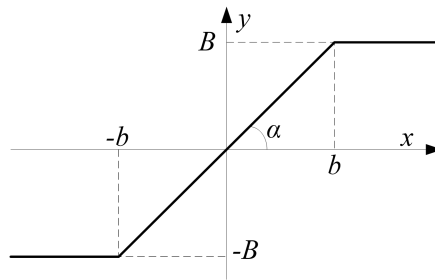


Рисунок 1.1 – Звено типа насыщения

Свойства звена описываются следующими уравнениями:

$$\begin{cases} y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x, & |x| \leq B \\ y = B, & |x| \leq B \end{cases} \quad (1.4)$$

Данное звено последовательно включается в цепь для ограничения управляющего воздействия.

Звено с зоной нечувствительности

Характеристика данного звена приведена на рисунке 1.2.

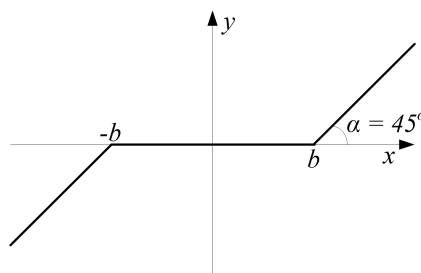


Рисунок 1.2 – Звено с зоной нечувствительности

Свойства звена описываются следующими уравнениями:

$$\begin{cases} y = \operatorname{tg} \alpha \cdot x, & |x| \leq b \\ y = 0, & |x| \leq b \end{cases} \quad (1.5)$$

Это звено используется для устранения колебаний в системе управления при небольших ошибках.

Корректирующее устройство на основе отрицательного гистерезиса

На рисунке 1.3 представлена характеристика звена с отрицательным гистерезисом. Отрицательный гистерезис отличается от классического гистерезиса тем, что отрицательный гистерезис вводит в САР положительный фазовый сдвиг, и тем самым улучшает качество регулирования.

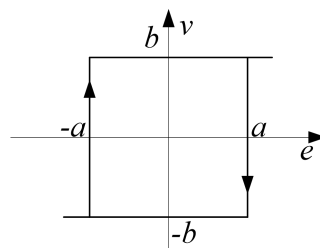


Рисунок 1.3 - Отрицательный гистерезис

Из рисунка 1.3 видно, что изменяя значение a , можно изменять момент переключения сигнала, т.е. изменять интервал подачи корректирующего сигнала. Угол γ , определяющий момент переключения сигнала равен $\gamma = \operatorname{arctg} \omega T$

Звено с отрицательным гистерезисом вносит фазовое опережение. Звенья с отрицательным гистерезисом могут использоваться в качестве корректирующего устройства в тех случаях, когда требуется повышение запаса устойчивости по фазе.

1.3. Псевдолинейные корректирующие устройства

Псевдолинейные корректирующие устройства состоят из линейных

фильтров, создающих фазовое опережение или запаздывание, и блоков, выполняющих различные математические операции.

Выходной сигнал в этих корректирующих устройствах формируется в виде произведения сигналов с выхода каждого из каналов. Наиболее широкое распространение нашли следующие устройства:

- с амплитудным подавлением;
- с фазовым опережением;
- устройства с отдельными каналами для амплитуды и фазы.

Корректирующие устройства с фазовым опережением

Корректирующее устройство выполнено по схеме, показанной на рисунке 1.4.

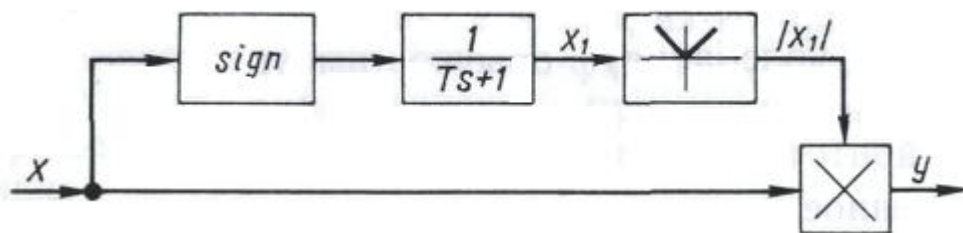


Рисунок 1.4 – Схема нелинейного фильтра с амплитудным подавлением

Данное устройство имеет две ветви. Выходной сигнал получается как произведение выходных сигналов обеих ветвей. В верхней ветви находится фильтр низких частот, обеспечивающий повышение запаса устойчивости по амплитуде на высоких частотах.

Корректирующие устройства с фазовым опережением

Схема данного корректирующего устройства показана на рисунке 1.5.

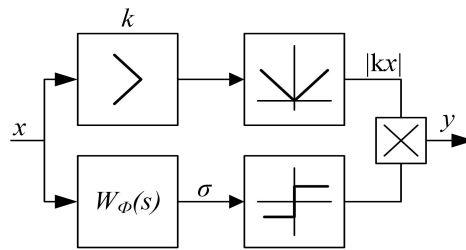


Рисунок 1.5 – Схема псевдолинейного корректирующего устройства с фазовым опережением

Входной сигнал проходит по двум ветвям. В нижней ветви расположено интегро-дифференцирующее звено, создающее положительный фазовый сдвиг гармонического сигнала, и блока определения знака. Выхода двух каналов проходят через блок умножения.

Если нелинейная часть фильтра имеет вид

$$W_{\phi}(s) = \frac{T_s + 1}{T_1 s + 1}, \quad (1.6)$$

то опережение

$$\alpha = \arctg \frac{\omega T(1 - \gamma)}{1 + \omega^2 T^2 \gamma}, \quad \gamma = \frac{T_1}{T}. \quad (1.7)$$

Корректирующие устройства с амплитудным и фазовым каналами

Структура амплитудно-фазового корректирующего устройства представлена на рисунке 1.6.

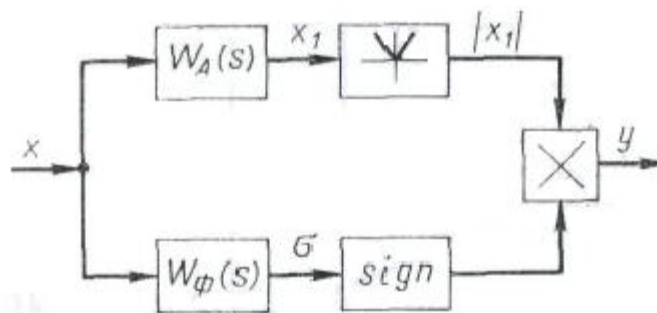


Рисунок 1.6 - Схема нелинейного фильтра с отдельными каналами для амплитуды и фазы

Данное устройство содержит два канала – амплитудный и фазовый и позволяет повысить запас устойчивости как по амплитуде, так и по фазе.

В настоящей работе рассматривается регулятор, в состав которого входит псевдолинейное корректирующее устройство с фазовым опережением. Структурная схема системы автоматического регулирования высоты полета беспилотного летательного аппарата с таким регулятором представлена на рисунке 1.7.

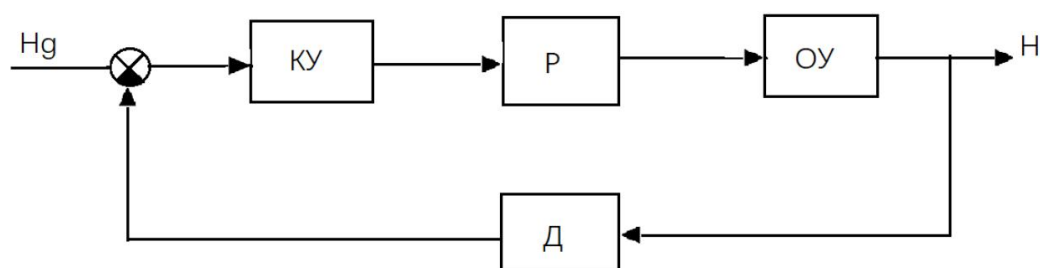


Рисунок 1.7-Структурная схема системы автоматического регулирования

На рисунке использованы следующие обозначения:

КУ-корректирующее устройство с амплитудным подавлением;

Р-ПИД-регулятор;

ОУ-объект управления;

Д-датчик высоты;

Н-высота полета.

2. Исследование свойств системы управления высотой полета с регулятором с динамической амплитудной коррекцией

2.1 Математическая модель САР высоты беспилотного летательного аппарата

В данной работе рассматриваются беспилотные летательные аппараты типа крылатых ракет (КР). В зависимости от взаимного

расположения несущих и управляющих поверхностей КР может иметь самолётную или ракетную аэродинамическую схему. КР состоит из корпуса (фюзеляжа) с несущими и управляющими поверхностями (крыло, рули, стабилизаторы и др.), двигателя, установки и бортовой аппаратуры управления

На рисунке 2.1 представлена схема беспилотного летательного аппарата. Рассмотрим основные параметры летательного аппарата [7].

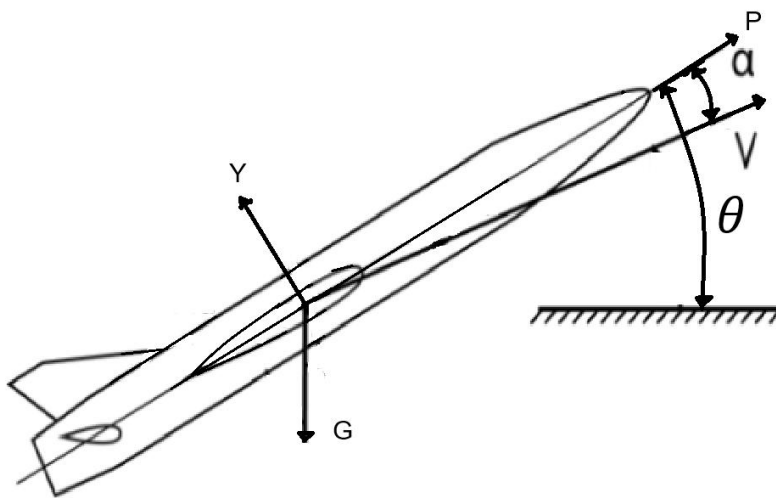


Рисунок 2.1 – Схема беспилотного летательного аппарата ракетного типа

На рисунке использованы следующие обозначения:

P - сила тяги;

V -скорость полета;

α - угол атаки;

θ -угол тангажа;

G - вес летательного аппарата;

Y -подъемная сила.

Углом атаки α называется угол между продольной осью и направлением движения. Угол атаки является очень важным параметром, влияющим на устойчивость БПЛА. При больших углах атаки возможно опрокидывание БПЛА. Углом тангажа θ называется угол между продольной осью летательного аппарата и поверхностью земли (горизонтальной поверхностью).

Рассмотрим основные параметры летательного аппарата [7]. Беспилотный летательный аппарат характеризуется следующими параметрами [7]. - V , Θ , α , θ , ω_z , X , Y , P , H , δ .

В данной работе использованы общепринятые обозначения: V – скорость движения ЛА; Θ – угол наклона траектории; θ – угол тангажа; ω_z – угловая скорость; X – сопротивление воздуха; Y – подъемная сила; P – сила тяги реактивного двигателя; H – высота полета; δ – отклонение рулей высоты.

Система управления беспилотным летательным аппаратом включает в свой состав систему управления высотой полета, систему управления креном, систему управления направлением полета (систему рыскания) и систему управления двигателем.

В настоящей работе рассматривается система управления высотой полета. Управление высотой осуществляется с помощью рулей высоты.

В открытых литературных источниках для исследования САР высоты полета беспилотных летательных аппаратов рассматривается передаточная функция, устанавливающая связь между преобразованиями Лапласа высоты и угла отклонения рулей высоты следующего вида [5, 7].

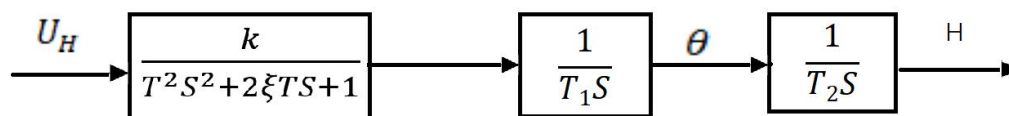


Рисунок 2.2– Математическая модель канала управления высотой БПЛА

Структура математической модели состоит из последовательного соединения колебательного звена второго порядка и двух интегрирующих звеньев. На рисунке 2.2 через θ обозначен угол тангажа. Угол тангажа равен сумме углов атаки α и угла наклона траектории Θ . При постоянном угле тангажа происходит подъем БПЛА. При угле, равном нулю, и отсутствии возмущающих воздействий высота не меняется. Этим и объясняется наличие в модели второго интегрирующего звена.

Через ξ обозначен декремент затухания (степень затухания). Декремент затухания для колебательного звена может принимать значения от 0 до 1. Чем меньше декремент затухания тем медленнее происходит затухание переходного процесса.

Передаточная функция, соответствующая структуре, представленной на рисунке 10, имеет следующий вид.

$$W(s) = \frac{k}{(T^2 S^2 + 2\xi TS + 1)T_1 T_2 S^2} \quad (2.1)$$

Кроме передаточной функции данного вида в литературных источниках используются и другие виды передаточных функция. Например, такая как:

$$W(s) = \frac{k}{(T_1^2 S^2 + T_2 S + 1)T_{и1} T_{и2} S^2} \quad (2.2)$$

В процессе полета параметры БПЛА могут существенно изменяться. К числу факторов, влияющих на параметры БПЛА относятся:

1. Изменение атмосферного давление, особенно в гористой местности.

2. Турбулентность атмосферы, особенно в горных районах.
3. Изменение температуры по высоте.
4. Изменение скорости и направления ветра (ветровая нагрузка).
5. Изменение массы БПЛА, связанное с изменением массы топлива, и как следствие изменение положения центра масс, а также другие факторы.
6. Упругая деформация планера БПЛА

При исследовании системы управления высотой изменение свойств БПЛА моделировалось изменением постоянных времени и изменением декремента затухания.

2.2 Исследование адаптивных свойств ПКУ при изменении свойств объекта управления

Регулятор с динамической амплитудной коррекцией представляет последовательное соединение корректирующего устройства с амплитудным подавлением и ПИД регулятора. Структурная схема регулятора представлена на рисунке 2.3.

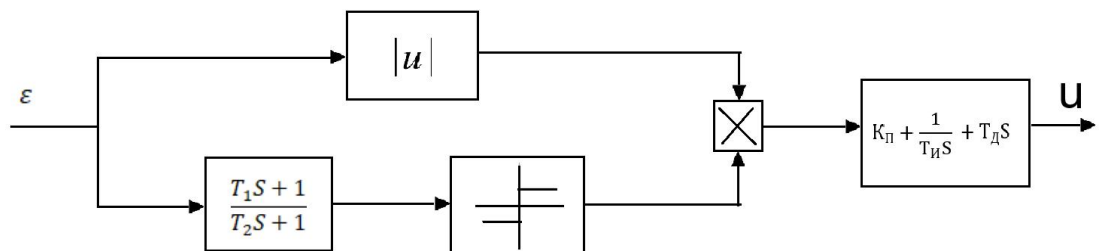


Рисунок 2.3– Структура регулятора с динамической фазовой коррекцией

Сигнал с элемента сравнения поступает на вход корректирующего устройства, проходит по верхнему и нижнему каналам. Выходные сигналы каналов перемножаются и поступают на вход регулятора.

Структурная схема системы стабилизации высоты представлена на рисунке 2.4.

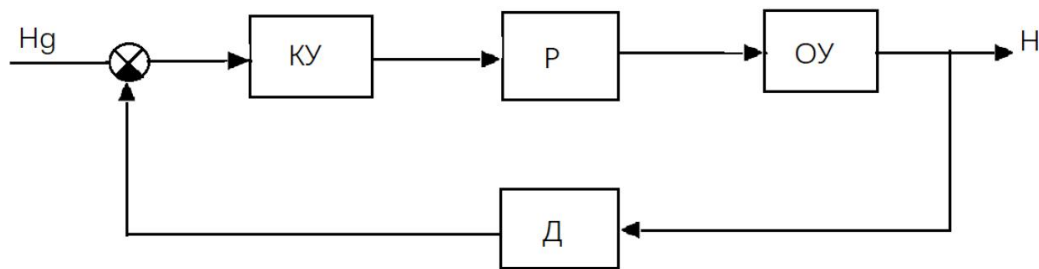


Рисунок 2.4— Структурная схема системы автоматического регулирования высоты БПЛА

На рисунке использованы следующие обозначения:

g -задающее значение по высоте полета БПЛА;

КУ-амплитудное корректирующее устройство;

Р-ПИД регулятор;

ОУ-объект управления;

Д-датчик высоты.

Исследование систем управления высотой полета БПЛА проводилось при следующих параметрах БПЛА и корректирующего устройства:

$K=1.6$; $T=0.67\text{c}$; $\zeta=0.52\text{c}$; $T_{1и}=1\text{c}$; $T_{2и}=1\text{c}$; $T_1=0.1\text{c}$; $T_2=0.2\text{c}$.

Исследование проводилось в ПП Matlab целью определения показателей качества и влияния изменения свойств БПЛА на устойчивость и качество систем управления с классическим ПИД регулятором и регулятором с динамической фазовой коррекцией.

Модель для исследования систем управления с классически ПИД регулятором и регулятором с динамической амплитудной коррекцией представлена на рисунке 2.5.

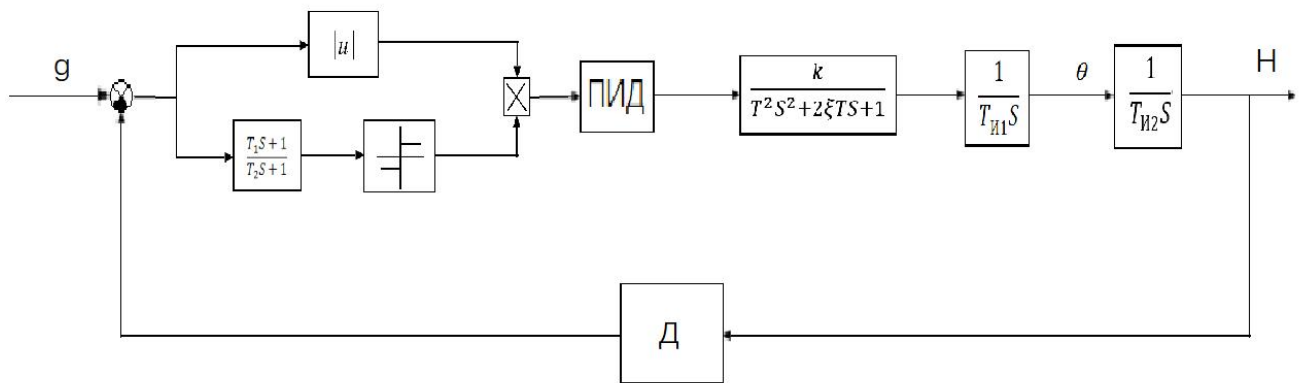


Рисунок 2.5– Модель для исследования системы управления
высотой полета БПЛА

Передаточная функция регулятора имеет вид:

$$W_P(s) = \frac{k_n \cdot T_{II}S + 1 + T_D S}{T_{II}S} \quad (2.3)$$

Данная передаточная функция соответствует структуре регулятора приведенной на рисунке 2.3.

Настройка регулятора, используемого в составе обеих систем, проводилась корневым методом. В связи с тем, что объект управления обладает интегрирующими свойствами для обеспечения астатизма САУ можно использовать пропорционально-дифференциальный (ПД) регулятор. Передаточная функция замкнутой системы с ПД регулятором и единичной обратной связью имеет вид:

$$W_{Hg}(s) = \frac{K(K_{II} + T_D S)}{T_1^2 S^4 + 2\xi T_2 S^3 + S^2 + K T_D S + K K_{II}} \quad (2.4)$$

Рисунок 14- Передаточная функция замкнутой системы

$$W_{Hg}(s) = \frac{K(K_{II} + T_D S)}{T^2 S^4 + 2\xi TS^3 + S^2 + KT_D S + KK_{II}}$$

Характеристический полином имеет вид: Полином, находящийся в знаменателе носит название характеристического.

$$D(s) = T_1^2 S^4 + 2\xi T_2 S^3 + S^2 + KT_D S + KK_{II} \quad (2.5)$$

$$D(S) = 0.4489S^4 + 0.6968S^3 + S^2 + 0.384S + 0.0048.$$

Определение параметров настройки регулятора осуществлялось путем определения корней характеристического уравнения при варьировании K_p и T_i .

Численные значения параметров функционального блока ПИД регулятора, используемого в составе исследуемых САУ, следующие: $K_p=0.003$; $T_i=0$ с; $T_d=0.24$ с.

Для данных параметров расположение корней характеристического уравнения показано на рисунке 2.6.

В характеристическом уравнении исследуемой системы присутствует два вещественных корня и пара комплексно-сопряженных корней. Все корни находятся в левой полуплоскости комплексной плоскости корней. Система является устойчивой.

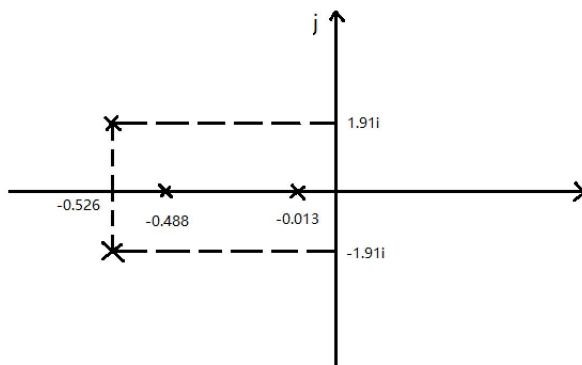


Рисунок 2.6–Расположение корней характеристического уравнения

Однако, один из вещественных корней находится близко к границе устойчивости. Это свидетельствует о том, что запас устойчивости является не большим.

В данной работе рассматривается режим полета БПЛА с огибанием рельефа местности. Существует несколько способов реализации данного режима. Способ реализации режима полета с огибанием рельефа местности зависит от способа управления полетом БПЛА. Существует несколько способов управления полетом. Это спутниковая навигация, корреляционно-экстремальная навигация, радиоуправление, использование для навигации платформенных и бесплатформенных инерциальных систем.

Заслуживает внимание режим полета, используемый в инерциальных системах [11]. Данный режим реализуется таким образом, что для определения места нахождения в текущий момент времени не используются электромагнитное излучение большой мощности, по которому может быть обнаружен БПЛА. Координаты текущего места нахождения определяются на основе модели по ряду параметров, характеризующих режим полета (линейные и угловые скорости, углы отклонения и др.).

Режим полета с огибанием рельефа местности характеризуется частым изменением задающего воздействия регулятора высоты полета. При этом задающее воздействие может меняться ступенчато. Данный характер изменения задающего воздействия особенно характерен для БПЛА с инерциальной системой управления. В таких системах предъявляются высокие требования к качеству системы управления высотой полета. Это связано с тем, что чем выше качество системы управления, тем меньше допустимая высота полета, а следовательно и меньше вероятность обнаружения БПЛА средствами ПВО.

Одним из способов реализации облета препятствий является способ, основанный на построении траектории по множеству контрольных точек. В [4] описан способ формирования траектории при огибании рельефа, который представляет собой стабилизацию геометрической высоты h , заданные значения которой h_z определяются в зависимости от измерений наклонной дальности D до лежащей впереди местности.

Закон формирования сигнала заданной высоты)

$$h_z = h^* + K(D^* - D),$$

где K – положительный коэффициент;

h^* – желаемое значение истинной высоты при полете над горизонтальной поверхностью;

D^* – соответствующее h^* значение наклонной дальности, зависящее от вертикального угла визирования γ_v . Траектория облета препятствия представлена на рисунке 2.7.

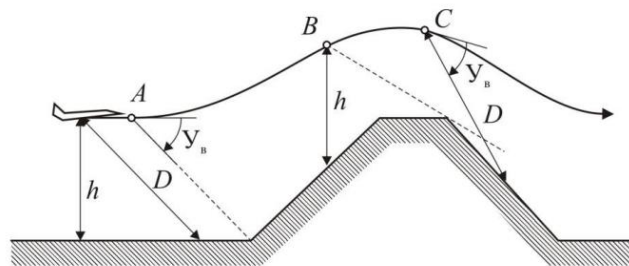


Рисунок 2.7–Траектория облета препятствия

На рисунке 2.8 представлена программа в ПП Matlab, используемая для исследования.

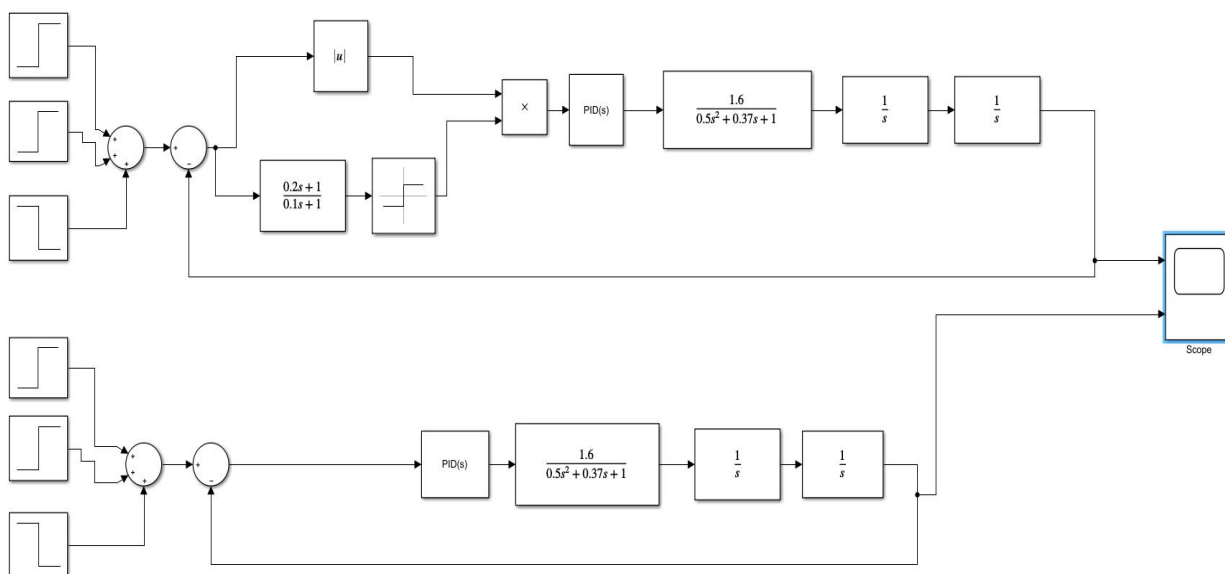


Рисунок 2.8—Программа исследования САР

На рисунке 2.9-2.12 представлены кривые переходных процессов для системы регулятором с фазовой динамической коррекцией и классическим ПИД регулятором. Кривая 1 соответствует системе с КУ, а кривая 2- системе с классическим ПИД регулятором.

На рисунке 2.9 представлены кривые переходных процессов при ступенчатом изменении задающего воздействия при $K=1.6$.

Параметры корректирующего устройства приняты следующими: $T_1=0.2$ с; $T_2=0.1$ с. Данные параметры при исследовании не менялись. Первоначальные параметры БПЛА следующие: $K=1.6$; $T=0.67$ с; $\zeta=0.52$. В процессе исследования менялся статический коэффициент передачи от 1.6 до 5.2.

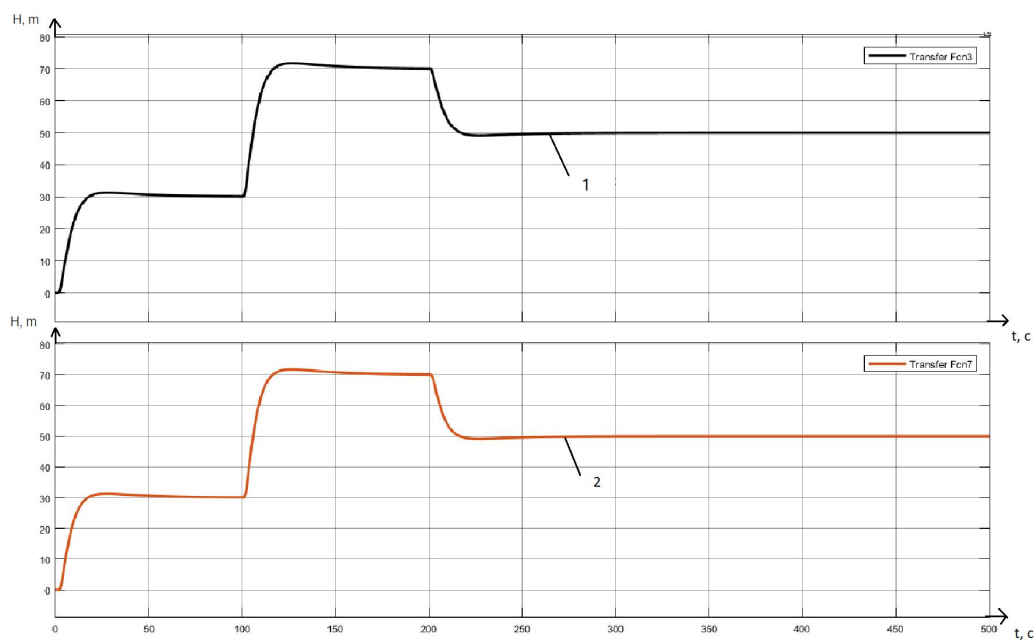


Рисунок 2.9 – Кривые переходных процессов при $K=1.6$

На рисунках 2.10-2.12 представлены кривые переходных процессов для $K=2.6$; $K=3.9$; $K=5.2$ соответственно.

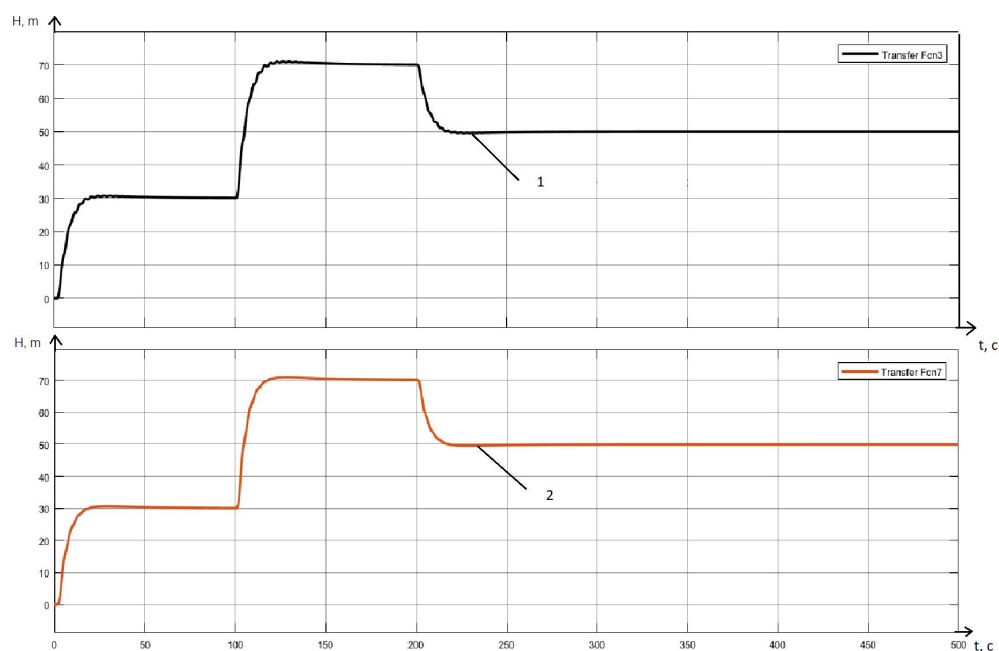


Рисунок 2.10–Кривые переходного процесса при $K=2.6$

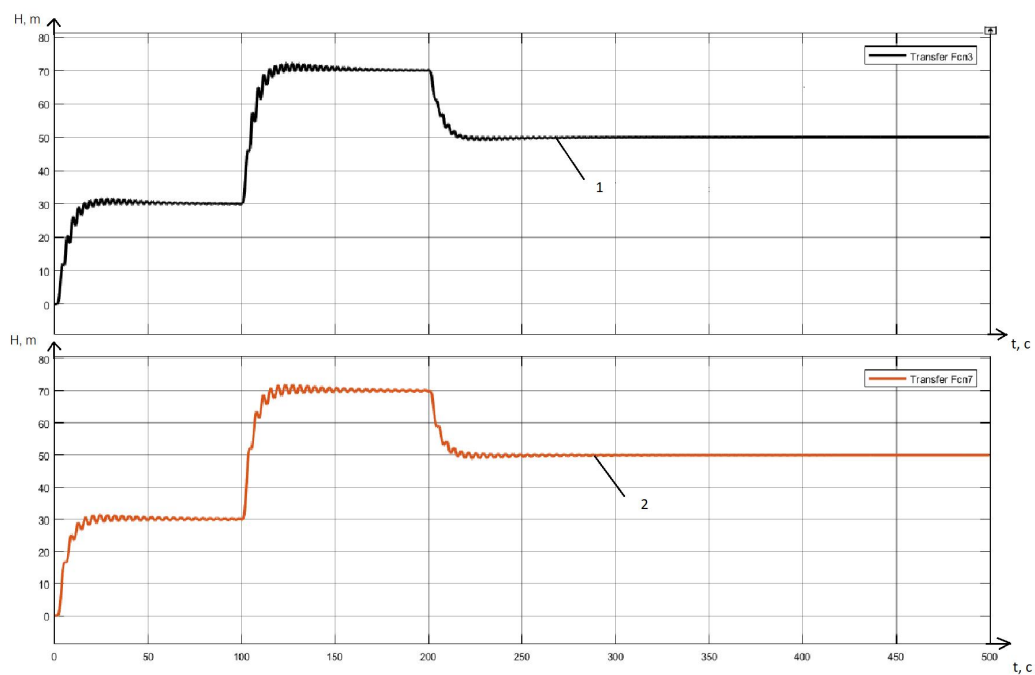


Рисунок 2.11–Кривые переходного процесса при $K=3.9$

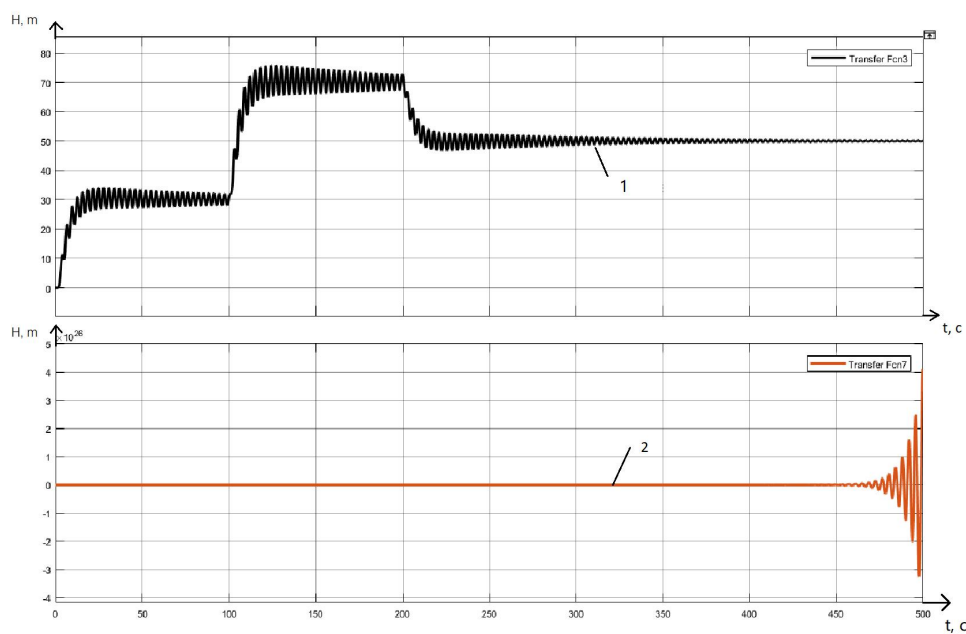


Рисунок 2.12- Кривые переходного процесса при $K=5.2$ Кривые переходного процесса при $K=5.2$

Результаты исследования свидетельствуют о том, что система с регулятором с динамической фазовой коррекцией является более устойчивой и работоспособной по отношению к системе с ПИД регулятором в условиях изменения параметров БПЛА.

2.3 Исследование системы при изменении свойств корректирующего устройства

Проведем исследование свойств системы управления при изменении параметров корректирующего устройства. Модель системы представлена на рисунке 2.13.

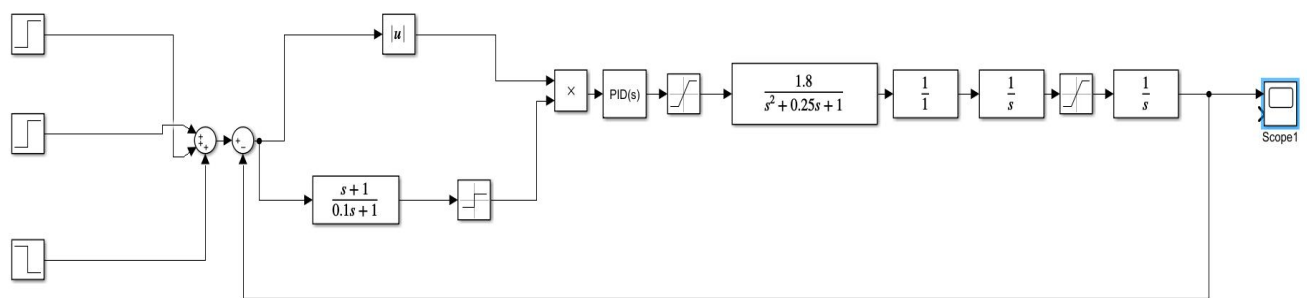


Рисунок 2.13- Модель системы стабилизации высоты

Исследование проводилось при следующих параметрах объекта управления.

$$T=1.0\text{с}; K=1.8; \zeta=0.25.$$

Проводилось исследование системы стабилизации высоты полета при изменении параметров корректирующего устройства. При исследовании постоянная времени $T_1=1\text{с}$, а T_2 менялась в диапазоне от 0.5с до 0.1с.

На рисунке 2.14 представлена кривая переходного процесса для БПЛА со значением постоянной времени $T_2=0.5\text{с}$. При данных значениях система является неустойчивой.

На рисунках 2.15-2.17 представлены кривые переходных процессов при $T_2=0.3c, 0.2c; 0.1c$.

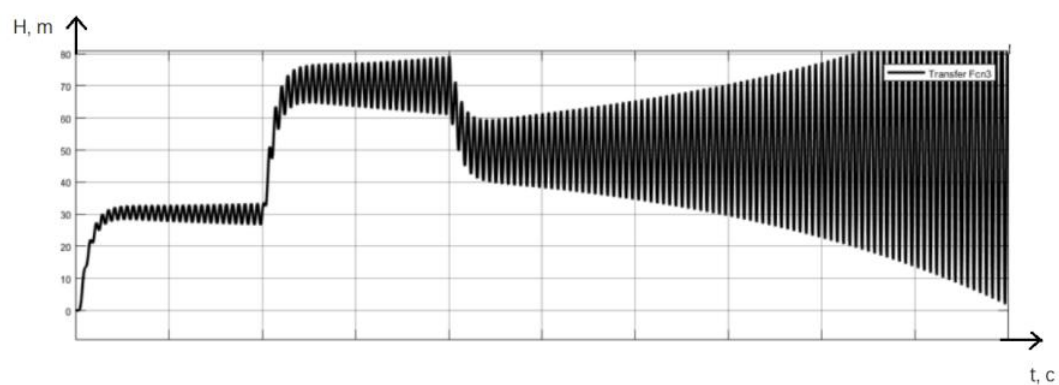


Рисунок 2.14 - Кривая переходного процесса при $T_2=0.5$

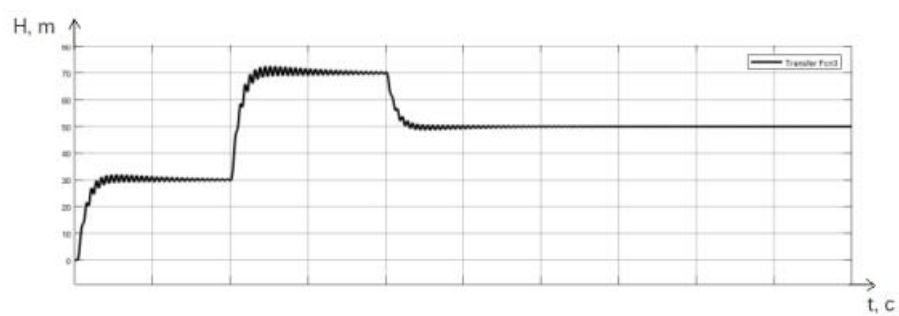


Рисунок 2.15- Кривая переходного процесса при $T_2=0.3$

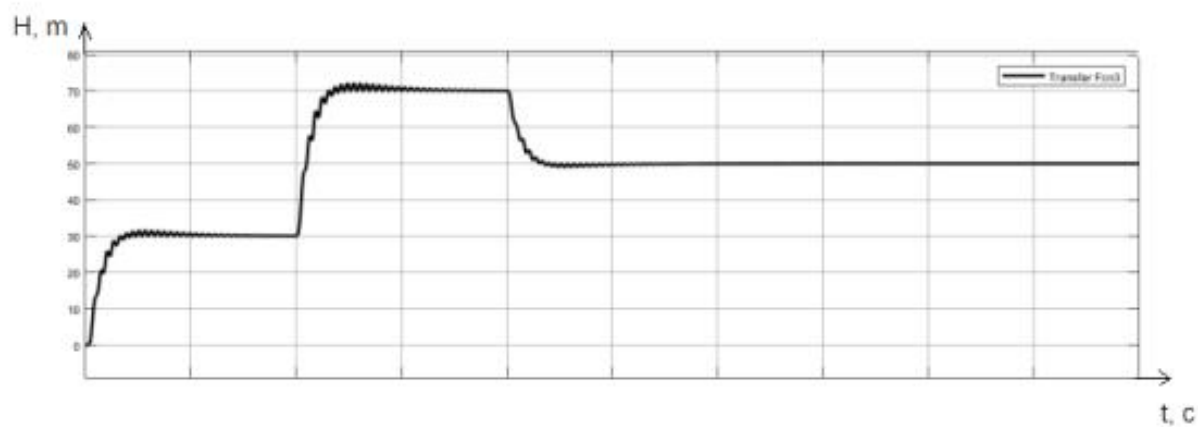


Рисунок 2.16 - Кривая переходного процесса при $T_2=0.2$

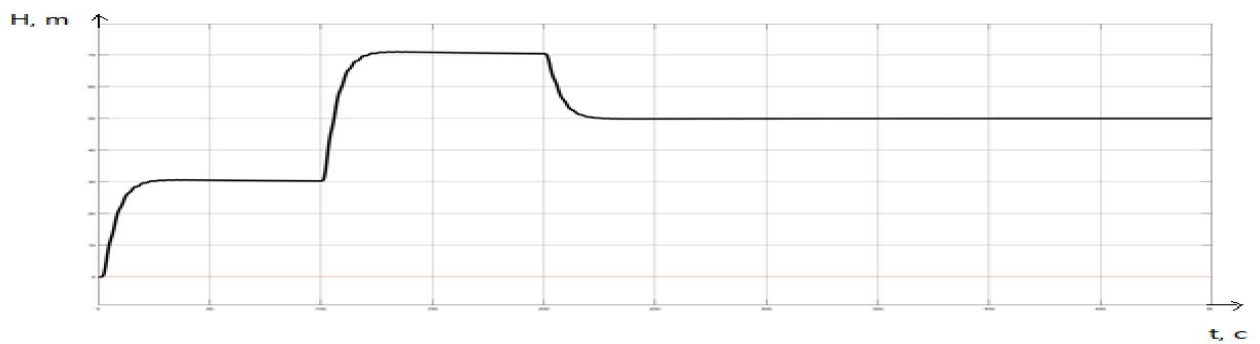


Рисунок 2.17 - Кривая переходного процесса при $T_2=0.1$

Следовательно, уменьшение постоянной времени T_2 корректирующего устройства существенно улучшает качество системы даже в том случае, если в исходном состоянии система является неустойчивой. Данное обстоятельство позволяет создать систему с подстройкой параметров корректирующего устройства.

Таким образом, применение регулятора с динамической амплитудной коррекцией позволяет в процессе полета БПЛА осуществлять подстройку корректирующего устройства с целью обеспечения требуемого качества системы.

Влияние на свойство системы управления параметров корректирующего устройства позволяет создавать адаптивные системы. На рисунке 2.18 представлена структурная схема системы с подстройкой параметров корректирующего устройства.

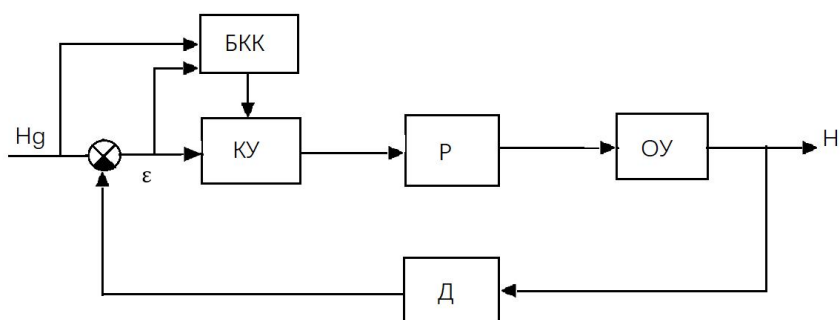


Рисунок 2.18- Структурная схема системы с подстройкой корректирующего устройства

Через БКК обозначен блок подстройки коэффициентов корректирующего устройства.

На рисунке 2.19 представлена структурная схема блока подстройки корректирующего устройства (БКК).

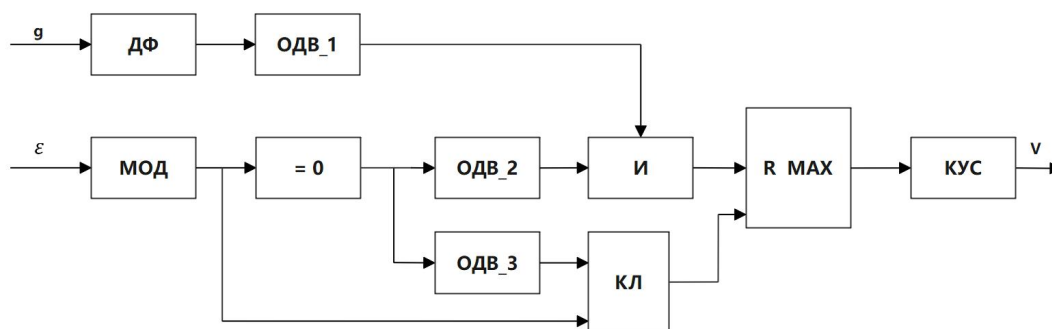


Рисунок 2.19-Структурная схема блока подстройки параметров корректирующего устройства

На схеме использованы следующие обозначения:

МОД - блок выделения модуля;

ДФ - дифференцирующее устройство;

И - логическое и;

МАХ - блок определения максимума;

КУС - кусочно-линейная функция;

ОДВ - одновибраторы;

КЛ – управляемый ключ.

Работа блока подстройки осуществляется следующим образом. При изменении уставки по высоте полета на выходе дифференцирующего устройства формируется сигнал. Данный сигнал используется для запуска одновибратора ОДВ1. Данный сигнал сравнивается с пороговым значением и подается на блок логического И. На данный блок подается также сигнал, с выхода одновибратора ОДВ2, формируемый в момент, когда модуль ошибки равен нулю. При наличии на выходе блока И логического сигнала, равного 1, происходит сброс модуля поиска максимального значения сигнала ошибки. Одновременно с запуском одновибратора ОДВ2 осуществляется запуск одновибратора ОДВ3. Сигнал с выхода ОДВ3 поступает на управляющий вход ключа.

По значению модуля максимальной ошибки системы управления высотой полета в блоке КУС осуществляется определение постоянной времени корректирующего устройства с амплитудным подавлением.

На рисунке 2.20 представлена программа в ПП Matlab подстройки параметров корректирующего устройства.

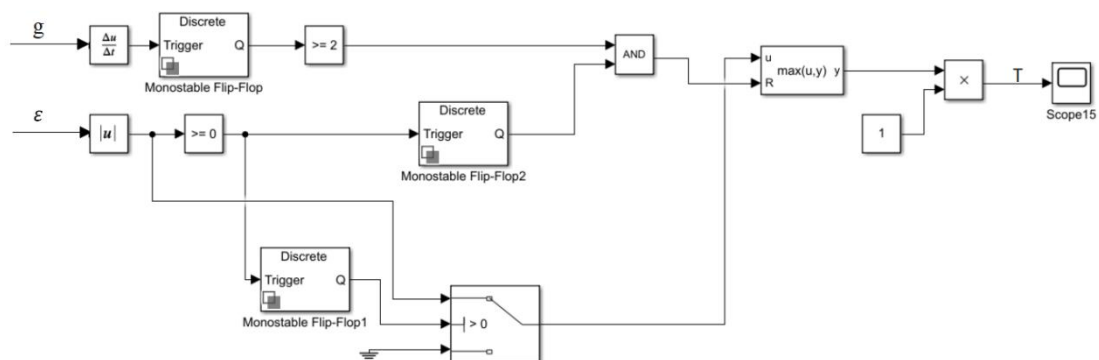


Рисунок 2.20- Программа подстройки в ПП Matlab

Определение постоянной времени корректирующего устройства осуществляется по значению модуля максимальной ошибки, которая определяется по параметрам переходного процесса, возникающего при изменении задающего воздействия (высоты полета БПЛА). Определение максимального отклонения высоты полета осуществляется в блоке *max*. Данный блок начинает поиск максимального значения ошибки после сброса блока по сигналу, поступающему с блока дифференцирования, и при значении модуля ошибки, равного нулю. Это соответствует достижению заданной высоты полета.

Результаты исследования регулятора с динамической фазовой коррекцией позволили сформулировать следующие рекомендации по применению регулятора.

1. Применение регулятора с динамической фазовой коррекцией рекомендуется для систем управления, параметры которых в процессе работы меняются.

2. При использовании регулятора необходимо учитывать, что при уменьшении постоянной времени T_2 корректирующего устройства приводит к улучшению показателе качества переходного процесса переходного процесса.

3. Наилучшим соотношением постоянных времени корректирующего устройства T_1 и T_2 , обеспечивающим наилучшие показатели качества является соотношение 10(десять) к 1(одному).

4. Корректирующее устройство, входящее в состав регулятора, не оказывает влияние на свойства системы управления в статическом режиме. Оно влияет только на динамические свойства систем управления

3. Программная реализация регулятора с фазовой динамической коррекцией

3.1 Описание программного пакета

Программный пакет Isagraf - инструментальная система, соответствующая стандарту МЭК. Система состоит из системы разработки (Workbench) и система исполнения (Target).

Разработка программ на Isagraf осуществляется на следующих языках:

IL – язык инструкций;

FBD – графический язык функциональных блоковых диаграмм;

LD – графический язык диаграмм релейной логики;

ST – язык структурированного текста;

SFC – Язык функциональных последовательностей.

3.2 Программа регулятора с динамической фазовой коррекцией

Реализация САР с ПКУ сделана на контроллере КРОСС 500, с помощью ПП Isagraf,. Программа регулятора с динамической амплитудной коррекцией представлена на рисунке 4.1.

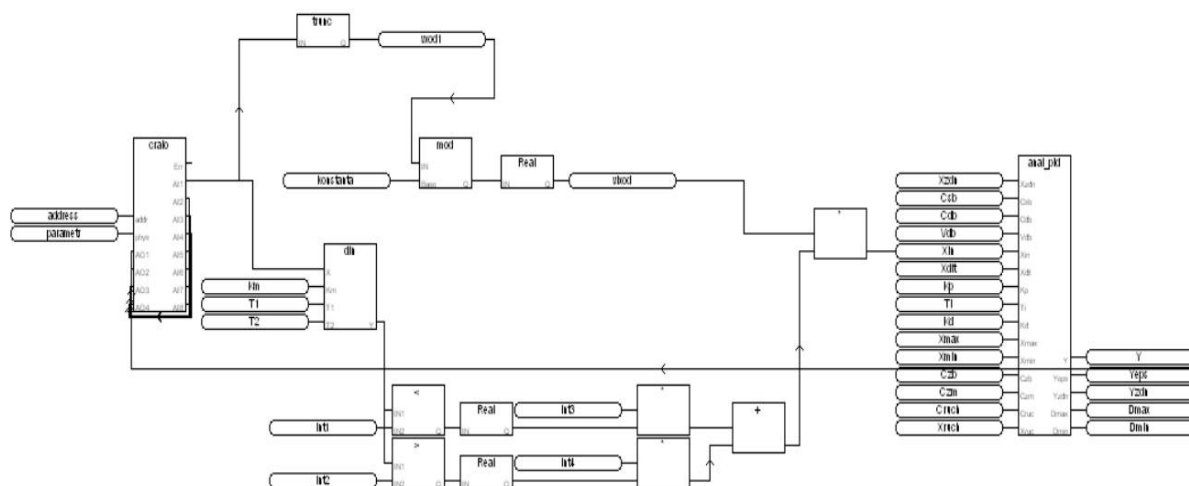


Рисунок 4.1-Программа регулятора с динамической фазовой коррекцией

Описание основных функциональных блоков, используемых в программе, представлено в приложении.

В данной программе интегро-дифференцирующее звено реализуется с помощью функционального блока `din`. ПИД регулирование осуществляет функциональный блок `anal_pid`.

Программа подстройки корректирующего устройства представлена на рисунке 4.2. Запоминание максимального значения модуля ошибки в режиме переходного процесса осуществляется с помощью функционального блока `eks` (экстремум), генерация импульсов заданной длительности для сброса замирающего устройства и включения его в режим поиска максимума осуществляется с помощью функционального блока `odv`(одновибратор).

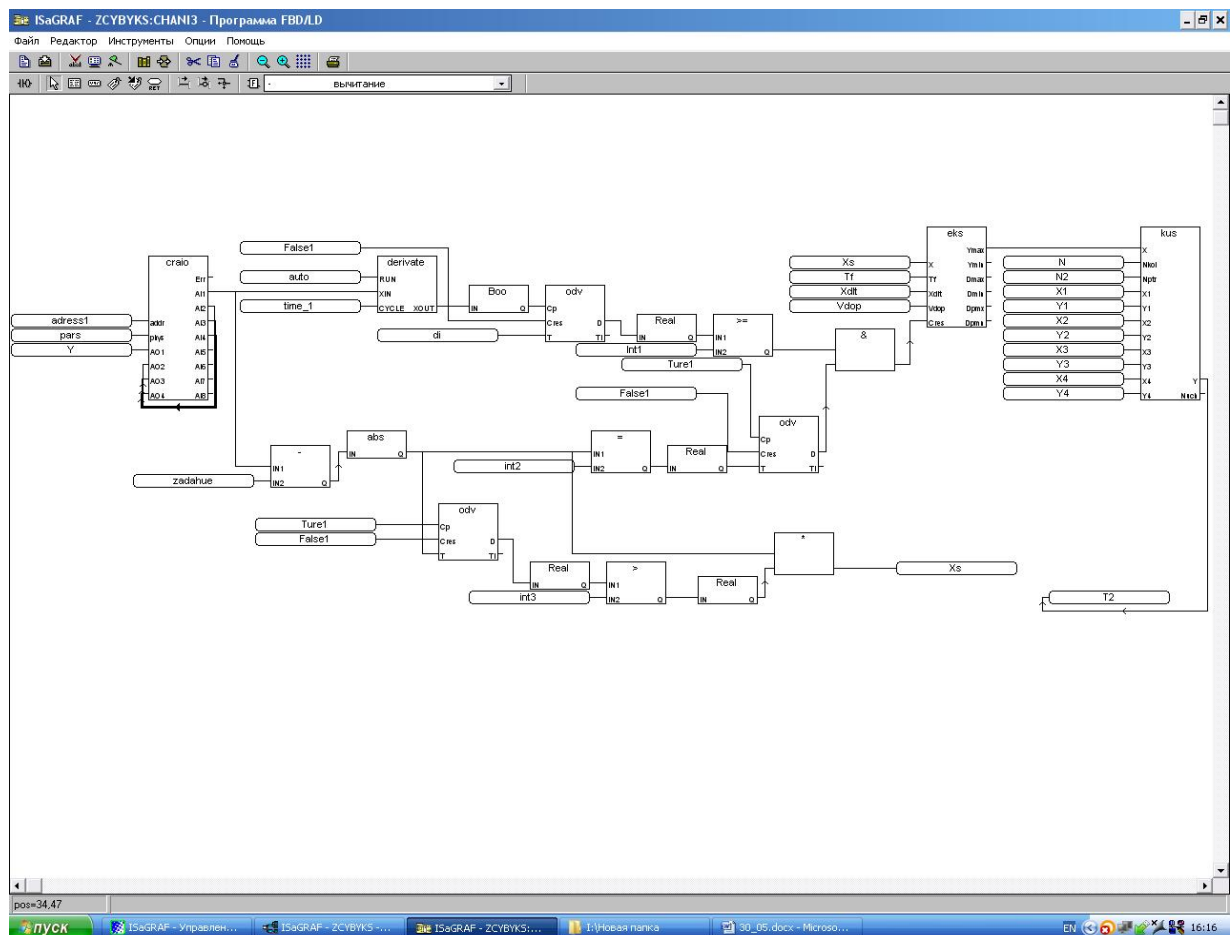


Рисунок 4.2-Программа подстройки фазового корректора

Основными функциональными блоками, используемыми в данной программе являются eks(экстремум), kus(кусочно-линейная функция), odv(одновивибраторы) , арифметические и логические функции.

С помощью eks осуществляется определения максимальной ошибки переходного процесса. На основании данной величины с помощью kus осуществляется определение постоянной времени корректирующего устройства.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение и раздел - Социальная ответственность

В данной выпускной квалификационной работе разработан и частично реализован алгоритм, позволяющий использовать инерциальную навигационную систему для автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. Инерциальные навигационные системы – это дорогостоящие крупногабаритные сложные электромеханические системы. Инерциальная навигация является одним из наиболее перспективных методов автоматизации каких-либо действий с применением компьютерных технологий и робототехники. Достоинствами инерциальной навигации являются непрерывная выдача пользователю полного навигационного решения, возможность выдачи информации с высокой частотой, независимость от внешних источников информации.

4.1 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.1. Структура работ в рамках научного исследования

Перечень и сроки выполнения работ представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ и их продолжительность по времени, распределение по исполнителям

Наименование работы	Исполнители	Кол-во
---------------------	-------------	--------

	Должность	Кол-во	дней
Выдача и получение задания	Инженер 10 р.	1	1
Анализ литературных данных	Инженер 10 р.	1	21
Обобщение результатов исследований, составление рекомендаций	Инженер 10 р.	1	9
	НР 16 р.	1	3
Описание объекта автоматизации, разработка структурной схемы	Инженер 10 р.	1	3
	НР 16 р.	1	1
Разработка функциональной схемы	Инженер 10 р.	1	8
Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации	Инженер 10 р.	1	11
Разработка принципиальной электрической схемы	Инженер 10 р.	1	6
	НР 16 р.	1	1
Разработка монтажной схемы внешних электрических проводок	Инженер 10 р.	1	6
	НР 16 р.	1	1
Разработка модели управления беспилотного летательного аппарата	Инженер 10 р.	1	9
	НР 16 р.	1	2
Финансовый менеджмент	Инженер 10 р.	1	12
Социальная ответственность	Инженер 10 р.	1	12
Составление пояснительной записки	Инженер 10 р.	1	21
Проверка пояснительной записки	НР 16 р.	1	3
Исправление ошибок и замечаний	Инженер 10 р.	1	3

Сдача проекта	Инженер 10 р.	1	1
Общее количество рабочего времени, потраченное каждым исполнителем	Инженер 10 р.	1	123
	НР 16 р.	1	11

4.1.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения материальных вложений, при разработке алгоритма позволяющего использовать инерциальную навигационную систему для автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа необходимо определить план продолжительности необходимых работ. Наиболее наглядным представлением стадий разработки проекта является построение графика Ганта.

Таблица 4.2 – результат расчет трудоемкости

Наименование работы	Исполнители		Кол-во дней
	Должность	Кол-во	
Выдача и получение задания	Инженер 10 р.	1	1
Анализ литературных данных	Инженер 10 р.	1	21
Обобщение результатов исследований, составление рекомендаций	Инженер 10 р.	1	9
	НР 16 р.	1	3
Описание объекта автоматизации, разработка структурной схемы	Инженер 10 р.	1	3
	НР 16 р.	1	1
Разработка функциональной схемы	Инженер 10 р.	1	8
Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации	Инженер 10 р.	1	11
Разработка принципиальной электрической схемы	Инженер 10 р.	1	6
	НР 16 р.	1	1
Разработка монтажной схемы внешних электрических проводок	Инженер 10 р.	1	6
	НР 16 р.	1	1

Разработка модели управления беспилотного летательного аппарата	Инженер 10 р.	1	9
	НР 16 р.	1	2
Финансовый менеджмент	Инженер 10 р.	1	12
Социальная ответственность	Инженер 10 р.	1	12
Составление пояснительной записки	Инженер 10 р.	1	21
Проверка пояснительной записки	НР 16 р.	1	3
Исправление ошибок и замечаний	Инженер 10 р.	1	3
Сдача проекта	Инженер 10 р.	1	1
Общее количество рабочего времени, потраченное каждым исполнителем	Инженер 10 р.	1	123
	НР 16 р.	1	11

4.1.3. Разработка графика проведения научного исследования

График Ганта, приведенный на рисунке 4.1, строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-технического проекта на основе таблицы 4.1 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различным цветом в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

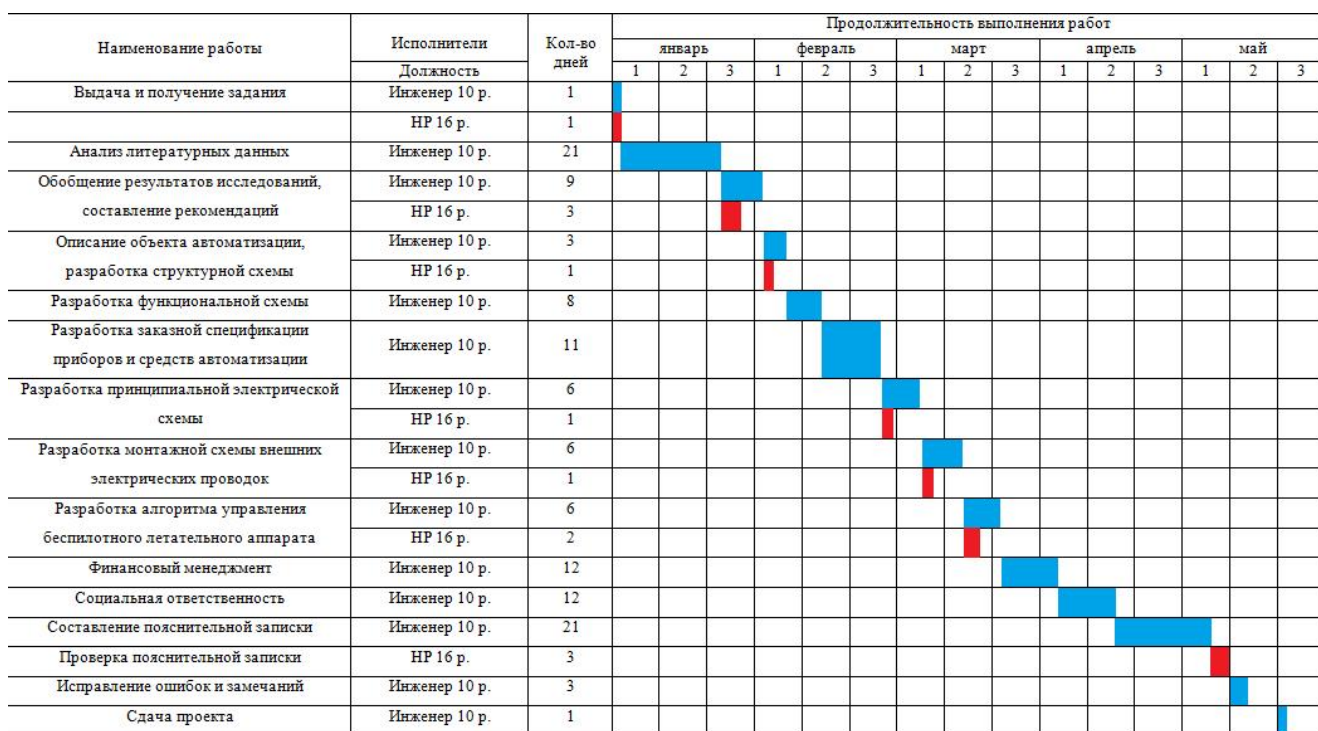


Рисунок 4.1 – График проведения выпускной квалификационной работы

4.1.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Данные о стоимости комплектующих, при внедрении инерциальной навигационной системы для автоматического управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа для диагностики оборудования приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Затраты на комплектующие

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Полетный контроллер APM 2.6	1	2920	2920
Передатчик радиосигнала Walkera DEVO 7	1	1776	1776
Регулятор скорости вращения ротора двигателя Hobbyking SS Series18-20A ESC	4	450	1800

Приемник радиосигнала Walkera RX701 2.4 G Transmitter	1	1318	1318
Аккумуляторная батарея Turnigy nano-tech 1300mAh 3S 25C	1	830	830
Двигатели Emax RS2205-2300	4	848	3392
Модуль MPU 9250	1	720	720
Цифровой барометр GY – 65	1	638	638
Тепловизор FLIR C2	1	69900	6990 0
Зарядное устройство для Turnigy nano-tech 1300mAh	1	1120	1120
Итого:	109414		

Затраты на специальное оборудование для создания проекта представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Затраты на специальное оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Персональный компьютер	1	25000	2500 0

Амортизация компьютерной техники

Амортизация – это процесс переноса стоимости основных средств по мере их износа на создаваемую в процессе производства продукцию. Амортизация компьютерной техники Кам рассчитывается по формуле:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}},$$

Где Tисп.к.т – время использования компьютерной техники;

Tкал – календарное время;

Цкт – цена компьютерной техники;

Тсл – срок службы компьютерной техники.

Календарное время принимается 365 дней. Срок службы компьютерной техники принимается 5 лет.

$$K_{ам} = \frac{123}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1684,93 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату считается (для инженера и научного руководителя) по формуле:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{НР},$$

Где ЗПинж – заработная плата инженера;

ЗПНР – заработная плата научного руководителя.

$$K_{зп} = 138914,28 + 28514,28 = 168525,23 \text{ руб.}$$

Заработная плата в месяц считается по формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где ЗПо – месячный оклад;

K1 – коэффициент, учитывающий отпуск;

K2 – районный коэффициент.

Месячный оклад для инженера принимается в размере 17 000 рублей, для профессора принимается в размере 30 000 рублей. Коэффициент, учитывающий отпуск принимается 1,1. Районный коэффициент принимается 1,3.

$$ЗП_{мес.инж} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{мес.НР} = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 49900 \text{ руб.}$$

Фактическая заработная плата – это плата, начисленная за отчетный период. Она рассчитывается по формуле:

$$ЗП_ф = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n_{он}^ф,$$

где

$ЗП_{мес}$ – заработная плата в месяц;

21 – число рабочих дней в месяце;

$n_{он}^{\phi}$ – фактическое число дней в работе.

$$ЗП_{ф.инж} = \frac{24310}{21} \cdot 123 = 142387,14 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{ф.инж} = \frac{49900}{21} \cdot 11 = 26138,09 \text{ руб.}$$

Социальные отчисления – это обязательные отчисления предприятий во внебюджетные социальные фонды. К ним относятся отчисления:

- 1) в пенсионный фонд;
- 2) в фонд социального страхования;
- 3) в фонд занятости;
- 4) в фонды обязательного медицинского страхования.

Социальные отчисления производятся предприятиями за счет себестоимости продукции (относятся к затратам на производство).

Затраты на социальные отчисления принимаются в размере 30 % от Кз / пл :

$$Кс.о. = 0,3 \cdot 168525,23 = 50557,57 \text{ руб.}$$

Прочие затраты принимаются в размере 10 % от Кмат + Кам + Кз/пл + Кс.о :

$$К_{пр} = (1000 + 1684,93 + 168525,23 + 50557,57) \cdot 0,1 = 22176,77 \text{ руб.}$$

Таким образом, смета затрат составляет:

Таблица 4.5 – Смета затрат

Элементы затрат	Стоимость, руб.	
	Текущий проект	Исполнение 1
Комплекующие	109414	109414

Амортизация компьютерной техники	1684,93	1684,93
Затраты на заработную плату	168525,23	310912,37
Затраты на социальные отчисления	50557,57	93273,71
Прочие затраты	22176,77	22176,77
Итого	352358,5	537461,78

4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Результат расчет интегрального показателя финансовой эффективности вариантов исполнения научного исследования представим в таблице 4.6. Результат расчета показателя ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования.

Таблица 4.6 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта научного исследования

Критерий оценки научной разработки	Вес параме тра	Варианты исполнения	
		1 (текущая работка)	2 (аналог)
Соответствие стандартам	0,25	5	4
Удовлетворение требованиям заказчиков	0,3	4	3
Качество выполнения	0,2	5	4
Ресурсоэффекти вность	0,25	5	4
Итого	1	19	15
Интегральный показатель		= $0,25*5+0,3*4+0,2*5+0,25*5=4,7$	= $0,25*4+0,3*3+0,2*4+0,25*4=3,7$

Результат расчета интегрально показателя сравнительной эффективности представим в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Сравнительная эффективность научной разработки

№ п/п	Показатели	Исполнение 1 (текущая работка)	Исполнение 2 (аналог)
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,66	1

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	7,12	3,7
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	$= 7,12/3,7 = 1,92$	

Таким образом, текущая разработка с позиции сравнительной эффективности выгодна за счет экономии ресурсов.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

Социальная ответственность – ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

Объектом исследования дипломной работы являются дроны. БПЛА имеют широкий спектр применения в различных сферах, таких как

разведка, фотосъемка и др. Рабочая зона – это состояние площадки. К устройствам рабочего пространства относятся контроллеры дронов, ПК и планшеты. Связанный с предметом рабочий процесс в рабочей зоне заключается в управлении дроном для изменения высоты и наблюдения за стабильностью.

В ходе данной работы разработка алгоритма автоматического определения типа файловой системы по сигнатуре. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (с изменениями и дополнениями); ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», каждый работник имеет право на:

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

–обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

–обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

–личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

–внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

–гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

–повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

Производственная безопасность

Вредные производственные факторы – факторы, воздействие которых на человека могут привести к его заболеванию и снижению работоспособности.

Опасные производственные факторы – факторы, воздействие которых могут привести к травме, отравлению, внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти человека.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные производственные факторы

Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Движущиеся машины, механизмы.	ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ
Повышенное образование электростатических зарядов; производственные факторы, связанные с электрическим током; опасность поражения током из-за короткого замыкания.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
Освещенность рабочей зоны.	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Климат рабочей зоны;	СП 131.13330.2020 Строительная климатология
Запыленность рабочей зоны;	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
Шум;	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация; ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП

	23-03-2003.
Вибрация;	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
Перенапряжение зрительных анализаторов; Физические перегрузки в области шеи	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»; Трудовой кодекс РФ.

5.2.1 Движущиеся машины, механизмы

Повреждения механические возможно получить только при разрушении беспилотного летательного аппарата, повреждения возможны от быстро крутящихся пропеллеров.

Для предотвращения несчастных случаев, необходимо соблюдать правила пользования БПЛА.

При подготовке к работе необходимо проверить надежность креплений всех элементов конструкции комплекса и БПЛА.

Перед запуском БПЛА необходимо убедиться в отсутствии людей и препятствий в направлении старта, а также сбоку и сзади пускового устройства в радиусе не менее 50 м.

Нормы безопасности при работе должны соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ для защиты экспериментального персонала от механических повреждений.

Для предотвращения травм необходимо использовать защитное снаряжение, такое как каски, перчатки и защитная одежда.

5.2.2 Повышенное образование электростатических зарядов; производственные факторы, связанные с электрическим током; опасность поражения током из-за короткого замыкания.

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с компьютером и контроллером «КРОСС-500» в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного соприкосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Вследствие чего возникает вероятность прохождения электрического тока через тело человека. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока проявляются в виде электротравм (судороги, остановка сердца, остановка дыхания, ожоги и др.) и заболеваний. Результат воздействия тока на человека зависит от величины силы тока, его рода и частоты, продолжительности воздействия и множества других факторов. Причиной поражения электрическим током в условиях лаборатории могут стать случайное прикосновение к токоведущим частям или появление напряжения на металлических частях оборудования. Напряжение прикосновения и токи при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать 8 В и 1 мА, соответственно (постоянный ток) или 2 В, 0,3 мА (переменный ток частотой 50 Гц) согласно 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. Для обеспечения защиты от прямого прикосновения необходимо применение таких технических способов и средств основной защиты, как: основная изоляция, защитное отключение, безопасное расположение токоведущих частей, средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Для обеспечения защиты от прямого прикосновения необходимо применение таких технических способов и средств основной защиты, как: основная изоляция, защитное отключение, безопасное расположение токоведущих частей, средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

Во избежание поражения электрическим током перед использованием электрооборудования проверьте или осмотрите его и включите питание, когда оборудование находится в хорошем состоянии. Не включайте и не выключайте выключатель питания часто и произвольно. Не включайте питание, если состояние цепи или оборудования неизвестно. Перед эксплуатацией электрооборудования рабочие части оборудования должны быть сухими и чистыми, иначе это будет очень опасно. Для мобильных устройств, которые необходимо перемещать во время использования, должна быть обеспечена безопасность линий и оборудования, чтобы линии не были слишком длинными или двигались, тянулись, завязывались или перекручивались, тем самым влияя на безопасность.

5.2.3 Климат рабочей зоны

От микроклимата рабочей зоны в значительной мере зависят самочувствие и работоспособность человека. Негативное влияние на организм человека оказывает как высокая, так и низкая температура

окружающей среды. Резкие температурные колебания приводят к нарушению терморегуляции. Естественно, что это негативно сказывается на здоровье человека. В некоторых случаях даже приводит к смерти. Поисково-спасательные работы проводятся как зимой, так и летом. Следовательно, необходимо обеспечить условия проведения аварийно-спасательных работ.

Нормирование параметров микроклимата рабочей зоны спасателей осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» (с изменениями и дополнениями).

Защитой от температурного воздействия является организация посменной работы. В холодное время года оборудуются пункты обогрева, а в теплое время года наоборот помещения с прохладным воздухом. Также в условиях высоких температур подразделения обеспечиваются дополнительным питьем.

Специалисты, участвующие в работах, обеспечиваются спецодеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты согласно утвержденным нормам.

При работе в горной, лесной, пересеченной, болотистой местности, в условиях крайнего севера, над водной поверхностью, работник должен быть обеспечен необходимым оборудованием и приспособлениями для безопасной работы и обеспечения сохранности комплекса при его эксплуатации.

Воздух рабочей зоны должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям по параметрам микроклимата, содержанию вредных веществ (газа, пара, аэрозоли) и частиц пыли, приведенным в ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ

5.2.4 Запыленность рабочей зоны

Пыль, находящаяся в воздухе зоны разрушений, оседает на поверхности кожного покрова работающих, попадает на слизистые оболочки полости рта, глаз, верхних дыхательных путей, вдыхается в более глубокие участки органов дыхания (легкие), со слюной заглатывается в пищеварительный тракт. Наиболее опасно вдыхание пыли. Попавшие внутрь организма с вдыхаемым воздухом вещества быстро всасываются слизистой оболочкой дыхательных путей. Затем усваиваются потоками крови и разносятся ими по всему организму. Большинство отравлений (до 95 %) происходит через органы дыхания.

При запыленности рабочей зоны требуется применение средств защиты органов дыхания. Пониженная концентрация запыленности обеспечивается за счет «Струйных вентиляторов». Это форсунки, перемещающие запылённый воздух за счёт распыления воды. Распыление воды может быть эффективным способом перемещения воздуха и при правильном применении может использоваться для уменьшения распространения пыли в местах работы людей.

Также обеспечьте хорошую вентиляцию в помещении, чтобы избежать пыли. Может быть оснащен в помещении вытяжками. Благодаря этому воздух в помещении всегда остается в хорошем состоянии.

5.2.5 Освещенность рабочей зоны

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности или нарушении параметров световой среды, происходит негативное воздействие на организм человека, такое как: развитие близорукости, головная боль, ухудшение зрения и пр.

Такой фактор, как недостаточная освещенность рабочего места, влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и воздействует через

нервную оптико- вегетативную систему на эндокринную систему. Также влияет на формирования иммунной защиты, рост и развитие организма, изменяет естественные реакции в сторону замедления, снижает общий тонус и может привести к созданию травмоопасной ситуации. Влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, нарушает обмен веществ и снижает устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Согласно СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»:

Минимальное естественное освещение должно быть $E_n = 1,2$ К.Е.О. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметьне просвечивающий отражатель.

Большей частью спасательные и аварийно-спасательные работы приходится вести круглосуточно, а это значит требуется освещение в тёмное время суток. Для освещения места работы наиболее удобны источники направленного или заливающего света – различного типа прожекторы, которые применяются при освещении строительных площадок, а также используются для декоративного освещения улиц, зданий, памятников. Для кратковременного освещения можно пользоваться светом зажжённых фар автомобиля, тракторов, тягачей.

5.2.6 Шум

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др.

Согласно СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 максимально допустимый уровень шума для подобных работ до 90 дБ.

Для защиты от воздействия шума на организм человека возможно применение архитектурно-планировочных методов, которые включают в себя: рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, рациональное размещение рабочих мест.

5.2.7 Вибрация

При работе в лаборатории с электрооборудованием и работе вентиляционных систем помещения, возникают звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, которые способны оказать вредное воздействие на безопасность и здоровья работника.

По ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Режим труда должен устанавливаться при показателе превышения вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза). При показателе превышения более 12 дБ (в 4 раза) запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию.

Для защиты персонала от вибрационных травм, длительность рабочей смены не более 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных

перерывов, учитываемых при установлении нормы выработки: длительностью 20 мин - через 1-2 ч после начала смены, длительностью 30 мин - примерно через 2 ч после обеденного перерыва; обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин - примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур.

5.2.8 Перенапряжение зрительных анализаторов; Физические перегрузки в области шеи

Продолжительный и нерегулярный рабочий день, сменная работа, командировки, продолжительность концентрации внимания, высокая точность выполняемой работы, требующая высокой степени координации сенсорных и двигательных элементов зрительной системы, т.е. согласования зрения с организационно - коммуникативными системами. Это может привести к визуальному и физическому повреждению.

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».

Оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений на глаз, использовать методику психической саморегуляции.

Для решения проблемы зрительного и физического утомления необходимо составить разумный график: 5 дней в неделю, посменно 8 часов, обеденный перерыв 30 минут, рекомендуется сформулировать правила и время отдыха 2 часа. после работы и через 2 часа после обеденного перерыва, который длится 5 минут. — по 7 мин. Во время оздоровительных перерывов для снижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного и других анализаторов рекомендуется выполнение комплексных физических упражнений, в том числе глазных, в первой половине смены и в конце рабочей смены. рабочий день в специально оборудованном помещении психологическая разгрузка.

5.3. Экологическая безопасность

Воздействие на селитебную зону: существует угроза безопасности при падении дрона, и он может ударить людей.

Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала

Воздействие на атмосферу: пыль загрязняет атмосферу

Литосфера: утилизация микросхем отработавшего оборудования, аккумуляторных батарей

Многочисленные компоненты компьютеров и дронов содержат токсичные вещества, представляющие угрозу как для человека, так и для окружающей среды.

К этим веществам относятся:

- Свинец (накапливается в организме, поражает почки, нервную систему);

- Ртуть (воздействует на мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызвать дерматит);
- щелочь (прожигает слизистые оболочки и кожу);

Поэтому дроны и компьютеры требуют специальных и сложных методов обработки.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать ее на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, любое компьютерное и организационное оборудование содержит определенное количество драгоценных металлов. Российское законодательство устанавливает положение, в соответствии с которым все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе входящих в состав основных средств. За несоблюдение правил ведения бухгалтерского учета на организацию может быть наложен штраф в размере от 20 000 до 30 000 рублей. (Согласно статье 19.14 КоАП РФ [22]);

Во-вторых, предприятия также могут быть оштрафованы за перемещение машин или оборудования на «свалку» без разрешения;

При утилизации оборудования мы заботимся об окружающей среде: сводим к минимуму количество не перерабатываемых отходов, используем такие отходы, как пластмассы, лом черных и цветных металлов для вторичного производства. Платы, содержащие драгоценные металлы, перерабатываются и отправляются на аффинажные заводы, а затем чистый металл сдается в государственные фонды и не попадает на свалки.

Поэтому утилизация дронов и компьютеров может производиться следующим образом:

1. Воспользуйтесь услугами профессиональной компании по переработке, которая может приехать и забрать всю бытовую технику, которую вы планируете утилизировать.

2. Вы можете обратиться в местный муниципалитет для утилизации электронных устройств.

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов.

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные ЧС:

Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);

Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.);

Техногенные аварии (дрон вышел из-под контроля, взорвалась батарея, пожар)

Наиболее типичная ЧС: пожар

5.4.1 Анализ пожарной безопасности

Согласно НПБ 105-03 [19] лаборатория относится к категории В–горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно

горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

Халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

Специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-

вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 [21];

Специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

Автоматические сигнализаторы для сигнализации о присутствии в воздухе помещений до взрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо проводить плановый осмотр, вовремя выявлять и устранять неисправности и не использовать неисправные электроприборы.

Во избежание пожара должен быть назначен специальный персонал, ответственный за проверку безопасности и техническое обслуживание; защитные ворота, лестницы и проходы должны быть беспрепятственными и не должны закрываться, запираться или блокироваться по желанию; окна здания не должны быть оборудованы противопогонные железные решетки или рекламные щиты, чтобы заблокировать пути эвакуации, такие как установка Аварийные выходы должны быть зарезервированы; вода или пожарные машины должны использоваться для спасения труднодоступных мест, и должно быть оборудовано противопожарное оборудование или должно быть достаточное количество воды для пожаротушения. при условии. Каждый член должен освоить, как его использовать.

5.5. Выводы по разделу

Важность всех профессиональных факторов на изученных рабочих местах соответствует критериям, также продемонстрированным в данном разделе.

Категорию помещения по электробезопасности согласно ПУЭ, категория помещений соответствует категории 1 - "помещения без повышенной опасности".

Группу персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, требовать от работников обучения безопасным методам и приемам выполнения работ на электроустановках. Помимо обучения оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, электротехнический персонал должен быть обучен способам освобождения пострадавших от воздействия электрического тока с учетом специфики обслуживаемой (эксплуатируемой) электроустановки.

Категорию тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", С2Н5N предельно допустимые концентрации, 0.001 мг/м.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Категория помещения - Д пониженная, пожароопасность Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Категории наружных установок по пожарной опасности – ГН умеренная пожароопасность.

Так же указывается категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду к объектам III категории.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были исследованы свойства псевдолинейного корректирующего устройств

с фазовым опережением. По результатам исследования показана возможность реализации адаптивных САР с подстройкой параметра корректирующего устройства. Предложена структура регулятора с динамической фазовой коррекцией

Проведено исследование свойств системы управления высотой беспилотного летательного аппарата с регулятором динамической фазовой коррекцией. Результаты исследования показали, что применение данного регулятора позволяет улучшить качество системы управления высотой полета беспилотного летательного аппарата в условиях изменения параметров аппарата. В работе проведена программная реализация регулятора с динамической фазовой коррекцией в программном пакете Isagraf. Работоспособность программы проверена на контроллере КРОСС.

CONCLUSION

As a result of the final qualification work, the properties of a pseudo-linear corrective device with a phase advance were investigated. Based on the results of the study, the possibility of implementing adaptive ACS with adjustment of the parameter of the corrective device is shown. The structure of the controller with dynamic phase correction is proposed.

A study was made of the properties of the height control system for an unmanned aerial vehicle with a dynamic phase correction controller. The results of the study showed that the use of this controller allows improving the quality of the control system for the flight altitude of an unmanned aerial vehicle in conditions of changing the parameters of the device. In this work, a software implementation of a controller with dynamic phase correction was carried out in the Isagraf software package. The operability of the program was tested on the KROSS controller.

Список использованных источников

1. Хлыпало Е.И. Нелинейные системы автоматического регулирования (расчет и проектирование). - Л.: Энергия, 1967. – 450 с.
2. Хлыпало Е.И. Расчет и проектирование нелинейных корректирующих устройств в автоматических системах. - Л.: Энергоиздат, 1982. – 271 с.
3. В.А. Малкин, И.В. Рожков, А.А. Санько. Влияние ветровых возмущений и нелинейностей сервопривода на контур стабилизации высоты полета беспилотного летательного аппарата. // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 2. – С. 23-30.
4. Сборник докладов и статей по материалам II научнопрактической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами» / Коломна: 924 ГЦ БпА МО РФ, 2017. – 337 с.
5. Лобатый, А.А. Идентификация упрощенной математической модели беспилотного летательного аппарата / А.А. Лобатый, Ю.Ф.Яцына, С.С. Прохорович, Е.А. Хвилько // Системный анализ и прикладная информатика, 2020. № 2. С. 26–31
6. Малкин А.В. Синтез робастного контура угловой стабилизации беспилотного летательного аппарата. // Электроника, радиофизика, информатика. Системный анализ и прикладная информатика, 2012. № 2. С. 5–10.
7. Ю.В. Гриднев, А.Г. Иванов. Робастный автопилот канала тангажа беспилотного летательного аппарата. // Доклады БГУИР. – 2017. – № 3. – С. 40-44.
8. Куликов В.Е. Аналитический синтез контура траекторного управления самолетом методом формирования желаемых корней динамический звеньев в характеристическом полиноме замкнутой системы / В.Е. Куликов, В.В. Куликов // Системный анализ и прикладная информатика, 2015. № 11. С. 2–20.

9. Мануйленко В. Г., Удин Е.Г., Теоретические основы крылатых управляемых ракет – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 201 с.
10. Поляк Б. Т., Щербаков П. С. Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002. 303 с. 2. Баландин Д. В., Коган М. М. Алгоритмы синтеза робастного управления динамическими системами. Нижний Новгород: ННГУ, 2007. 88 с.
11. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011. – 164с.
12. Распопов, Б. Я. Автопилот мини-беспилотного летательного аппарата / Б. Я. Распопов [и др.] // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 10. – С. 19.
13. Гриднев, Ю. В. Робастный автопилот канала тангажа беспилотного летательного аппарата / Ю. В. Гриднев, А. Г. Иванов // Доклады БГУИР. - 2017. - № 3 (150). - С. 40-44.
14. Санько, А. А. Основы построения и алгоритмы работы навигационных систем воздушных судов: пособие по изучению дисциплины. Часть 1 / сост.: А. А. Санько, В. М. Дедков. - Минск: БГАА, 2016. - 96 с.
15. Михалев, И. А. Системы автоматического управления полетом самолета. Методы анализа и расчета / И. А. Михалев. - Москва: Машиностроение, 1971. - 464 с.
16. Ким Д.П. Теория автоматического управления: учеб. пособие. Т. 1: Линейные системы. / Д. П. Ким. М.: Физматлит, 2007. – 312
17. Исследование качества переходных процессов замкнутых систем управления [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<http://itmu.vsu.ru/Posobija/OTU/htm/LR5.htm>.
18. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
19. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

20. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
22. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

Приложение

(справочное)

Описание функциональных блоков

DIN - Динамическое преобразование

Алгоритм применяется для динамической коррекции систем управления в тех случаях, когда требуется интегрально-дифференцирующее преобразование сигнала.

Описание алгоритма

Алгоритм реализует передаточную функцию:

$$W(p)=Y(p)/X(p)=K_m*(T_2*p+1)/(T_1*p+1);$$

где K_m коэффициент усиления;

T_1 и T_2 постоянные времени.

Входы-выходы алгоритма DIN приведены в таблице П.1, функциональная схема - на рисунке П.1.

Таблица П1. - Входы-выходы алгоритма DIN

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	X	Вход	Основной вход
02	REAL	K_m		Коэффициент усиления
03	REAL	T_1		Постоянная времени знаменателя
04	REAL	T_2		Постоянная времени числителя
01	REAL	Y	Выход	Основной выход

Функциональная схема алгоритма
DIN - динамическое преобразование

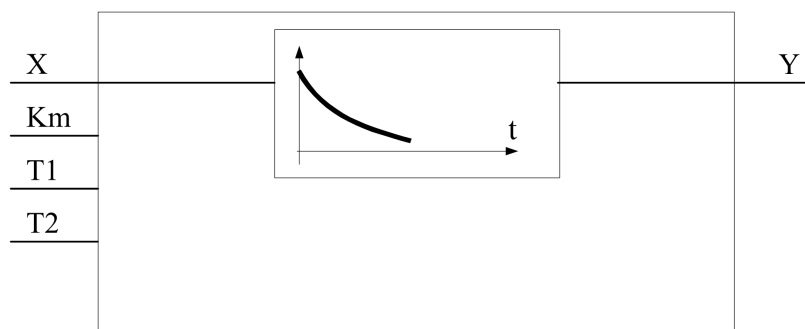


Рисунок П1-Функциональная схема

CrAio - Алгоритм аналогового ввода-вывода

Алгоритм CrAio предназначен для чтения значений на аналоговых входах и установки значений на аналоговых выходах модуля AIO1-8/4.

Входы-выходы алгоритма CrAio приведены в таблице П2.

Таблица П2 -Входы-выходы алгоритмов ввода-вывода CrAio

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	INT	Addr	Вход	Адрес модуля
02	INT	Cell		Равен 0
03	MSG	Pars		Строка параметров
04 - 07	REAL	X1- X4		Значения выходных каналов модуля
01	INT	Err	Выход	Код ошибки
02 – 09	REAL	Y1 – Y8		Значения входных каналов модуля

RAN - Регулирование аналоговое

Алгоритм используется при построении ПИД регулятора, имеющего аналоговый выход. Алгоритм как правило сочетается с пропорциональным исполнительным механизмом (позиционером), либо используется в качестве ведущего в схеме каскадного регулирования.

Помимо формирования ПИД закона в алгоритме вычисляется сигнал рассогласования, этот сигнал фильтруется, вводится зона нечувствительности. Выходной сигнал алгоритма ограничивается по максимуму и минимуму.

Функциональная схема алгоритма содержит несколько звеньев. Звено, выделяющее сигнал рассогласования, вычисляет разницу двух входных сигналов.

Сигнал рассогласования ε на выходе этого звена равен:

$$\varepsilon = X_{zdn} - X_{in},$$

Зона нечувствительности не пропускает на свой выход сигналы, значения которых находятся внутри установленного значения зоны.

Сигнал ε_2 на выходе этого звена равен:

$$\varepsilon_2 = 0 \quad \text{при } |\varepsilon| \leq X_{dlt};$$

$$\varepsilon_2 = (|\varepsilon| - X_{dlt}) \cdot \text{sign } \varepsilon \quad \text{при } |\varepsilon| > X_{dlt},$$

где X_{dlt} - зона нечувствительности.

ПИД-звено выполняет пропорционально-интегрально-дифференциальное преобразование сигнала и имеет передаточную функцию:

$$W(p) = K_p [1 + 1/(T_i \cdot p) + K_d \cdot T_i \cdot p / (1 + 0.125 \cdot K_d \cdot T_i \cdot p)^2],$$

где K_p , T_i , K_d - соответственно коэффициент пропорциональности, постоянная времени интегрирования и коэффициент времени дифференцирования, равный $K_d = T_d / T_i$.

Алгоритм RAN может использоваться в качестве П, ПИ или ПД-регулятора.

Для получения П-регулятора следует установить $T_i = \infty$ и $K_d = 0$.

Для получения ПИ-регулятора следует установить $K_d = 0$.

Для получения ПД-регулятора следует установить $T_i = \infty$ (значение $T_i > 819$ воспринимается как $T_i = \infty$). В этом случае интегральная ячейка аннулируется и алгоритм формирует передаточную функцию:

$$W(p)=Kp[1+819*Kd*p/(1+0.125*819*Kd*p)^2],$$

при этом, если $Kd \leq 1$, то постоянная времени дифференцирования $Td=819*Kd$ (с); если $Kd > 1$, то $Td=\infty$.

Ограничитель ограничивает выходной сигнал алгоритма по максимуму и минимуму. Уровни ограничения устанавливаются коэффициентами $X_{\max}$, $X_{\min}$.

Помимо двух сигнальных входов X_{zdn} и X_{in} , алгоритм имеет 8 настроечных входов, которые задают параметры настройки алгоритма, и два управляющих входа для запрета изменения сигнала в большую или меньшую сторону. Диапазоны параметров настройки - стандартные для алгоритмов. Значение $X_{dlt}<0$ воспринимается алгоритмом соответственно как $X_{dlt}=0$.

Алгоритм также содержит узлы статической и динамической балансировок.

Алгоритм имеет 5 выходов. Выход Y - основной выход алгоритма. На выходе Y_{ers} формируется отфильтрованный сигнал рассогласования. Выход Y_{zdn} отображает текущее задание. Два дискретных выхода $D_{\max}$ и $D_{\min}$ фиксируют момент наступления ограничения выходного сигнала Y . Логика формирования выходных дискретных сигналов определяется таблицей ПЗ (здесь $Y1$ - сигнал на входе звена ограничения):

Y1	Y	Dmax	Dmin
$X_{\min}<Y1<X_{\max}$	$Y=Y1$	0	0
$Y1 \geq X_{\max}$	$Y=X_{\max}$	1	0
$Y1 \leq X_{\min}$	$Y=X_{\min}$	0	1

Алгоритм будет правильно работать, только если $X_{\max} > X_{\min}$.

Рассмотрим режимы работы. Команда перехода в ручной режим поступает на вход $Cruch$ алгоритма. Значение начальных условий Y_0 – это значение на выходе Y непосредственно перед переключением в ручной

режим. В ручном режиме работа алгоритма изменяется следующим образом:

Интегральная ячейка ПИД звена «заряжается» до значения $Y_i = Y_o - K_p \cdot \varepsilon_2$.

Д - составляющая обнуляется.

На выход Y записывается значение со входа X_{ruch} , оно же транслируется в интегральную ячейку (как правило, на вход X_{ruch} подается значение с выхода алгоритма RUC или UPR).

При включенной статической ($C_{sb} = 1$) или динамической ($C_{db} = 1$) балансировке алгоритм работает следующим образом: в ручном режиме узел соответствующей балансировки вырабатывает сигнал компенсации, равный $X_{in} - X_{zdn}$, который затем при переключении в автоматический режим прибавляется к внешнему сигналу задания. Компенсированное значение задания подается на выход Y_{zdn} .

Таким образом, в первый момент после переключения выходной сигнал Y сохраняется неизменным. Затем, если включена динамическая балансировка, сигнал компенсации уменьшается (по модулю) до нуля с постоянной скоростью, задаваемой входом V_{db} , при этом выходной сигнал Y плавно (безударно) переходит к текущему (вычисленному) значению. Приоритетом обладает статическая балансировка.

В режим запрета алгоритм переходит в двух случаях:

по собственной инициативе, когда выходной сигнал ПИД-звена вышел за установленные пороги ограничения;

если команда запрета поступает извне на входы C_{zb} или C_{zm} .

В любом случае в режиме запрета блокируется изменение выхода алгоритма в запрещенном направлении.

В остальном работа алгоритма в режиме запрета не изменяется.

При работе в ручном режиме сигнал X_{ruch} , «навязанный» алгоритму извне, может выйти за пороги ограничения. Ограничитель не препятствует этому, но после перехода в автоматический режим изменение выходного

сигнала возможно лишь в направлении, приближающем выходной к установленным порогам ограничения.

После того, как выходной сигнал выйдет из области ограничения и вернется на линейный участок, выходной сигнал вновь может изменяться в обоих направлениях.

Функциональная схема алгоритма RAN приведена на рисунке П2.

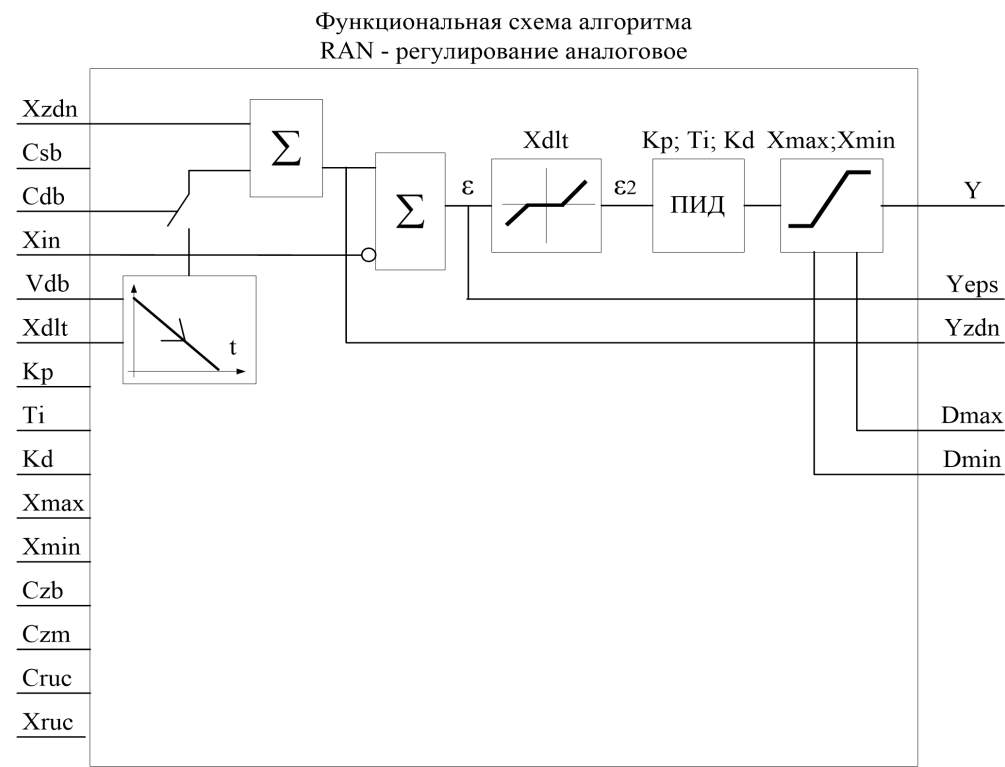


Рисунок П2-Функциональная схема алгоритма RAN(АналПИД)

Входы-выходы алгоритма RAN приведены в таблице П3.

Таблица П3 - Входы -выходы алгоритма RAN

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	Xzdn		Вход задания
02	BOO	Csb		Включение статической балансировки
03	BOO	Cdb		Включение динамической балансировки

04	REAL	Vdb	Вход	Скорость динамической балансировки
05	REAL	Xin		Вход параметра
06	REAL	Xdlt		Зона нечувствительности
07	REAL	Kp		Коэффициент пропорциональности
08	REAL	Ti		Постоянная времени интегрирования
09	REAL	Kd		Постоянная времени дифференцирования
10	REAL	Xmax		Уровень ограничения по максимуму
11	REAL	Xmin		Уровень ограничения по минимуму
12	BOO	Czb		Сигнал запрета в направлении «Больше»
13	BOO	Czm		Сигнал запрета в направлении «Меньше»
14	BOO	Cruch		Включение ручного режима
15	REAL	Xruch		Сигнал ручного задания
01	REAL	Y	Выход	Основной выход алгоритма (каскадный)
02	REAL	Yeps		Сигнал рассогласования
03	REAL	Yzdn		Сигнал текущего задания
04	BOO	Dmax		Ограничение по максимуму
05	BOO	Dmin		Ограничение по минимуму

UMD - Умножение-деление

Описание алгоритма

Алгоритм предназначен для выполнения математических операций умножения и (или) деления.

Алгоритм перемножает два числа и делит полученное произведение на третье число.

Выходной сигнал алгоритма равен:

$$Y=X1*X2/X3, \quad (7.2)$$

Если необходимо выполнить операцию умножения, на вход X3 задается константа, значение которой выполняет роль масштабного множителя. Если требуется выполнить операцию деления, константа задается на вход X2.

Входы-выходы алгоритма UMD приведены в таблице П4, функциональная схема - на рисунке П.2.

Таблица П.4 - Входы-выходы алгоритма UMD

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	X1	Вход	Первый сомножитель
02	REAL	X2		Второй сомножитель
03	REAL	X3		Делитель
01	REAL	Y	Выход	Выход

Функциональная схема алгоритма
UMD - умножение-деление

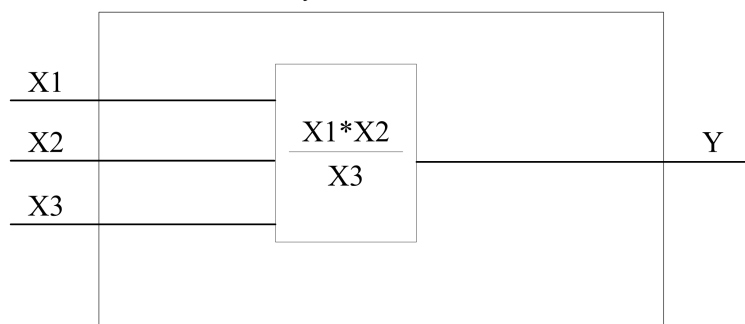


Рисунок П.2-Функциональная схема алгоритма

OGR – Ограничение

Назначение

Алгоритм используется для ограничения верхней и (или) нижней границы диапазона изменения сигнала.

Описание алгоритма

Алгоритм содержит ограничитель верхнего и нижнего значения сигнала. На двух дискретных выходах Dmax и Dmin фиксируется достижение сигналом верхней и нижней границы ограничения. Работа алгоритма определяется таблицей П.5.

Таблица П.5

X	Y	Dmax	Dmin
$X_{\max} > X > X_{\min}$	X	0	0
$X \geq X_{\max}$	$X_{\max}$	1	0
$X \leq X_{\min}$	$X_{\min}$	0	1

Алгоритм будет правильно работать, только если $X_{\max} > X_{\min}$.

Уровни ограничений задаются настроечными входами $X_{\max}$, $X_{\min}$.

Входы-выходы алгоритма OGR приведены в таблице П.6.

Таблица П.6 - Входы-выходы алгоритма OGR

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	X	Вход	Основной вход алгоритма
02	REAL	$X_{\max}$		Верхняя граница ограничения
03	REAL	$X_{\min}$		Нижняя граница ограничения
01	REAL	Y	Выход	Основной выход алгоритма
02	BOO	Dmax		Достижение верхней границы
03	BOO	Dmin		Достижение нижней границы

KUS - Кусочно-линейная функция.

Назначение.

Алгоритм применяется для линеаризации нелинейной зависимости (например, датчика или регулирующего органа). Алгоритм применяется

также для искусственного введения нелинейности (например, зона нечувствительности релейной характеристики и т.п.).

Описание алгоритма.

Выходной сигнал Y связан со значением сигнала на входе X зависимостью, показанной на рисунке. Алгоритм имеет 8 входов, задающих координаты первых четырех отрезков $X1, Y1, \dots, X4, Y4$. Для определения отрезков с номерами >4 вход $Nptr$ алгоритма KUS соединяется с выходом $Nout$ алгоритма $db4_kus$. В этом случае значения на входах $X1, Y1, \dots, X4, Y4$ алгоритма $db4_kus$ определяют координаты отрезков с номерами 5...8 алгоритма KUS. Аналогично, если вход $Nstr$ алгоритма $db4_kus$ соединить с выходом $Nout$ следующего алгоритма $db4_kus$, то значения на его входах определяют координаты отрезков 9...12, и т.д.

Входы-выходы алгоритма KUS

Таблица П7

Номер	Тип	Обозначение	Вх-Вых	Назначение
01	REAL	X	Вход	Основной вход алгоритма
02	INT	$Nkol$	“	Число участков
03	INT	$Nptr$	“	Указатель на модуль расширения $db4_kus$
04	REAL	$X1$	“	Абсцисса 1-го участка
05	REAL	$Y1$	“	Ордината 1-го участка
06	REAL	$X2$	“	Абсцисса 2-го участка
07	REAL	$Y2$	“	Ордината 2-го участка
08	REAL	$X3$	“	Абсцисса 3-го участка
09	REAL	$Y3$	“	Ордината 3-го участка
10	REAL	$X4$	“	Абсцисса 4-го участка
11	REAL	$Y4$	“	Ордината 4-го участка
01	REAL	Y	Выход	Основной выход алгоритма
02	INT	$Nuch$	“	Номер текущего участка

EKS – Экстремум

Назначение.

Алгоритм применяется для поиска и фиксации максимального и /или) минимального значения меняющегося во времени сигнала. В частности, алгоритм используется в задачах оптимизации.

Описание алгоритма.

Алгоритм содержит фильтр нижних частот и узел выделения экстремума ВЭК.

Входной сигнал подается на сигнальный вход алгоритма X и, пройдя через фильтр нижних частот, поступает на вход узла выделения экстремума ВЭК.

На выходах алгоритма $Y_{\max}$, $Y_{\min}$ фиксируется последнее соответственно максимальное и минимальное значение сигнала X_0 , поступающее на вход ВЭК.

Алгоритм работает следующим образом (см.рис.) До тех пор, пока имеется команда сброса ($C_{res} = 1$), поиск экстремума не ведется и выходные сигналы $Y_{\max} = Y_{\min} = X_0$. Когда сигнал сброса снимается ($C_{res} = 0$), выходные сигналы $Y_{\max}$ и $Y_{\min}$ замораживаются и начинается поиск экстремума.

Как только найден максимум, выходной сигнал $Y_{\max}$ становится равным максимальному значению X_0 . Когда алгоритм фиксирует минимум, выходной сигнал $Y_{\min}$ принимает значение, равное минимальному значению X_0 . Выходы $Y_{\max}$ и $Y_{\min}$ остаются неизменными вплоть до обнаружения очередного экстремума - соответственно максимума или минимума.

В момент обнаружения максимума или минимума на время, равное времени цикла работы контроллера, на дискретных выходах соответственно $D_{\max}$ или $D_{\min}$ формируются дискретные сигналы $D_{\max} = 1$ или $D_{\min} = 1$.

ODV – Одновибратор

Назначение.

Алгоритм применяется в тех случаях, когда необходимо сформировать одиночный импульс заданной длительности.

Описание алгоритма.

Одновибратор запускается по переднему фронту сигнала на входе C_p (пуск), т.е. когда на входе C_p дискретный сигнал переходит из состояния лог.0 в состояние лог.1. Перед пуском выходной дискретный сигнал D отсутствует. После пуска появляется сигнал на выходе D , причем этот сигнал находится в состоянии лог.1 в течение времени $t = T$, где T - параметр настройки. По истечении времени T сигнал на выходе вновь переходит в нулевое состояние, после чего одновибратор можно вновь пустить.

На выходе T_i формируется текущее время, отсчитываемое от момента пуска. После отработки импульса $T_i = 0$.

Если одновибратор должен запускаться по заднему фронту, сигнал на входе C_p инвертируется.

Сигнал на входе Cres (сброс) в любой момент времени обнуляет оба выхода ячейки и обнуляет счетчик времени. При наличии команды "сброс" алгоритм ячейки не может быть запущен. Алгоритм также не может быть повторно запущен командой "пуск" до тех пор, пока не закончится формирование выходного импульса.

Если в момент снятия команды "сброс" на выходе Ср сигнал равен лог.1, такая ситуация рассматривается как команда "пуск".

При $T \leq 0$ выходной импульс не формируется.

Входы-выходы алгоритма ODV и функциональная схема ячейки приведены ниже.