

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКОЙ БПЛА НА ОСНОВЕ МОНОКУЛЯРНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ

УДК: 004.451.5:004.93*11:629.735.45-519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6Б	Багандов Джанболат Магомеднабиевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР ТПУ	Хамухин Александр Анатольевич	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД ТПУ	Матвиенко Владимир Владиславович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»	Погребной Александр Владимирович	к. т. н.		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критерии АИОР
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания в области информатики и вычислительной техники, достаточные для комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-7, ОПК-5, ПК-3), критерий 5 АИОР (п. 1.1) 06.019, специалист по технической документации в области информационных технологий; 06.027, Специалист по администрированию сетевых устройств информационнокоммуникационных систем.
Р2	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения инженерных задач.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-9, ОПК-2, 5, ПК-1, 3), критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.2) 06.001, программист; 06.003, архитектор программного обеспечения.
Р3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с созданием аппаратно-программных средств информационных и автоматизированных систем, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.	Требования ФГОС (ОК-6, ОПК-1, ПК-2, 4, ПК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.2) Профессиональные стандарты (код, название): 06.001, программист; 06.028, Системный программист; 06.027, Специалист по администрированию сетевых устройств информационно-коммуникационных систем.
Р4	Разрабатывать программные и аппаратные средства (системы, устройства, блоки, программы, базы данных и т. п.) в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.	Требования ФГОС (ОК-7, ОПК2, 4, ПК- 1, 2, ПК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.3) Профессиональные стандарты (код, название): 06.001, программист; 06.028, Системный программист; 06.027, Специалист по администрированию сетевых устройств информационно-коммуникационных систем.
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК5, ПК-1, 2, 3), критерий 5 АИОР

	исследования, включающие поиск и изучение необходимой научнотехнической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретация полученных данных, в области создания аппаратных и программных средств информационных и автоматизированных систем.	(п.1.4) Профессиональные стандарты (код, название): 06.001, программист; 06.028, Системный программист; 06.027, Специалист по администрированию сетевых устройств информационно-коммуникационных систем.
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные программно-аппаратные комплексы, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасность труда, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ОК-8, 9, ОПК-1, 2, 4, ПК-3, 4, 5, ПК-6), критерий 5 АИОР (п. 1.5) Профессиональные стандарты (код, название): 06.001, программист; 06.003, архитектор программного обеспечения.
Универсальные компетенции		
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК3, 5), критерий 5 АИОР (п. 2.1) Профессиональные стандарты (код, название): 06.016, руководитель проектов в области информационных технологий.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5, 7, ПК-3, 4), критерий 5 АИОР (п. 2.2) Профессиональные стандарты (код, название): 06.019, специалист по технической документации в области информационных технологий.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций,	Требования ФГОС (ОК-2, 3, 6, 7), критерий 5 АИОР (п. 2.3, 2.4) Профессиональные стандарты (код, название): 06.016, руководитель проектов в области информационных технологий.

	демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 3, 4, 5), критерий 5 АИОР (п. 2.5).
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.	Требования ФГОС (ОК-5, 7), критерий 5 АИОР (п. 2.6).

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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	Подпись	Дата
8В6Б	Багандову Джанболату Магомеднабиевичу		

Тема работы:

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКОЙ БПЛА НА ОСНОВЕ МОНОКУЛЯРНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-50/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2020
---	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования в данной работе является модель движения пчелы в контексте автоматического управления; Режим работы: непрерывный;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Исследование исходных данных; 2. Построение условной схемы системы;

	3. Проектирование системы моделирования; 4. Изучение системы и её параметров; 5. Финансовый менеджмент; 6. Социальная ответственность
Перечень графического материала	1. Рисунки, демонстрирующие результаты 2. Диаграмма Ганта
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП ТПУ Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Ассистент ООТД ТПУ Матвиенко Владимир Владиславович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР ТПУ	Хамухин Александр Анатольевич	к. т. н.		

Задание принял к исполнению:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6Б	Багандов Жанболат Магомеднабиевич		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Уровень образования бакалавриат

Отделение информационных технологий

Период выполнения осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	70
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР ТПУ	Хамухин Александр Анатольевич	к. т. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»	Погребной Александр Владимирович	к. т. н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8В6Б	Багандову Джанболату Магомеднабиеичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Альтернативы проведения НИ*
3. *График проведения и бюджет НИ - выполнить
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ- выполнить*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		28.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6Б	Багандов Джанболат Магомеднабиевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8В6Б	Багандову Джанболату Магомеднабиевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ ПОСАДКОЙ БПЛА НА ОСНОВЕ МОНОКУЛЯРНОЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ОДОМЕТРИИ.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования – система автономной посадки БПЛА. Область применения – аграрная промышленность, частное использование.</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ТК РФ. Принят в 21.12.2001. С учетом изменений, вносимых федеральным законом №127-ФЗ от 24.04.2020. – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ – Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – ТОИ Р-45-084-01 – Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 – Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Влажность и температура воздуха; – Недостаточная освещенность рабочего места; – Статическое электричество; – Высокое напряжение электрической сети.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Утилизация аккумуляторов;
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
ассистент ООТД	Матвиенко В.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8В6Б	Багандов Джанболат Магомеднабиевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа, 81 страниц, 24 рисунка, 15 таблиц, 10 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автоматическая посадка, оптический поток, PID-регулятор, визуальная одометрия.

Объектом исследования алгоритм автоматической посадки беспилотного летательного аппарата (БПЛА) вертолетного типа на основе модели движения пчелы (визуальной одометрии).

Цель работы – Разработка модуля автоматического управления посадкой БПЛА, исследование влияния параметров управления на качество посадки.

В процессе исследования проводились разработка модуля управления автоматической посадкой БПЛА, численное моделирование посадки в различных режимах в среде Simulink.

В результате исследования получены: модуль системы автоматической посадки БПЛА, значения оптимальных параметров модуля (поддерживаемый оптический поток, шаг дискретизации сигнала управления).

Область применения: агропромышленность, ресурсодобывающая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: снижение ручного труда при управлении полетом БПЛА.

В будущем планируется усложнение математической модели, адаптация под реальные условия и аппараты.

Нормативные ссылки

1. Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ).
2. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
3. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М. : Изд-во стандартов.
4. СанПиН 2.2.4.3359-16. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
6. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. – М. : Изд-во стандартов.
7. ГОСТ Р 50739-95 «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации».
8. Р 2.2.2006-05 «Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда»
9. ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

Оглавление

Введение	1
1. Разработка модуля автоматической посадки	3
1.1. Обзор метода посадки	3
1.2. Создание общей схемы модели.....	5
2. Описание модели	8
2.1. Общая схема.....	8
2.2. Схема синхронизации.....	8
2.3. Блок геометрии	9
2.4. Блок вычисления оптического потока.....	11
1.4 Блок компаратора	12
1.5 PID-регуляторы.....	13
1.6. Блок PID-регулятора в системе.....	15
1.7. Расчет скорости и высоты	16
Вывод.....	18
3. Исследование параметров системы	19
3.1. Входные параметры регулировки.....	19
3.2 Исходные условия	20
3.3 Исследование входных параметров.....	21
3.4 Исследование влияния целевого I.....	23
3.5 Исследование влияния P	25
3.6 Исследование влияния D.....	27
3.7 Перечень результатов исследований	29
3.8 Выводы из исследований и оптимальные параметры	31
4 Ограничения метода	33
4.1 Отсутствие контроля над сценарием посадки.....	33
4.2 Сильное влияние ошибок измерения.....	34
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	36
5.1 Организация и планирование работ	36

5.1.1	Составление плана.....	36
5.1.2	Продолжительность этапов работ.....	36
5.3	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	41
5.3.1	Расчет затрат на материалы.....	41
5.3.2	Расчет заработной платы	42
5.3.3	Расчет затрат на социальный налог	43
5.3.4	Расчет затрат на электроэнергию	43
5.3.5	Расчет амортизационных расходов.....	44
5.3.6	Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	45
5.3.7	Расчет прочих расходов.....	46
5.3.8	Расчет общей себестоимости разработки	46
5.3.9	Расчет прибыли	46
5.3.10	Расчет НДС	47
5.3.11	Цена разработки НИР.....	47
5.4	Оценка экономической эффективности проекта	47
6	Социальная ответственность.....	49
6.1	Введение.....	49
6.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	49
6.2.1	Правовые нормы трудового законодательства.....	49
6.2.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	49
6.3	Профессиональная социальная безопасность	50
6.3.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	52
6.4	Экологическая безопасность.....	56
6.4.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	59
6.4.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	59

6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	59
6.5.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	60
6.5.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	60
6.6	Выводы по разделу	60
	Заключение	63
	Список литературы.....	64
	Приложение А	66

Введение

Сегодня беспилотные летательные аппараты вертолетного типа, в частности квадрокоптеры и другие мультикоптеры (иногда просто дроны), широко применяются как в промышленности и сельском хозяйстве, так и в частном секторе.

На данный момент для управления таким БПЛА необходим оператор, человек, который наблюдает за полетом с земли и отдает управляющие сигналы при помощи пульта.

Ведется масштабная работа по автоматизации полета таких устройств. Если удастся уменьшить или устранить потребность в операторе для эксплуатации дрона, это может весомо повысить производительность таких отраслей, как сельскохозяйственная промышленность и геологоразведка, которые часто используют дронов в своей работе.

Одной из самых сложных для автоматизации стадий полета является посадка. Ошибка может привести к повреждению летательного аппарата и его окружения: инфраструктуры и персонала.

Существующие на сегодняшний день способы проведения посадки не обеспечивают необходимую надежность. Они полагаются на датчики определения высоты и скорости, которые плохо работают в условиях низкой высоты и склонны давать промахи, что недопустимо, когда малейшая ошибка может привести к серьезным последствиям.

В данной бакалаврской работе исследуется новый метод автоматической посадки БПЛА вертолетного типа, который не полагается на точную оценку скорости и высоты и для своей работы требует лишь камеру, которой сейчас часто по умолчанию оснащается большинство дронов.

Данный метод основывается на визуальном изменении размеров наблюдаемого объекта в поле зрения наблюдателя при их относительном перемещении.

Этот способ предложен нейробиологом Сринивасоном [1] на основе экспериментального изучения движения медоносных пчел. Способ является новаторским и полностью пока не реализован «в железе», поскольку остается много проблем для его технической реализации.

Поэтому предлагаемая работа по разработке алгоритма автоматической посадки и исследованию его на модели является актуальной и практически значимой.

1. Разработка модуля автоматической посадки

1.1. Обзор метода посадки

В данной бакалаврской работе рассматривается способ автоматизации посадки БПЛА на основе монокулярной визуальной одометрии. Способ основывается на наблюдении того, как объекты увеличиваются в поле зрения наблюдателя при приближении. Сравнив два изображения неподвижного предмета, сделанные из двух разных точек, можно оценить расстояние, а сравнение трех кадров позволяет оценить и скорость приближения к объекту. Анализируя изображение, получаемое с камеры во время движения, аппарат может производить такую оценку, чтобы скоординировать посадку.

Однако такие оценки могут давать существенную погрешность, что было показано в статье моего руководителя [2]. Поэтому мы обратили внимание на исследования Австралийского профессора Мандияма Сринивасана, изучавшего схемы движения медоносных пчел [3]. Он экспериментально доказал то, что пчелы способны плавно снижать свою скорость при приближении к поверхностям для посадки [4-9]. Он предположил, что пчелам для этого не требуется знать свою скорость и расстояние до объекта. Они не имеют бинокулярного зрения, как высшие животные. Тем не менее, они способны совершать такую плавную посадку основываясь только на монокулярном зрении, путем поддержания постоянным оптического потока на сетчатке глаза [10]. Наглядная демонстрация представлена на рисунке 1 [2].

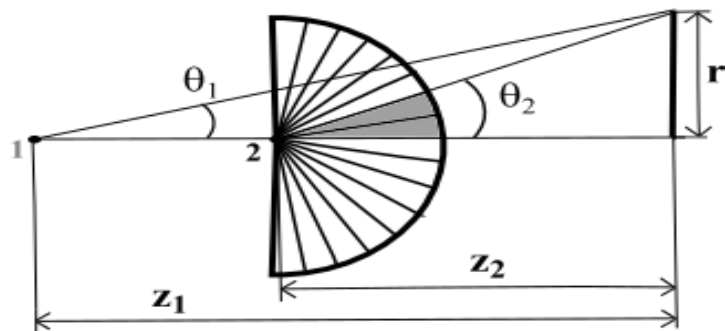
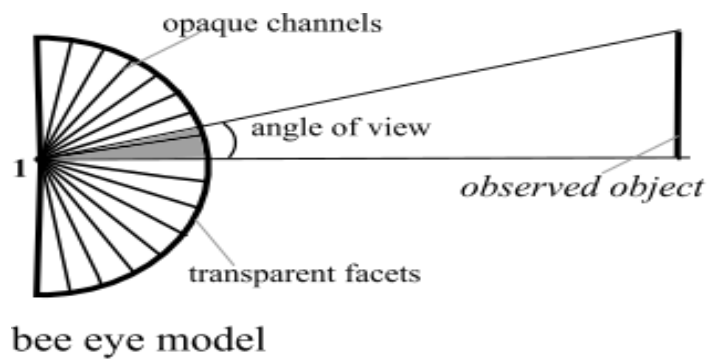


Рисунок 1 – Изменение угла обзора при перемещении

У термина «оптический поток» существуют несколько определений. Сринивасон с коллегами оптическим потоком считает скорость расширения изображения наблюдаемого объекта на сетчатке глаза при приближении к нему по оптической оси (Рисунок 2). Сринивасан выдвинул гипотезу, что для совершения мягкой посадки с плавным снижением скорости при приближении к поверхности требуется всего лишь поддерживать оптический поток на постоянном уровне на протяжении всего полета.

Была создана геометрическая модель посадки, которая позволяет определить оптический поток, основываясь на разности в углах обзора при наблюдении из разных точек.

Позже эта модель была упрощена доцентом ТПУ Хамухиным Александром Анатольевичем и приведена к виду [3]:

$$I = \frac{2(\theta_2 - \theta_1)}{\Delta t * \sin 2\theta_1}$$

Рисунок 2 – формула вычисления оптического потока в рамках модели

Здесь: I – оптический поток, θ_1 – угол, занимаемый объектом на первом шаге, θ_2 – угол, занимаемый на втором шаге.

Возникла идея использовать данную модель для задачи автоматизации посадки БПЛА. Используя изображение с камеры на борту дрона для вычисления оптического потока, с помощью автоматического регулирования добиться поддержания его на одном уровне.

Преимуществами метода является независимость от внешней информации и вообще от любой дополнительной информации, за исключением изображения с камеры на борту, а также отсутствие излучений, которые возникают при использовании GPS-навигации и сонара, которые могут быть засечены потенциальным противником при использовании БПЛА в зоне боевых действий.

Было принято решение разработать систему, которую можно было бы интегрировать с уже собранными БПЛА, для предоставления им возможности совершения автоматической посадки.

1.2. Создание общей схемы модели

В качестве первого этапа проектирования системы, мной совместно с научным руководителем была оставлена условная схема. Она представлена на рисунке 3.

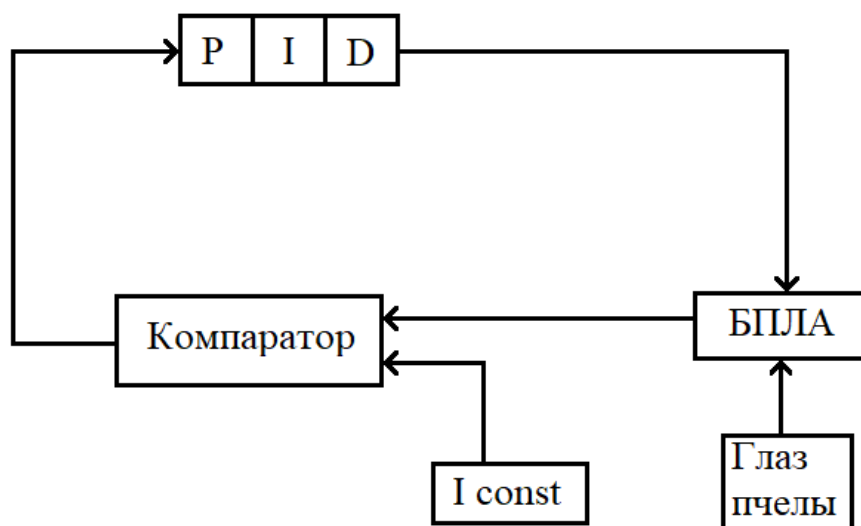


Рисунок 3 – условная схема системы автоматического управления посадкой БПЛА

Она представляет собой замкнутую цепочку обратной связи. Наименованием «Гляз пчелы» обозначена система из камеры и алгоритма, который получает из изображения оптический поток. Полученное на этом модуле значение оптического потока, поступает на компаратор, где сравнивается с целевым. Разница поступает на PID-регулятор (о них будет рассказано подробнее позже), который на основе отклонения, вычисленного на компараторе, и заданных ему при настройке параметров генерирует управляющие сигналы, направленные на сохранение оптического потока постоянным. Далее БПЛА переместится, согласно полученным сигналам, Гляз пчелы произведет расчет в новой точке и отправит данные на следующий круг. Цепочка замыкается. Должна получиться система управления с отрицательной обратной связью. Если неправильно выбрать параметры регуляторов, обратная связь может стать положительной, и система пойдет «в разнос».

На основе данной схемы можно начинать разрабатывать модель системы автоматического управления посадкой БПЛА (далее – просто система). Для данных целей была выбрана среда моделирования Simulink,

ввиду её наглядности и обширных функциональных и аналитических возможностей.

На разработанной в Simulink модели будут изучены свойства системы, подобраны оптимальные параметры. Совокупность модели и её параметров можно считать готовой системой, разработка которой является целью данной работы.

2. Описание модели

2.1. Общая схема

Общая схема разработанной модели представлена на рис. 5. Увеличенное изображение находится в Приложении А.

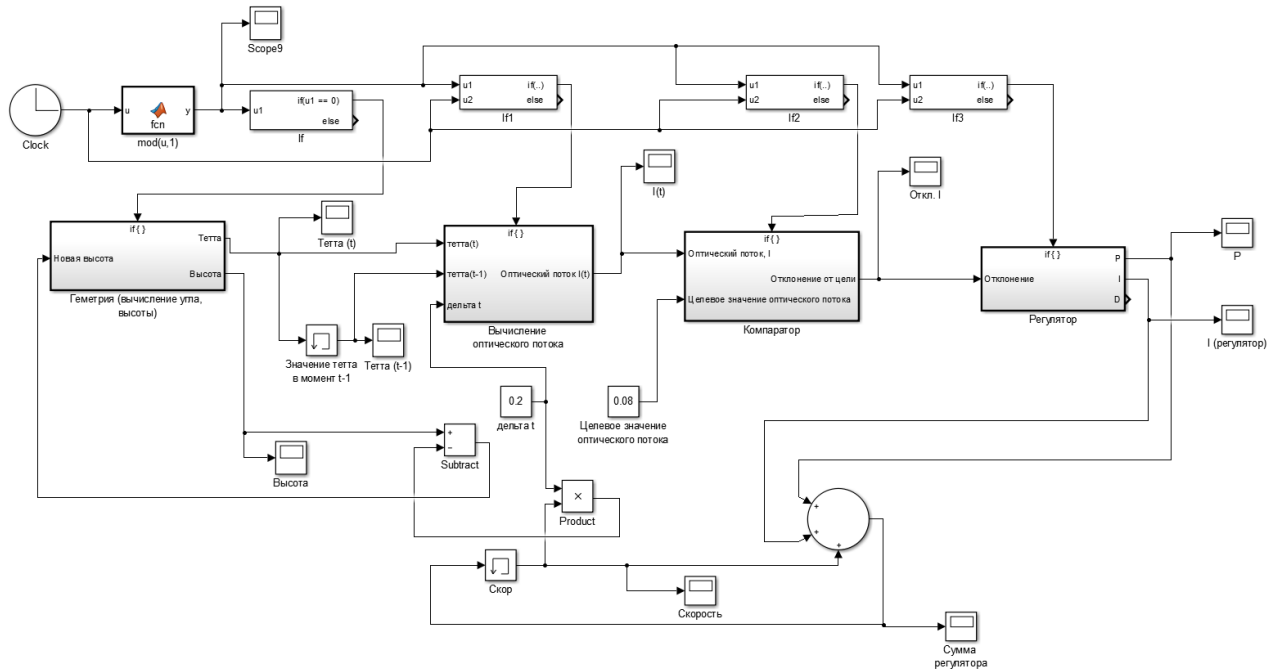


Рисунок 4 – Общая схема модели

Схема состоит из обособленных блоков, каждый из которых выполняет определенную задачу. Чтобы было легче разобраться с устройством системы, следует разобрать каждый блок по отдельности, чтобы затем собрать воедино представление о системе в целом.

2.2. Схема синхронизации

В качестве первого блока следует рассмотреть схему синхронизации, которая находится в самом верху (рис. 5).

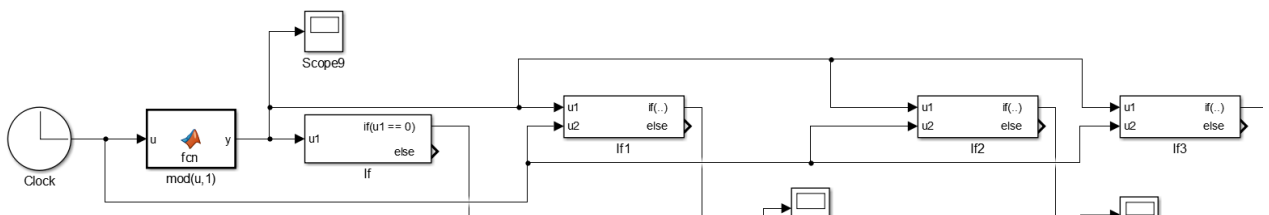


Рисунок 5 – схема синхронизации.

Она представляет из себя обычные условные блоки if, ко входу которых через функцию модуля по единице подключен таймер. Условие для всех блоков одинаковое, вход должен быть равен единице. Таким образом, блоки будут активироваться в каждый целый момент времени (например, 1, 2, 3... или 256) и задействовать функциональные блоки, к которым они подключены. Таким образом мы можем поделить процесс на понятные промежутки времени, своеобразные такты.

Каждый индивидуальный условный блок не отличается от другого, но Simulink не позволяет подключить один условный блок к сразу нескольким функциональным. В следствие этого пришлось создать по условному блоку для каждого функционального.

2.3. Блок геометрии

Далее рассмотрим блок геометрии (рис. 6), который выполняет вычисление высоты и угла обзора Θ . Его внутреннее устройство представлено на рисунке 8.

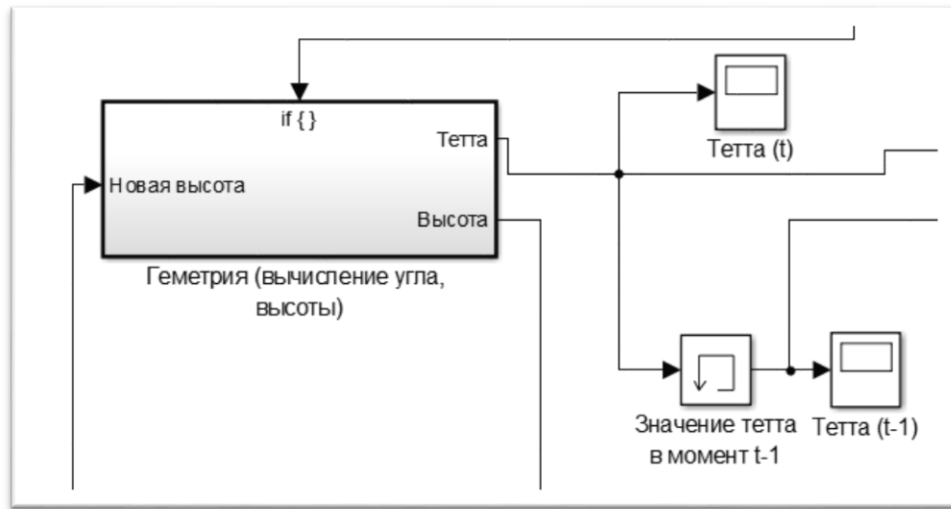


Рисунок 6 – блок геометрии

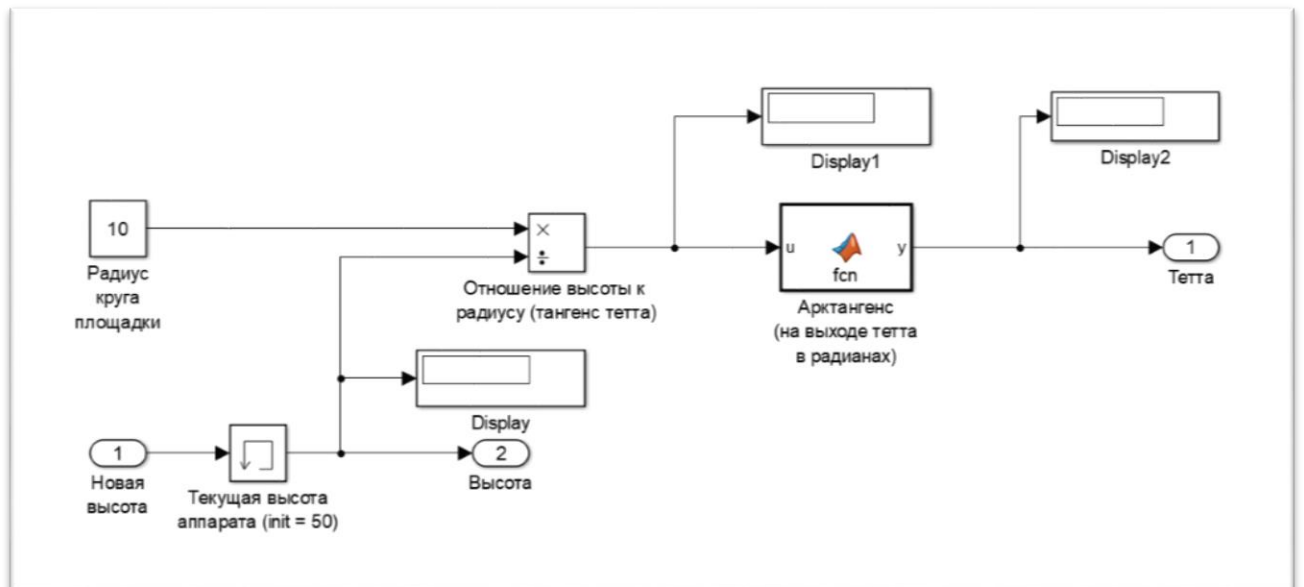


Рисунок 7 – внутреннее устройство блока геометрии

Высота, на которой находится условный летательный аппарат, хранится в блоке памяти. Начальное значение устанавливается вручную, в ходе выполнения программы каждый такт поступает новое вычисленное значение на текущий момент времени.

В виде константной величины установлен радиус круга площадки, посадка на которую рассматривается в данной задаче.

Разделив текущую высоту на радиус круга, получим тангенс угла обзора, а посчитав от этой величины арктангенс – угол обзора Θ в радианах,

который занимает наблюдаемый объект (в данном случае – круг).

За пределами блока дополнительно сохраняется значение Θ за предыдущий момент времени. Это необходимо для вычисления оптического потока.

2.4. Блок вычисления оптического потока

Данные о Θ затем поступают в блок вычисления оптического потока (рис. 8). Также в блок поступает значение Δt , интервал регулирования, отрезок времени, при прохождении которой система будет проводить очередной замер показателей и корректировку полета. Также можно рассматривать как количество времени, которое проходит за 1 такт системы. Δt задается в виде константы и является одним из ключевых показателей системы.

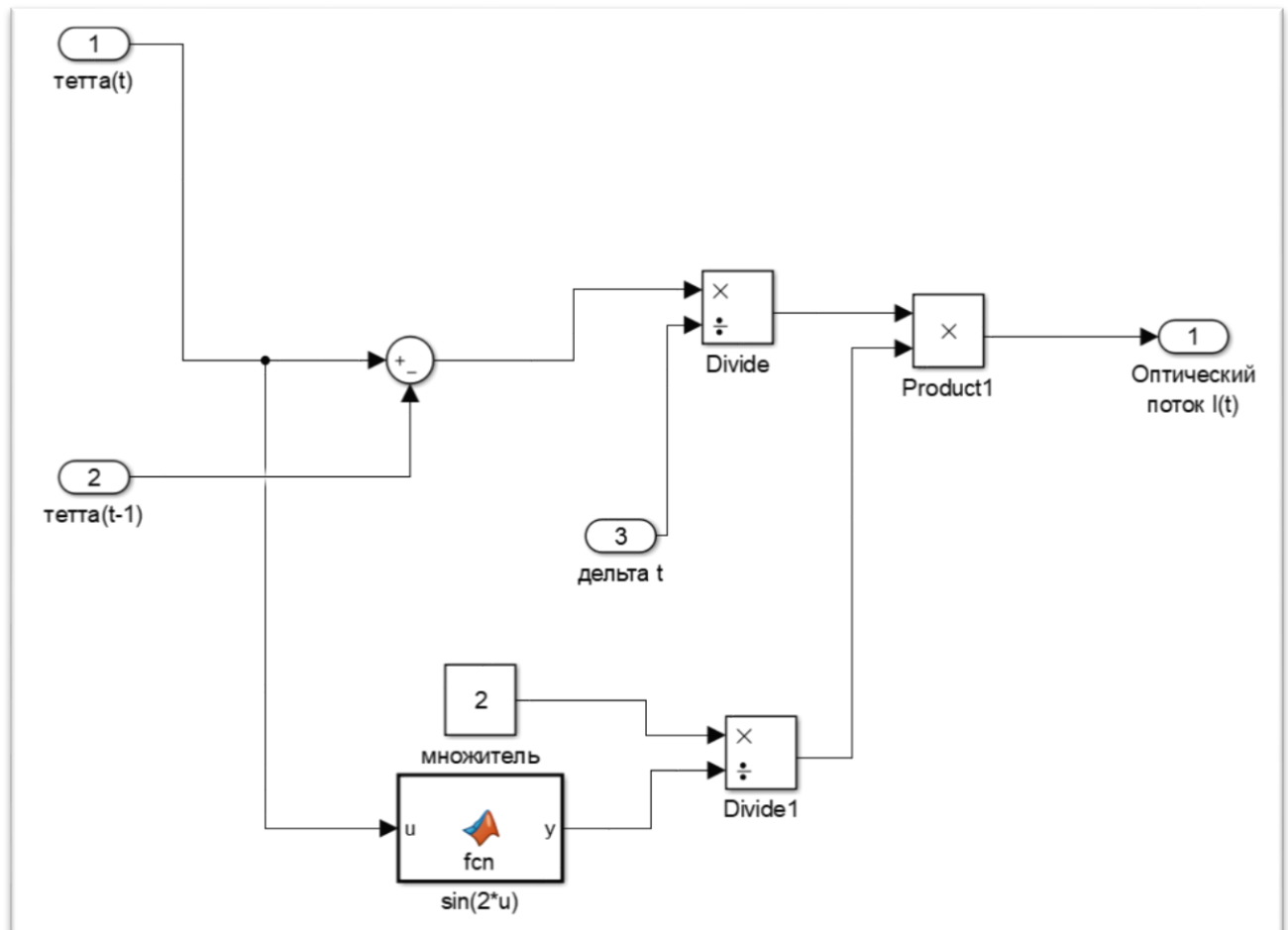


Рисунок 8 – внутреннее устройство блока вычисления оптического потока

В данном блоке не происходит ничего примечательного. Его назначение – производить расчет оптического потока, т.е. реализовывать формулу

$$I = 2 \frac{\theta(t - 1) - \theta(t)}{\Delta t * \sin(2 * \theta(t))}$$

, что он и делает.

1.4 Блок компаратора

Для регулирования работы системы и осуществления планирования посадки задается еще одна константная величина – это целевое значение оптического потока. Стратегия посадки основана на том, что система пытается установить значение оптического потока на уровне целевого и поддерживает его на этом уровне на протяжении всей посадки. Гипотетически, это должно обеспечивать мягкую посадку.

Для исполнения этого требования в системе реализован блок компаратора (рис. 9), который сравнивает текущее значение оптического потока с целевым и дает на выходе разность этих величин.



Рисунок 9 – Блок компаратора

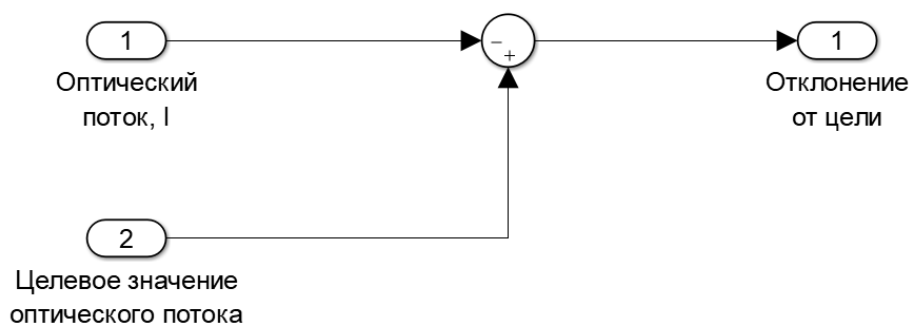


Рисунок 10 – внутреннее устройство компаратора

1.5 PID-регуляторы

Для автоматического управления посадкой, в частности для сохранения оптического потока на заданном уровне, в системе используется PID-регулятор.

Он собирает данные о состоянии системы (в данном случае – отклонение реальных значений оптического потока от целевого), и на их основе генерирует коэффициенты, которые потом используются для определения дальнейшего плана полета.

Название такой тип регуляторов получил от названия коэффициентов, которые задаются для него для определения плана управления.

P – пропорциональный коэффициент. Для получения пропорциональной части сигнала регулирования, отклонение просто умножается на данный коэффициент. Потому коэффициент и называется пропорциональным – сила регулирующего сигнала прямо пропорциональна отклонению.

Пропорциональный коэффициент вызывает воздействие, обратное отклонению. Если система отстает от целевого значения контрольного показателя на 10 пунктов, пропорциональный регулятор будет пытаться создать воздействие, которое сократит разрыв. Причем это воздействие будет в 10 раз слабее, если разрыв составляет 1 пункт.

Может показаться, что пропорционального регулирования может быть

вполне достаточно для автоматического контроля, ведь если регулятор будет постоянно стремиться сократить разрыв, то рано или поздно желаемое значение показателя будет достигнуто. Но при использовании сугубо пропорционального регулирования возникают проблемы, которые можно решить с внедрением дополнительных регуляторов.

Главной такой проблемой является возникновение так называемой «перерегулировки». Стремясь установить требуемое значение целевого показателя, система будет прилагать усилия, направленные на изменение этого показателя в определенном направлении. Например, если системе требуется установить показатель в значение 4, но текущее значение равно 2, система будет стремиться увеличить это значение. Но когда необходимое значение будет достигнуто, показатель продолжит изменение в заданном направлении, так как никто не погасил созданный импульс. Т.е. когда скорость достигнет 4, она продолжит увеличиваться, и придется производить регулировку в обратную сторону.

С целью погашения этого импульса и вводится дифференциальный регулятор.

D – дифференциальный. Данный регулятор учитывает скорость изменения отклонения (производную, откуда и название), и в зависимости от нее и заданного коэффициента оказывает действие, обратное пропорциональному, чтобы в результате регулирования показатель остался на желаемом уровне, и не перевалил на другую сторону. Получается, что чем быстрее система приближается к желаемому значению, тем сильнее дифференциальный регулятор тормозит дальнейшие изменения.

I – интегральный. На коэффициент умножается сумма отклонений за некоторое количество показаний за предыдущие периоды. Количество учитываемых периодов может регулироваться пользователем, можно установить, например, 5 или 10.

Интегральный регулятор выполняет функцию корректировки

систематических ошибок. Допустим, если аппарат по каким-то причинам стал тяжелее, чем изначально (например, ввиду загрязнения), то пропорциональный регулятор не создаст необходимое воздействие, чтобы это компенсировать. В следствие этого на протяжении нескольких тактов эта ошибка будет накапливаться и усиливать интегральное регулирование, которое в итоге восстановит баланс.

1.6. Блок PID-регулятора в системе

На основании полученного на компараторе отклонения, система должна генерировать управляющие сигналы, которые обеспечат сохранение оптического потока на установленном уровне. Для этого в системе используется PID-регулятор (рис. 11–12).

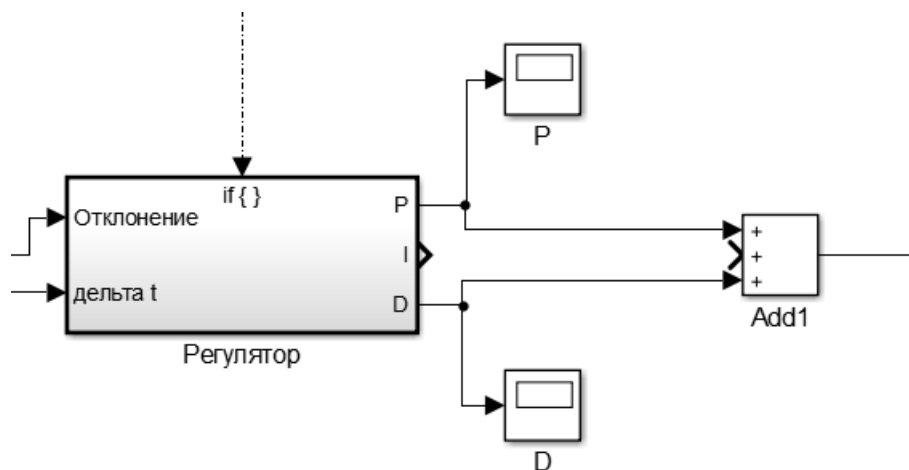


Рисунок 11 – блок PID-регулятора

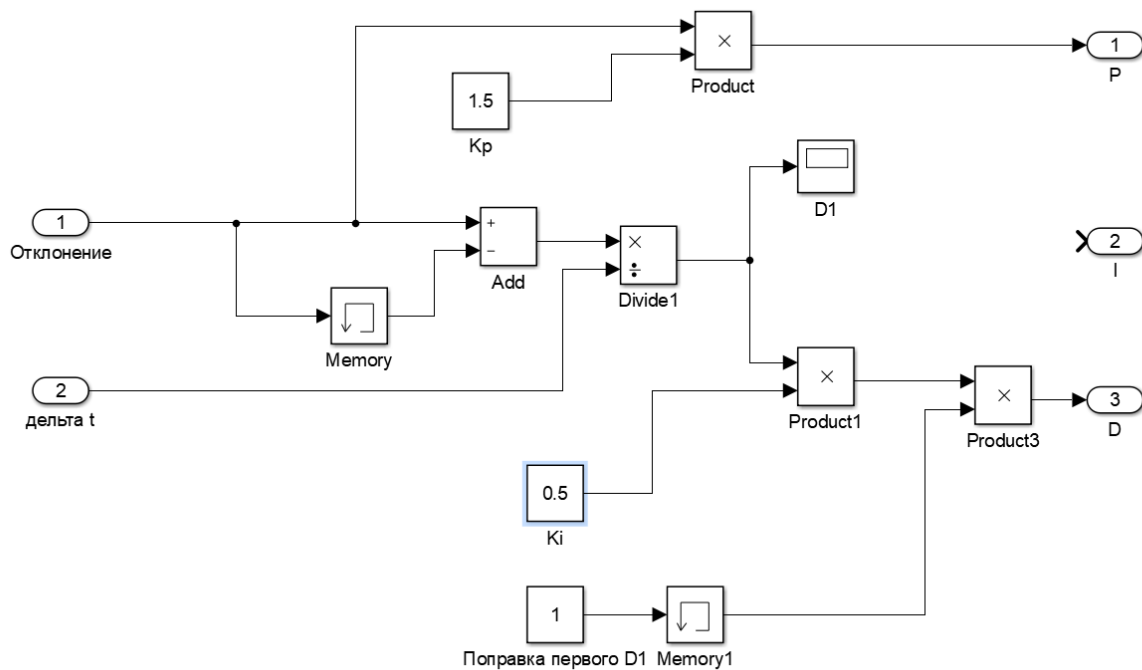


Рисунок 12 – внутреннее устройство блока PID-регулятора

В данной системе не используется интегральное регулирование, т.к. систематические ошибки в поставленной задаче исключены.

Пропорциональная часть регулирования высчитывается простым умножением отклонения на коэффициент.

Дифференциальная – путем нахождения разности между величиной отклонения на текущем периоде по отношению к предыдущему и деления этой разности на время, за которое произошло изменение (длительность одного такта). Этот результат уже умножается на коэффициент.

Сумма этих регулировок в системе принимается за цель по ускорению летательного аппарата.

1.7. Расчет скорости и высоты

Система сама функционирует только на поддержании постоянным оптического потока. Но для исследования нам все-таки необходимо знать расстояние до объекта и скорость снижения. Для этого в модель добавлены соответствующие блоки.

Цель всей системы – обеспечивая контроль над скоростью снижения,

добиться максимально быстрой посадки, сохраняя безопасность для летательного аппарата и его окружения (это является выбранным нами критерием оптимальности). Для этого, когда аппарат находится далеко от земли, скорость должна быть высокой, снижаться с приближением к месту посадки, и быть на допустимом низком уровне в момент соприкосновения.

Блок контроля скорости, используемый в системе изображен на рисунке 13.

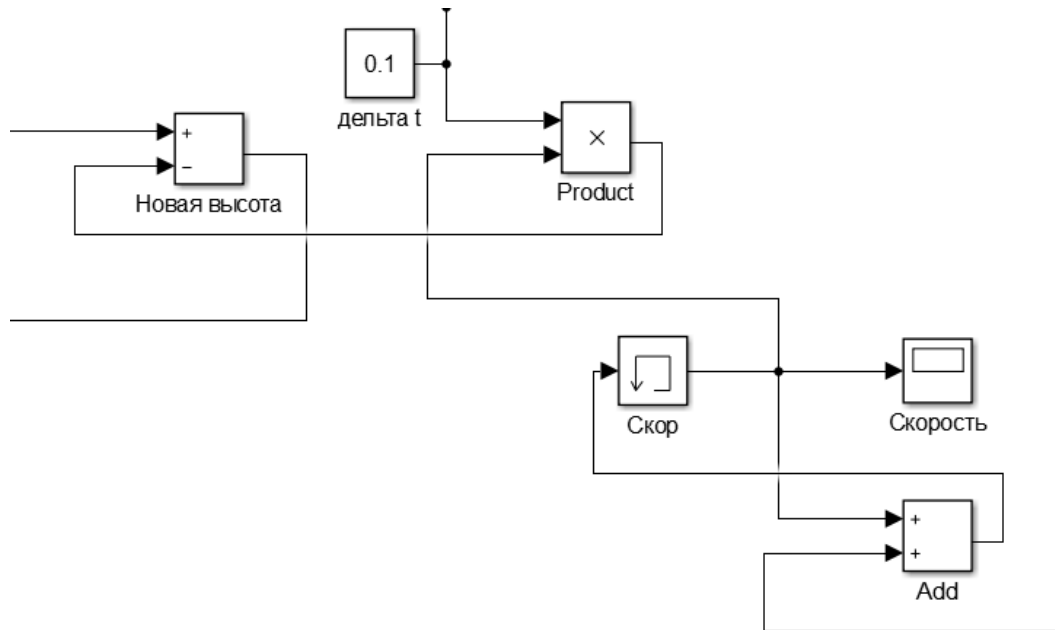


Рисунок 13 – блок расчета скорости снижения

В данном блоке сумма регуляторов складывается с текущим значением скорости, давая новую скорость для текущего периода, затем умножается на интервал регулирования, чтобы получить пройденное на текущем периоде расстояние, которое затем вычитается из текущей высоты. Новое значение высоты затем поступает на блок геометрии, замыкая цепочку обратной связи.

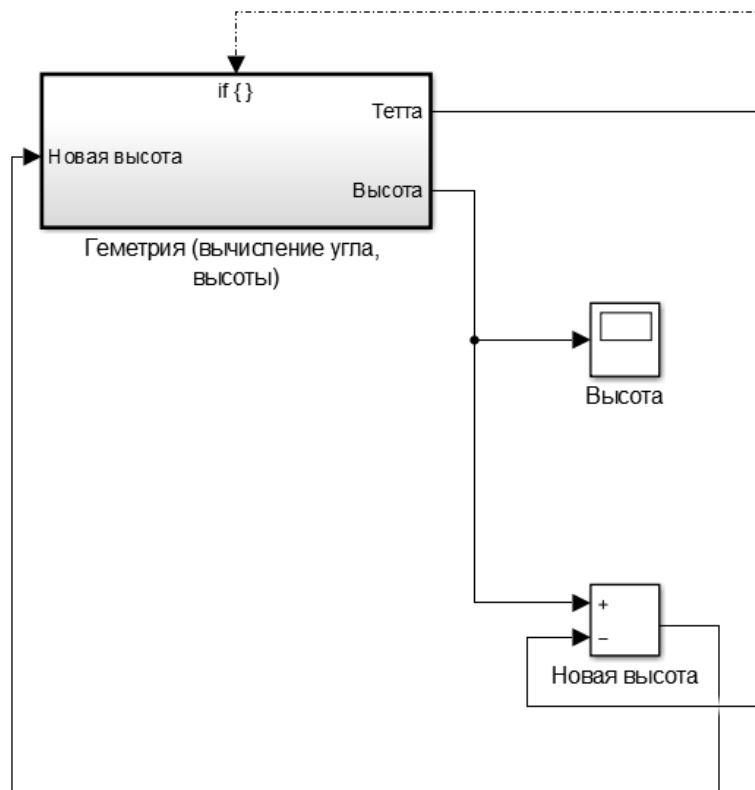


Рисунок 14 – замыкание цепочки

Вывод

Таким образом созданная система воссоздает итеративный процесс снижения с автоматической оценкой ситуации и регулированием. Есть возможность изменить входные параметры и настройки системы, последовательно пронаблюдать за изменением всех характеристик и сделать выводы о данном методе посадки.

3. Исследование параметров системы

Одной из главных задач данной работы является исследование работы системы при разных параметрах. Модель в среде Simulink была разработана как раз с этой целью. В данном разделе приведено описание исследуемых параметров, их влияние на систему и результаты их исследования.

3.1. Входные параметры регулировки

Для начала определимся, какие параметры контролируют поведение системы. Это следующий перечень:

- целевое значение оптического потока
- коэффициенты P, I, D регулятора
- интервал регулирования или Δt

Эти параметры определяют то, какую посадку будет обеспечивать система.

Целевое значение оптического потока наиболее прямо влияет на скорость посадки. Так как оптический поток в рамках данной модели соответствует отношению скорости к высоте, то чем выше поддерживаемое значение оптического потока, тем выше и скорость снижения. Данный параметр будет являться главенствующим в системе.

Коэффициенты регулятора определяют, как система будет поддерживать оптический поток на желаемом уровне. Интегральное регулирование, коэффициент I в данной работе не учитывается, так как в моделируемой среде исключены дефекты аппарата и датчиков.

Коэффициент P определяет, с какой силой система стремится восстановить целевой уровень оптического потока. Чем он больше, тем сильнее система реагирует на разрыв действительных показаний с целевыми.

Может показаться, что разумным решением станет установить максимально возможное значение данного коэффициента, что на первый взгляд должно обеспечить самое точное соответствие целевого и действительных показаний. Но из-за невозможности двигателей аппарата

обеспечить бесконечное ускорение в выбранном направлении, а также прерывистой природы реактивного регулирования, слишком сильное стремление сократить разрыв вместо установления соответствия может увести контролируемый показатель по ту сторону от целевого. Если при незначительном отставании по скорости требовать от аппарата максимального ускорения, за интервал регулирования он может развить скорость выше положенной и теперь от него уже будет требоваться стремительное замедление. Поэтому нужно подобрать адекватное значение этого коэффициента, подобрав баланс между точности следования плану и рисками перерегулирования.

Коэффициент D учитывает скорость сокращения разрыва и противодействует P . Чем быстрее сокращается разрыв, тем сильнее дифференциальный регулятор стремится его замедлить во избежание перерегулирования.

Интервал регулирования определяет то, через какие промежутки времени производится замер оптического потока и регулировка. Логично, что чем он меньше, тем точнее следование курсу, но тем больше затраты вычислительных мощностей. Поэтому нужно подобрать данный параметр максимально большим, при этом сохраняя требуемую точность.

Задача исследования – проследить, как изменения этих параметров повлияют на сценарий посадки в целом.

3.2 Исходные условия

В данной работе рассматривается задача посадки летательного аппарата на круглую площадку, ориентируясь на которую, система будет вычислять оптический поток.

В качестве исходных условий можно задавать и изменять:

- высоту, на которой изначально находится летательный аппарат
- радиус окружности площадки
- начальную скорость

Начальную скорость примем во всех опытах нулевой – аппарат только начинает совершать посадку.

Радиус окружности площадки в целом не влияет на сценарий посадки, как будет показано далее, т.к. отношение углов будет сохраняться. Но при использовании в реальных условиях необходимо предусмотреть, чтобы круг не занимал все пространство обзора на протяжении большей части посадки.

Начальная высота при этом сильно влияет на требования к системе. Чтобы быстро преодолеть большое расстояние, аппарату будет необходимо сильнее разогнаться, а затем быстро погасить эту скорость, что предъявляет высокие требования к мощностям двигателей.

3.3 Исследование входных параметров

В данном разделе рассмотрим влияние изменения входных параметров системы, перечисленных в разделе 4.1.

Для данного исследования выберем следующие условия среды:

- начальная высота = 20 метров
- радиус круга = 2 метра

Для начала установим следующие параметры системы:

- целевой оптический поток = 0.1
- коэффициент $P = 1$
- коэффициент $D = 0$
- $\Delta t = 0.1$

В таких условиях, проведя симуляцию получим такую картину:

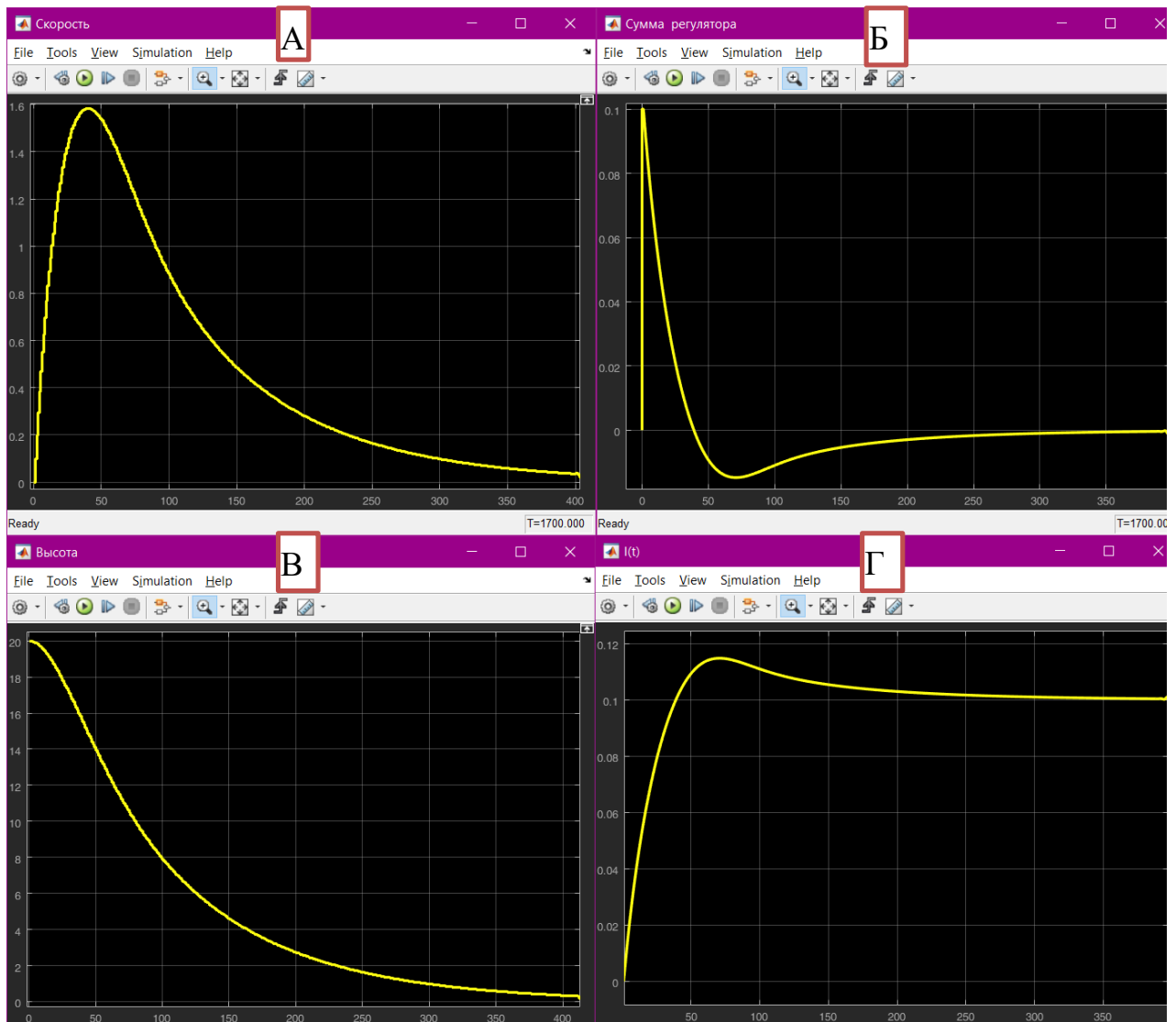


Рисунок 15 – графики характеристик, опыт 1 (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

На рисунке 16 можно наблюдать основные характеристики работы системы. В данном и последующих графиках на осях ординат располагается количество пройденных периодов моделирования, другими словами время.

Характеристика «сумма регулятора» в данном случае играет роль ускорения. За положительное направление скорости и ускорения принято направление в сторону земли.

Как можно наблюдать, результат вполне успешный. Высота плавно уменьшалась, а соприкосновение с землей произошло на близкой к нулевой скорости. На оси X отображено количество прошедших периодов.

Соприкосновение произошло на отметке примерно 420 пунктов, что при длительности периода в 0.1 секунду говорит о том, что посадка завершилась за 42 секунды.

На графике ускорения видно, что в начале процедуры аппарат стремительно набирал скорость, после чего вскоре начал замедляться, чтобы успеть погасить скорость до соприкосновения.

Примечателен в данном случае график изменения оптического потока, $I(t)$. Можно заметить, что, начиная в нуле, оптический поток в начале стремительно растет, даже переваливая за нужную отметку и выходя на уровень 0.11, о чем раньше и упоминалось, как о перерегулировании. Затем потенциальный регулятор восстанавливает и этот разрыв и теперь уже устанавливается требуемое значение на всю оставшуюся посадку.

3.4 Исследование влияния целевого I

Попробуем увеличить целевое значение оптического потока в надежде ускорить посадку. Поднимем его до 0.25.

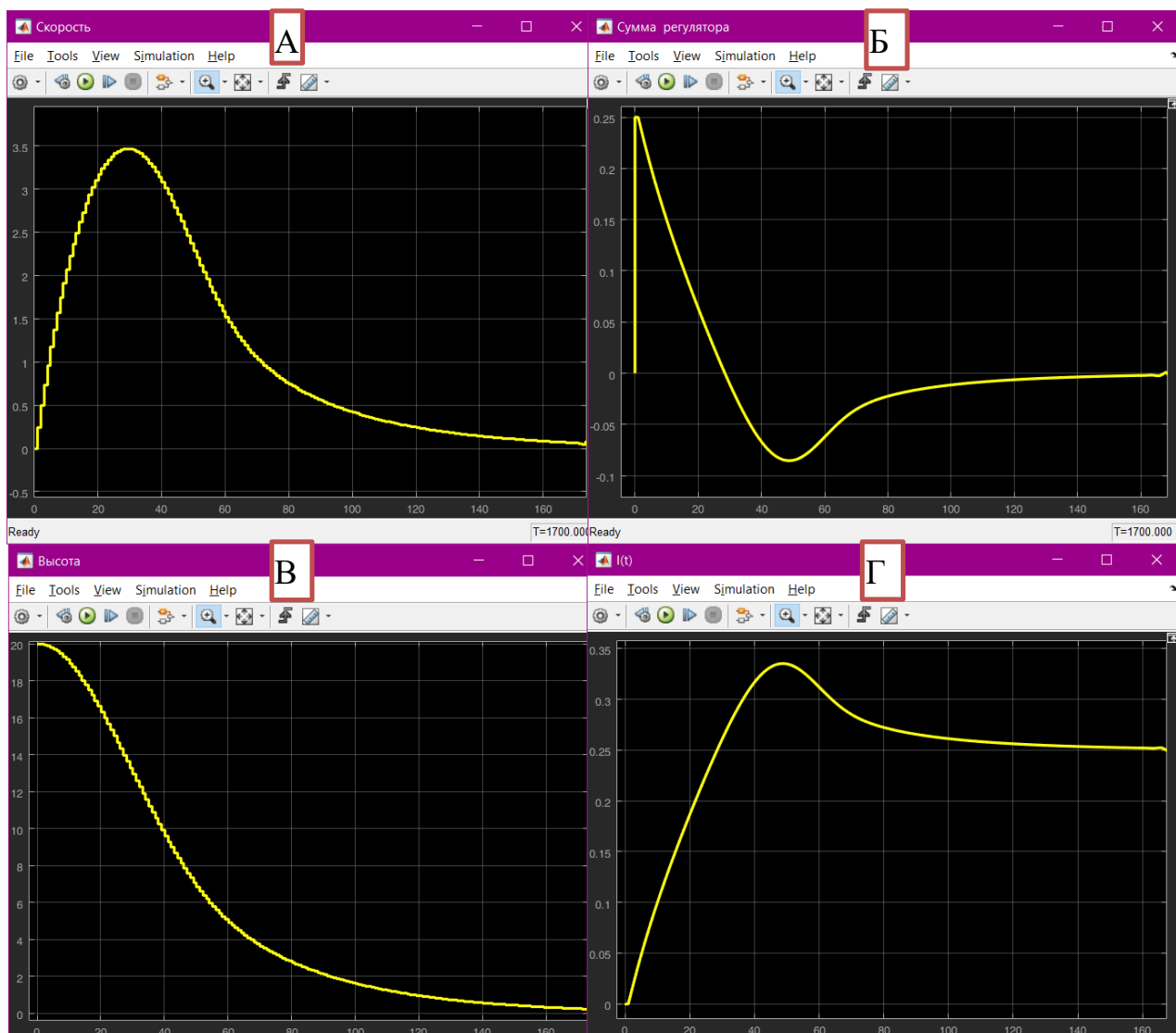


Рисунок 16 – основные характеристики системы при $I = 0.25$ (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

В этот раз посадка заняла всего 17 секунд.

Графики в основном выглядят похожим образом. Можно заметить, что перерегулирование оптического потока в этот раз более заметно, что, впрочем, не сильно сказывается на посадке в целом.

Так же следует обратить внимание на ускорение. При замедлении отрицательное ускорение, т.е. замедление падения, почти достигло 1 м/с. Хотя в ускорении вниз весьма помогает притяжение земли, потенциал к ускорению вверх весьма ограничен. Надежную информацию о потенциале нынешних дронов к такому ускорению тяжело найти, поэтому условимся составляет 1-2

м/с. Таким образом, мы приближаемся к границам аппаратных возможностей. Тем не менее, попробуем еще больше увеличить оптический поток. В этот раз до 0.4.

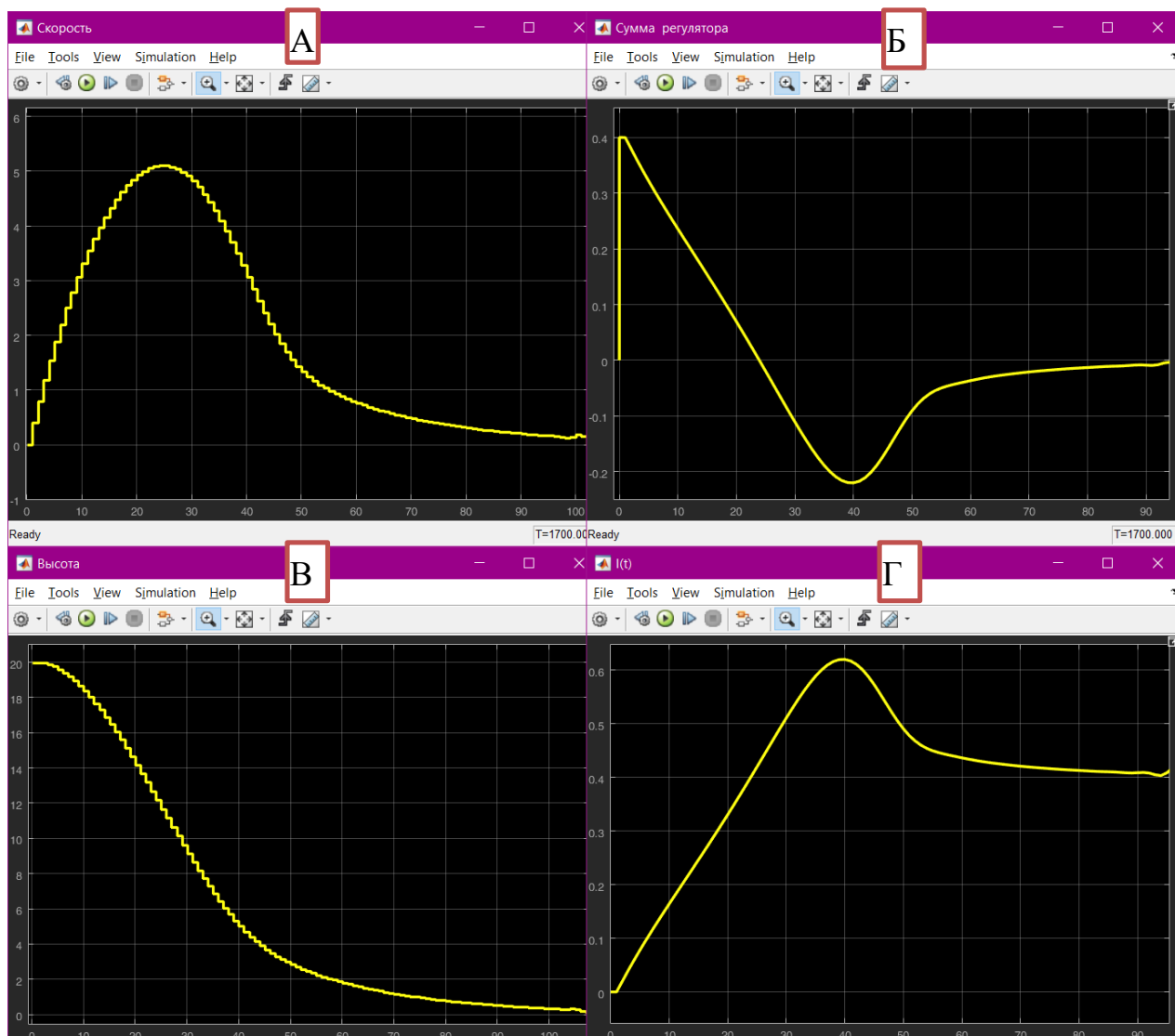


Рисунок 17 – основные характеристики системы при $I = 0.4$ (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

В этот раз ускорение превысило 2 м/с. Вероятно, что существующие на сегодняшний день дроны не могут обеспечить такой мощности, поэтому остановимся на целевом значении оптического потока в 0.25.

3.5 Исследование влияния Р

Теперь поэкспериментируем с коэффициентами регулятора. Установим Р в 5.

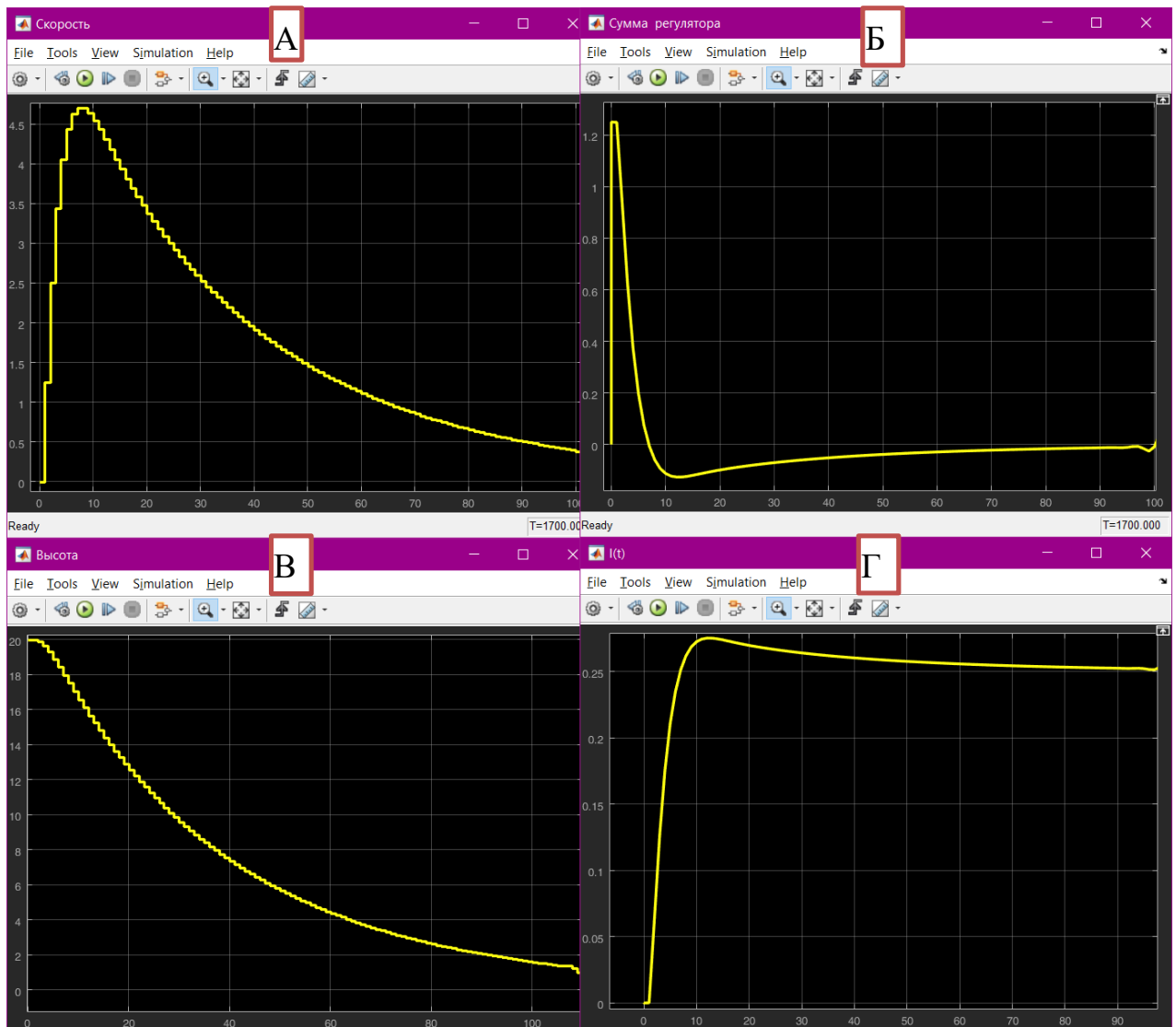


Рисунок 18 – характеристики системы при $P = 5$ (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

Оптический поток гораздо более стремительно поднялся до нужного уровня, причем даже не так сильно перевалил за него, т.к. стабилизирующая сила была усилена.

Максимум и минимум на графике ускорения проявляются раньше, чем в других опытах, т.к. система обеспечивает более настойчивое регулирование и сильнее подталкивает показатели к плану.

Ввиду того, что быстро была набрана значительная скорость посадка прошла быстрее, в этот раз за 12 секунд.

Посмотрим, как себя проявит дальнейшее усиление обратной связи.

Установим P в 15.

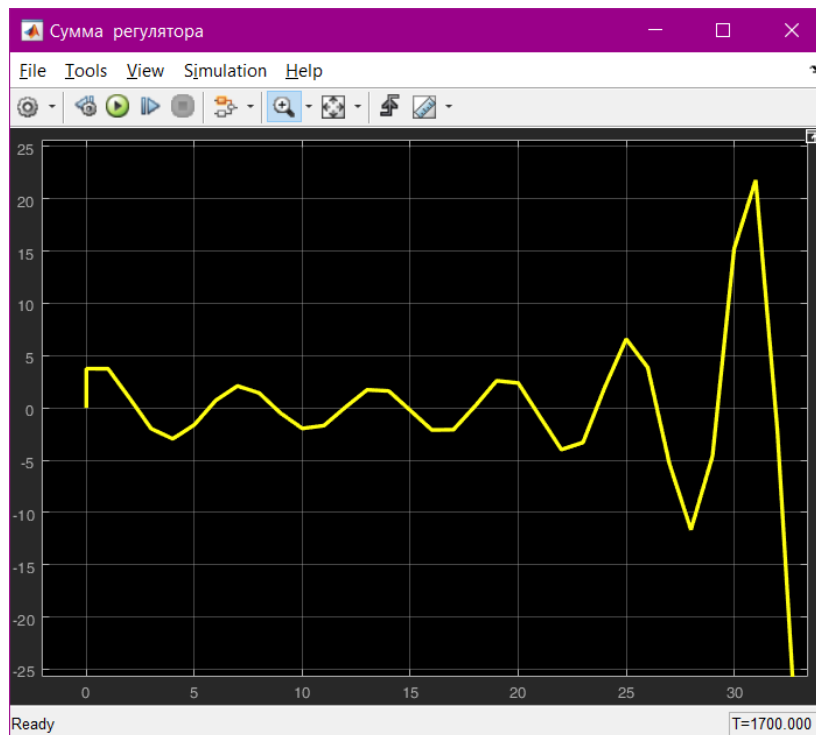


Рисунок 19 – график изменения оптического потока, $P = 15$

В этот раз достаточно взглянуть всего на один график. Слишком сильное регулирование каждый раз перебрасывает оптический поток за черту. Возникают колебания. На остальных графиках, очевидно, тоже хаос. Остановимся на $P = 5$.

3.6 Исследование влияния D

Проведем несколько экспериментов, меняя значение коэффициента D . Ожидается, что его увеличение должно сгладить график наблюдаемого оптического потока, в следствие чего целевое значение будет дольше устанавливаться, но при этом слабее перевалит на другую сторону.

Установим $D = 0.3$. Результат следующий:

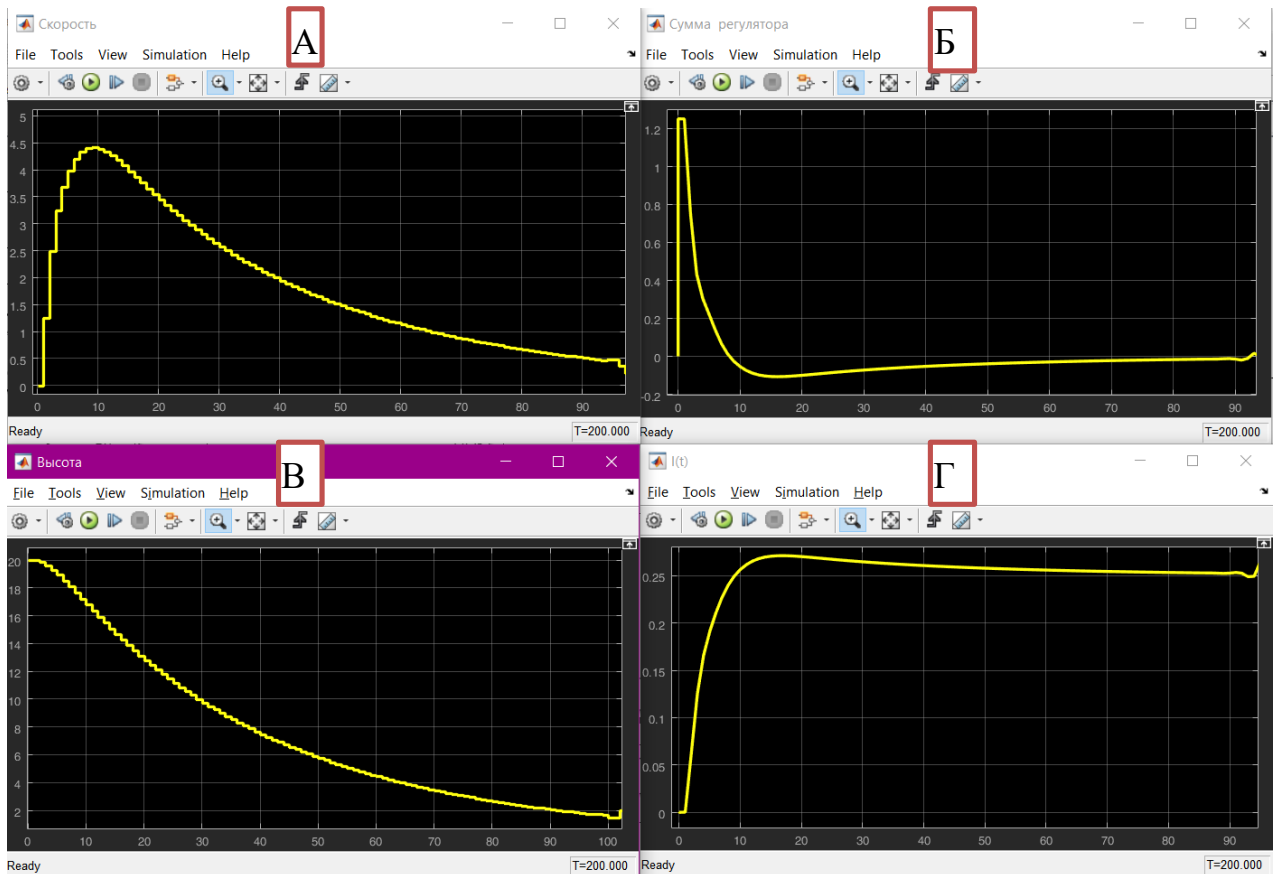


Рисунок 20 – характеристики системы при $D = 0.3$ (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

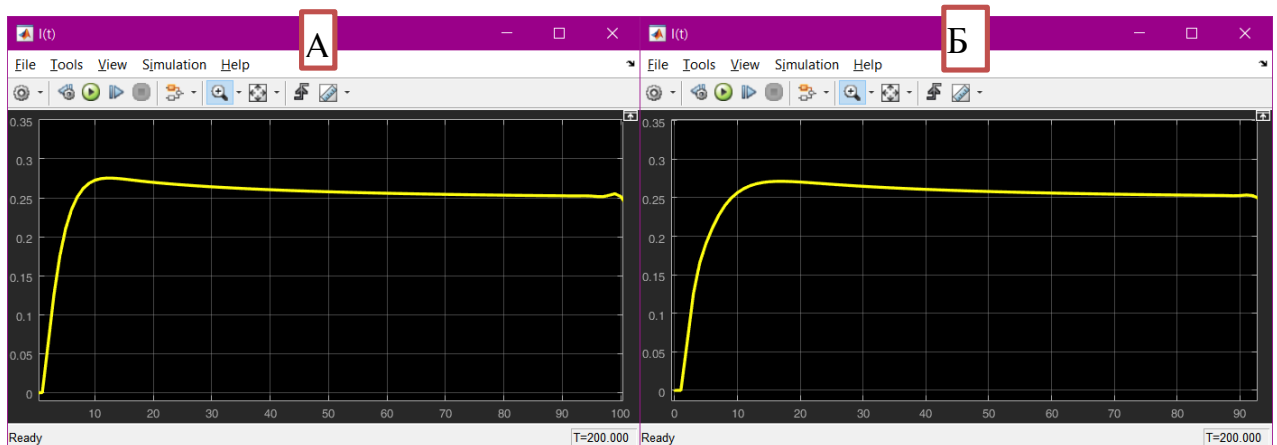


Рисунок 21 – график опт. потока (слева $D = 0$, справа $D = 0.3$)

Разница едва заметна, но при сравнении графиков оптических потоков видно, что при использовании дифференциального регулирования изменения более плавные.

Попробуем увеличить D вплоть до 1.

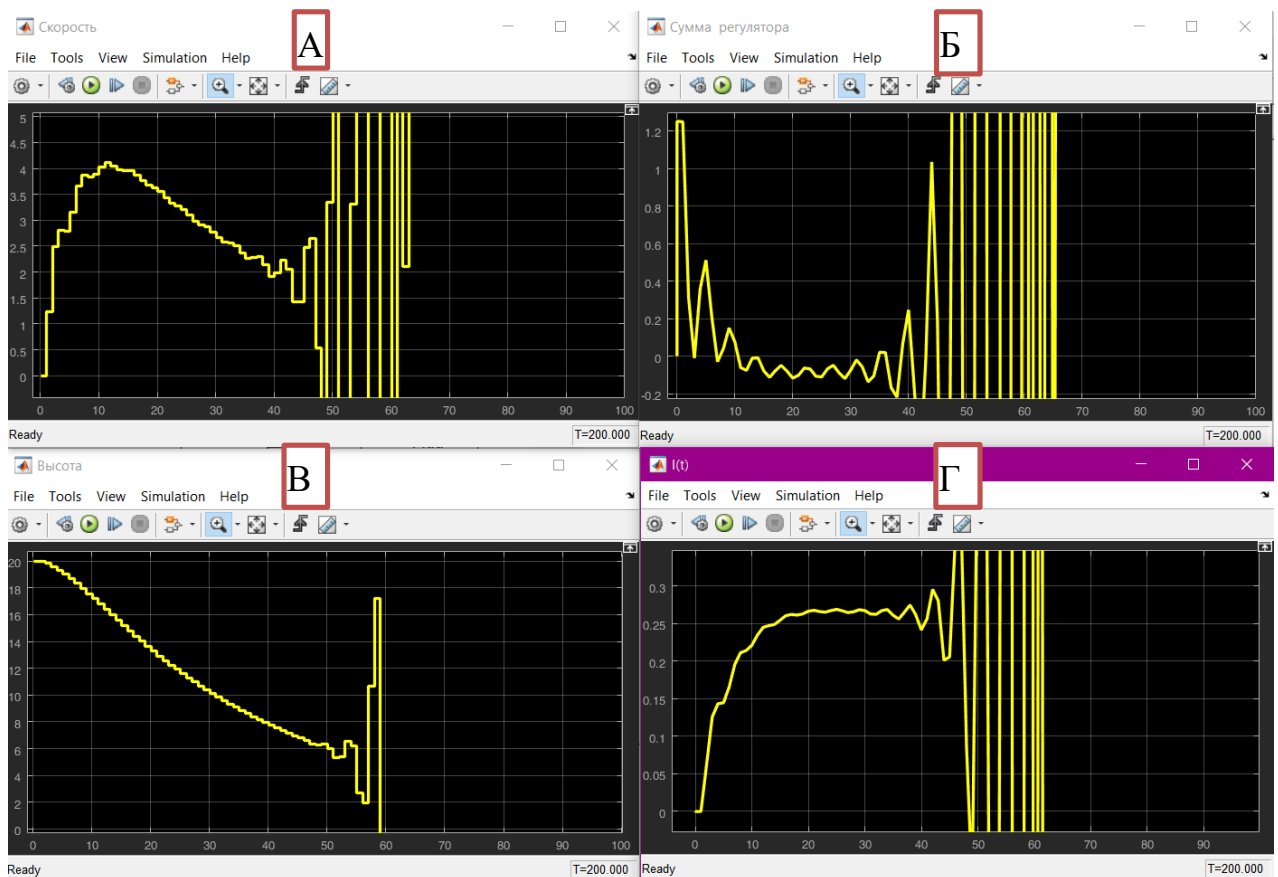


Рисунок 22 – характеристики системы при $D = 1$ (А – скорость, Б – ускорение, В – высота, Г – оптический поток)

При таких параметрах система быстро дестабилизируется из-за непропорционально сильного регулирования, не достигая своей цели – осуществить посадку. Оставляем $D = 0.3$.

3.7 Перечень результатов исследований

В предыдущих главах были приведены только предельные значения параметров для рассмотрения последствий их занижения и завышения. Ниже приведены таблицы результатов запусков с разными параметрами, с помощью которых можно нагляднее отследить зависимости между параметрами системы и результатами работы.

Таблица 1 – Результаты запусков. Время посадки, секунды

P \ D	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
-------	---	-----	-----	-----	-----	-----

1	17.4	16.8	16.1	15.8	15.6	15.4
1.5	16.3	16	15.8	15.5	15.2	15
2	15.2	15	14.8	14.7	14.5	14.4
2.5	14.2	14	13.9	13.8	13.8	13.7
3	13.3	13.2	13.2	13.2	13.3	13.3
3.5	12.5	12.4	12.4	12.5	12.5	12.6
4	12.1	12.1	12.1	12.1	12.2	12.2
4.5	11.9	11.8	11.8	11.9	11.9	11.9
5	11.8	11.8	11.8	11.8	11.9	11.9

Таблица 2 – Результаты запусков. Пиковое требуемое замедление, м/с

P \ D	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
1	0.85	0.79	0.73	0.68	0.65	0.62
1.5	0.92	0.87	0.82	0.78	0.74	0.72
2	1	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78
2.5	1.05	0.97	0.94	0.9	0.86	0.84
3	1.08	1.03	0.97	0.94	0.91	0.88
3.5	1.12	1.07	1.02	0.97	0.94	0.92
4	1.17	1.1	1.05	1.01	0.97	0.95
4.5	1.2	1.14	1.09	1.06	1.01	0.98
5	1.27	1.18	1.11	1.08	1.03	1

Таблица 3 – Результаты запусков. Пик оптического потока, без разм.

P \ D	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
1	0.335	0.328	0.321	0.319	0.316	0.315

1.5	0.312	0.308	0.302	0.3	0.299	0.297
2	0.3	0.298	0.296	0.291	0.289	0.286
2.5	0.291	0.289	0.289	0.283	0.282	0.281
3	0.284	0.282	0.281	0.28	0.28	0.279
3.5	0.281	0.28	0.279	0.279	0.278	0.277
4	0.279	0.278	0.277	0.277	0.276	0.275
4.5	0.278	0.277	0.277	0.277	0.276	0.275
5	0.278	0.278	0.277	0.276	0.275	0.274

Таблица 4 – Зависимость времени посадки от целевого I

Целевое I	Время посадки, с	Пиковое требуемое замедление, м/с
0.1	26.2	0.2
0.15	17.8	0.4
0.2	14.9	0.68
0.25	11.8	1.08
0.3	9.3	1.58
0.35	8.1	2.08
0.4	7.6	2.71

3.8 Выводы из исследований и оптимальные параметры

В ходе исследований были проанализированы зависимости результатов работы системы от входных параметров.

Повышение значения оптического потока ускоряет процесс посадки, но требует более стремительного ускорения в начале посадки и замедления в процессе. Завышение этого параметра приведет к тому, что для безопасной посадки потребуются мощности двигателей, превышающие возможности современных БПЛА. Принимая, что максимальное вертикальное ускорение

вверх, которое могут обеспечить нынешние мультикоптеры, равно 1.5 м/с, получаем, что оптимальное значение целевого оптического потока равно 0.25.

Повышение коэффициента пропорционального регулирования увеличивает силу, с которой система стремится установить желаемое значение оптического потока, из-за чего аппарат быстро разгоняется на старте. Чрезмерное завышение данного параметра дестабилизирует систему. В ходе опытов установлено, что оптимальным значением является $P = 5$.

Коэффициент дифференциального регулятора противодействует пропорциональному. Чем быстрее сокращается разрыв между требуемым и действительным значением контролируемого параметра, тем сильнее он стремится замедлить это сокращение. Это необходимо для сглаживания эффектов перерегулировок пропорционального регулятора, хоть и замедляет немного посадку. Завышение дестабилизирует систему. Оптимальное значение $D = 0.3$.

Таким образом, экспериментально определены оптимальные параметры системы:

- оптический поток 0.25
- коэффициент $P = 5$
- коэффициент $D = 0.3$

Стоит уточнить, что оптимальными мы считаем параметры, при которых система продолжает сохранять свое основное свойство – обеспечение мягкой посадки летательного аппарата, при этом время, затраченное на посадку, минимально. При попытке дальнейшего ускорения посадки основное свойство будет потеряно. Усиление регулировки начинает мешать схождению оптического потока к желаемому значению, а увеличение целевого значения требует от аппарата мощностей, которыми современные модели не располагают

4 Ограничения метода

4.1 Отсутствие контроля над сценарием посадки

Если задуматься, то можно заметить, что сценарий посадки, осуществляемый данной системой, не является оптимальным. На графике изменения скорости можно заметить, что скорость заметно снижается задолго до момента соприкосновения и сохраняется на низком уровне значительное время полета. Разумнее было бы снижать скорость постепенно, дольше сохраняя ее высокой, при этом сохраняя безопасный темп замедления.

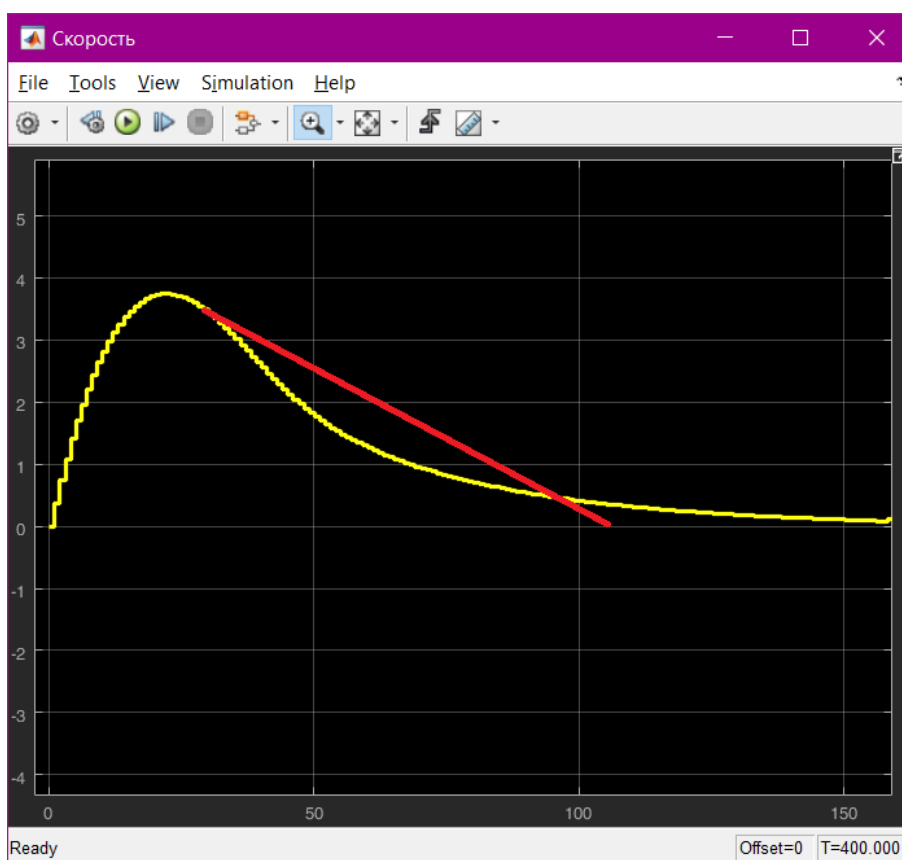


Рисунок 23 – более оптимизированная схема изменения скорости (красная линия показывает желаемый сценарий)

Таким образом можно было бы завершить посадку быстрее, сохраняя высокую скорость, выполнив более плавное замедление.

Однако подобное недостижимо при использовании предложенного Сринивасаном метода. По крайней мере в текущей его версии.

В этом заключается главное ограничение данного метода. Сценарий посадки полностью завязан на измерении оптического потока и поддержании его на постоянном уровне. Возможность контролировать скорость напрямую не предусмотрена. Изменяя параметры системы, мы можем повлиять на высоту и протяженность кривых, но не можем изменить само течение сценария, повлиять на формы кривых скорости и высоты.

Для решения этой проблемы предполагается усложнение закона управления. Возможные варианты: учет большего количества предшествующих показаний при расчете нового; внедрение дополнительных инструментов анализа ситуации с упором на учет возникающих событий и отклонений от предполагаемого сценария.

Возможна интеграция с другими бортовыми средствами измерения летной ситуации. К примеру, при наличии точного средства измерения высоты или вертикальной скорости, с помощью средств измерения оптического потока можно получить более полную картину ситуации и обеспечить более информированную и надежную посадку.

4.2 Сильное влияние ошибок измерения

В предложенном механизме используется обратная связь, что означает, что расчет сведений, необходимых для координации посадки в каждый момент времени производится с опорой на сведения, полученные в предыдущие периоды. Так, если в один момент времени произойдет серьезная ошибка в замерах, она может значительно повлиять и на последующие замеры, что может быстро дестабилизировать систему.

Для решения этой проблемы необходимо будет разработать систему фильтрации сведений и план действий на случай появления ошибки.

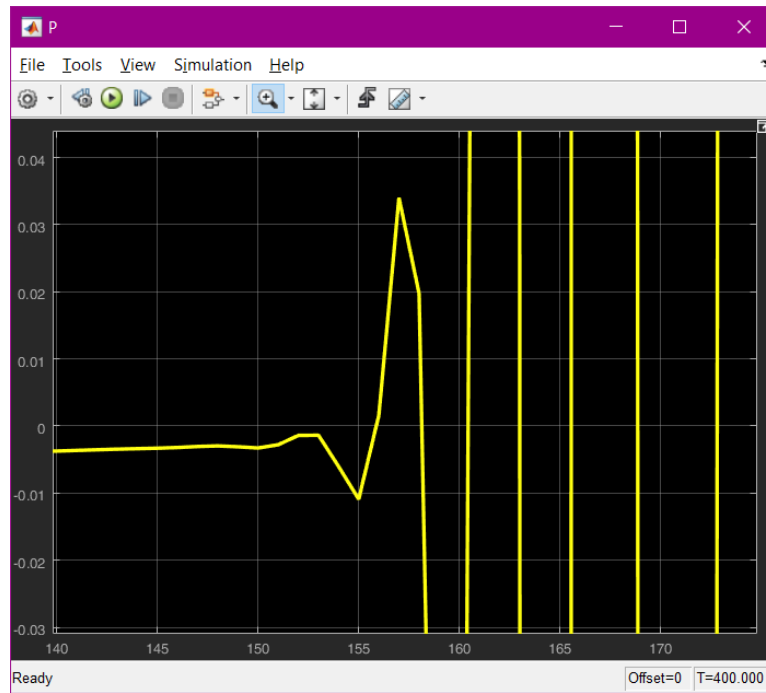


Рисунок 24 – значение регулирующего сигнала Р при появлении ошибки

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Организация и планирование работ

5.1.1 Составление плана

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. В качестве наглядного результата выступает линейный график реализации проекта. Данные для построения графика приведены в таблице 1.

Таблица 5. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение задания (ТЗ)	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Составление условной схемы модели	НР, И	НР – 100% И – 60%
Работа по разработке модели	И	И – 100%
Изучение параметров исследуемого процесса при помощи модели	И	И – 100%
Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И	НР – 100% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

5.1.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется экспертным способом опытно-статистического метода.

Для определения вероятных значений продолжительности работ $t_{ож}$

применяется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (1)$$

где:

- $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;
- $t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;
- $t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 5.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях (ТРД) ведется по формуле:

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{ВН}}} \cdot K_{\text{Д}} \quad (2)$$

где:

- $t_{\text{ож}}$ – продолжительность работы, дн.;
- $K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{ВН}} = 1$;

- КД – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (КД = 1–1,2; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}} \quad (3)$$

где:

- ТКД – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;
- ТК – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (4)$$

где:

- ТКАЛ – календарные дни (ТКАЛ = 365);
- ТВД – выходные дни (ТВД = 52);
- ТПД – праздничные дни (ТПД = 10).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205 \quad (5)$$

С помощью указанных расчетных формул вычислим для каждой работы ее трудоемкость и длительность. По полученным результатам построим график.

Таблица 6. Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
		t min	t max	t ож	ТРД		ТКД	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,4	2,88	–	3,47	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,34	4,05	0,41
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	15	25	19	6,84	22,8	8,24	27,47
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	2,16	0,22	2,6	0,26
Составление условной схемы модели	НР, И	2	4	2,8	3,36	2,02	4,05	2,43
Работа по разработке модели	И	15	45	27	–	32,4	–	39,04
Изучение параметров исследуемого процесса при помощи модели	И	10	15	12	–	14,4	–	17,35
Согласование выполненной работы с научным руководителем	НР, И	3	10	5,8	6,96	6,96	8,39	8,39
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	10	7,6	–	9,12	–	10,99
Оформление графического материала	И	4	8	5,6	–	7,2	–	8,64
Подведение итогов	НР, И	3	5	3,8	2,73	4,56	3,29	5,49
Итого:				96,2	28,29	100,02	34,09	120,56

Таблица 7. Линейный график работ (график Ганта)

Этап	НР	И	Январь			Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	3,47	–	■													
2	4,05	0,41	■	■												
3	8,24	27,47		■	■	■										
4	2,6	0,26				■										
5	4,05	2,43				■	■									
6	–	39,04					■	■	■	■	■					
7	–	17,35									■	■	■			
8	8,39	8,39										■	■			
9	–	10,99												■	■	
10	–	8,64													■	■
11	3,29	5,49														■

5.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки.

Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

5.3.1 Расчет затрат на материалы

В данном пункте производится расчет затрат на материальные ресурсы, которые необходимы в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 - 20 %. Исполнитель работы

самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 8. Затраты на материалы.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	1	100 листов	100
Печать в черно-белом цвете на листе А4	3	100 листов	300
Тетрадь в клетку формата А5, 48л.	50	1шт.	50
Ручка шариковая	25	2шт.	50
Итого:			500

5.3.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта). Оклад инженера принимается равным окладу инженера кафедры.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{дн-т}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн-т} = MO/25,083 \quad (6)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе зарплаты премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{пр} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица 9. Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
Хамухин А.А. (Доцент)	33 664	1342,1	29	1,699	66 127
Багандов Д.М. (инженер кафедры)	9 489	431,32	100	1,62	69 874
Итого:					136 001

5.3.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 136\,001 * 0,3 = 40\,800,3$ руб.

5.3.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}} \quad (7)$$

где:

- $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;
- $Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;
- $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{Э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} * K_t \quad (8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$,

определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C \quad (9)$$

где:

- $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;
- $K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 6.

Таблица 10. Затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	100*8*0,8	0,3	1265,28
Итого:			1 265,28

5.3.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта, по формуле:

$$C_{ам} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D}$$

где:

- N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;
- $C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

- F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} ;

- $t_{pф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

- n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Согласно постановлению правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы», срок амортизации для ПК составляет $2 \div 3$ года.

Примем значение $CA = 2,5$ года. N_A определяется как величина обратная CA , в данном случае это $1 : 2,5 = 0,4$.

Стоимость ПК 40000 руб., время использования 100 (дней) * 8 (часов) = 800 часов, тогда для него:

$$C_{AM}(ПК) = (0,4 * 40000 * 800 * 1) / 2408 = 5\,315,6 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации: **5 315,6 руб.**

5.3.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;

- арендная плата за пользование имуществом;

- оплата услуг связи;

- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – **100 руб./день.**

Во время выполнения проекта командировки не осуществлялись, услуги

сторонних организаций не требовались. Итого по данному пункту $C_{нр} = 0$ руб.

5.3.7 Расчет прочих расходов

Расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нр}}) \cdot 0,1$$

Тогда получаем

$$C_{\text{проч.}} = (500 + 136\,001 + 40\,800,3 + 1\,265,28 + 5\,315,6 + 0) \cdot 0,1 = 18\,388,22$$

руб.

5.3.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 11. Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	500
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	136 001
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	40 800,3
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1 265,28
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5 315,6
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	18 388,22
Итого:		202 270,4

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 202\,270,4$ руб.

5.3.9 Расчет прибыли

Поскольку исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, прибыль принимается в размере 20 % от

полной себестоимости проекта, т.е. **40 454,1** руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

5.3.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли.

В нашем случае: $(202\ 270,4 + 40\ 454,1) * 0,2 = 48\ 544,9$ руб.

5.3.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС.

В нашем случае: $C_{\text{НИР(КР)}} = 202\ 270,4 + 40\ 454,1 + 48\ 544,9 = 291\ 269,4$ руб.

5.4 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом проекта является система, способная интегрироваться с БПЛА вертолетного типа, и позволяющая им совершать автономную (без участия оператора) посадку. Такие БПЛА чаще всего используются в сельскохозяйственной промышленности и в частном сегменте. Реже в ресурсодобывающей промышленности для проведения разведки.

Дать результатам проекта достоверную стоимостную оценку не представляется возможным, т.к. в общем доступе отсутствуют подробные данные о сферах применения БПЛА в данных отраслях, выполняемых задачах, затратах, связанных с их использованием, потенциале оптимизации. Поэтому в данном разделе будет дано описание общих эффектов, достигаемых при внедрении разрабатываемой системы.

Посадка БПЛА является самым опасным этапом полета. На этом этапе аппараты чаще всего получают повреждения из-за ошибок оператора или внезапно возникших внешних факторов, на которые человеку сложно среагировать и вовремя принять нужные меры. Автоматизация этого процесса позволит продлить срок службы летательных аппаратов, сократить число поломок и немного разгрузить операторов.

При использовании дополнительных средств автоматизации полета,

появляется возможность полностью автоматизировать некоторые рутинные производственные задачи с использованием БПЛА. Например, можно будет полностью отказаться от оператора, если требуется обычный плановый облет по предустановленному маршруту. Тем самым сократить расходы на персонал.

6 Социальная ответственность

6.1 Введение

Данная дипломная работа направлена на разработку программы контроля и осуществления автономной посадки БПЛА вертолетного типа. Программа может применяться на производстве, использующем БПЛА, а также, при индивидуальной эксплуатации БПЛА.

Автоматизация процесса посадки БПЛА может уменьшить количество аварий с их участием, произошедших по вине человека. Это повысит средний срок службы данных аппаратов, оптимизирует использование ресурсов в сельскохозяйственной и добывающей промышленности, где БПЛА активно используются в производственных процессах. Также это способствует сокращению персонала, необходимого для обслуживания таких аппаратов.

Стоит рассмотреть социальные последствия развития данного проекта, т.к. в случае, если программа окажется пригодной для эксплуатации, то возможна коммерческая разработка с привлечением сотрудников.

6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.2.1 Правовые нормы трудового законодательства

Основным документом, определяющим нормы трудового права, является трудовой кодекс Российской Федерации.

Основными моментами, касающимися разработки программы, которые затрагивает трудовой кодекс, являются:

- нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Работодатель обязан вести учет отработанного времени;

- в ночное время продолжительность смены сокращается на час без последующей отработки;
- привлечение работника к сверхурочной работе допускается только с его письменного согласия;
- в течение дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается;
- всем работникам предоставляются выходные дни.

Также существуют документ, регламентирующий некоторые аспекты работы на персональном компьютере – «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Он устанавливает следующие правила:

- лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени, должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке;
- продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать один час;
- при работе в ночную смену длину перерыва необходимо увеличить как минимум на 30%.

6.2.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Прежде чем оборудовать рабочее место нужно ознакомиться с нормативными документами, а также с особенностями работы. В данном случае нормативным документом может являться ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ и ТОИ Р-45-084-01, а особенность работы, которую стоит учитывать – это сидение за компьютером в течение длительного периода времени.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Высота рабочего места подбирается исходя из видов работ, которые будут выполняться на производстве, в данном случае работа будет связана с ЭВМ, следовательно, рабочее место будет настраиваться в пределах от 680- 750 мм над уровнем пола. Конструкция регулируемого кресла должна обеспечивать оптимальную рабочую позу для конкретного роста.

Рабочая поверхность должна обеспечивать работу для дисплея, устройства ввода данных и дополнительного оборудования, материалов, а также для кистей рук и локтей пользователя. При работе в позах сидя и стоя также достаточно иметь пространственный зазор между телом пользователя и частями рабочей станции. Также пользователь должен иметь возможность наклонить или повернуть видеодисплей таким образом, чтобы сохранить ненапряженную рабочую позу независимо от высоты уровня глаз. Угол обзора не должен превышать 40 градусов по всей активной площади экрана.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно - поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также - расстоянию спинки от переднего края сиденья. Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов; поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

6.3 Профессиональная социальная безопасность

6.3.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

В данном случае объектом исследования является программы для управления беспилотником, а это значит, что объект исследование не создает никаких вредных и опасных факторов.

6.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Так как разработка ведётся с применением персонального компьютера, она может спровоцировать различные факторы:

Таблица 12 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Регламентирующие нормативные документы
1. Микроклимат на рабочем месте	СанПиН 2.2.4.3359-16[5]
2. Низкокачественное освещение рабочей зоны	СНиП 23-05-95[6]
3. Статическое электричество	ГОСТ 12.4.124-83[10]
4. Высокое напряжение электрической сети	ГОСТ 12.1.038-82[7]

Для предотвращения возникновения данных факторов необходимо рассмотреть меры защиты. В противном случае воздействие вредных факторов может привести к утомляемости и снижению работоспособности, а опасные

факторы могут нанести вред работнику – травмы и серьезные проблемы со здоровьем.

Микроклимат на рабочем месте

Комфортные климатические условия крайне важны для самочувствия человека. Длительное воздействие слишком высоких или слишком низких температур могут вызывать у сотрудника сильный дискомфорт, негативно сказываться на работоспособности и наносить ущерб здоровью. Поэтому температура и влажность воздуха, температура рабочих поверхностей и скорость циркуляции воздуха должны регулироваться.

В холодные и жаркие сезоны без дополнительного воздействия в рабочих помещениях может устанавливаться неблагоприятная для человека температура. Для таких случаев помещения должны быть оборудованы механизмами регулирования микроклимата.

Чем меньше физических нагрузок выполняет человек, тем теплее должно быть в помещении. Офисные работники проводят большую часть времени за компьютером, а максимум передвигаются из кабинета в кабинет. Поэтому благоприятная температура должна устанавливаться с учетом этих факторов.

Источником отклонений влажности воздуха в помещении могут являться тепловыделяющие приборы (например, ЭВМ и орг. техника), либо охлаждающие устройства (такие как кондиционеры). Для того, чтобы устранить повышенную, либо пониженную влажность, необходимо правильно (в зависимости от требований) настроить систему вентиляции в помещении.

Требования СанПиН 2.2.4.548 – 96 [12] описывают параметры микроклимата в офисах. Согласно нормам СанПиН 2019-2020, температура на рабочем месте в офисе в теплое время года должна быть 23-25 градуса по Цельсию при относительной влажности воздуха 60-40%. При этом температура

поверхностей – от 22 до 26С, а скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. Они зависят от сезона – холодный или тёплый. Также на данные значения влияет категория физической тяжести работы. Так как во время выполнения работы отсутствуют систематические физические нагрузки, дипломнику присваивается категория 1а. Документ описывает как оптимальные (Таблица 13), так и допустимые (Таблица 14) величины показателей микроклимата.

Таблица 13 – Оптимальные значения характеристик микроклимата по СанПиН 2.2.4.548 – 96

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	22-26		

Таблица 14 – Допустимые величины показателей микроклимата по СанПиН 2.2.4.548 – 96

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-24	18-25	15-75	0,1-0,2
Теплый	20-28	19-29		0,1-0,3

Низкокачественное освещение рабочей зоны

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению

работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пуско-регулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц. С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Много несчастных случаев происходит, помимо всего из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим, по причине трудности распознавания того или иного предмета или осознания степени риска, связанного с обслуживанием транспортных средств, станков и т.п. Освещение создаёт нормальные условия для трудовой деятельности. Неудовлетворительная освещенность на рабочем месте или на рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

Для того чтобы обеспечить условия, необходимые для зрительного комфорта, в системе освещения должны быть реализованы следующие предварительные требования:

- достаточное и равномерное освещение;
- оптимальная яркость;
- отсутствие бликов и ослепленности;
- соответствующий контраст;
- правильная цветовая гамма;
- отсутствие стробоскопического эффекта или пульсации света.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта

различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона. Согласно СниП 23-05-95 разряд зрительных работ программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности), параметры искусственного освещения указаны в таблице 15.

Таблица 15 – Нормативные значения освещённости

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО е _н , % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, К _п , %	
Различение объектов высокой точности	III	Г	400	15	1,2

Статическое электричество

Статическое электричество редко может нанести человеку серьезную травму посредством электрического удара. Но образовавшийся заряд с большим электрическим потенциалом создает электрическое поле повышенной напряженности, что может иметь негативные последствия для человека, находящегося в этом поле. Длительное по времени пребывание в таком поле приводит к функциональным изменениям в центральной нервной системе, сердечно-сосудистой системе. Работающие в зоне воздействия электростатического поля жалуются на раздражительность, головные боли, нарушение сна, потерю аппетита и др.

Статическое электричество может образовываться при эксплуатации электроустановок высокого напряжения постоянного тока и электризации диэлектрических материалов.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей (ЕПРЕД) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч.

При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Основными средствами против накопления статики в нашем случае являются:

- отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций;
- применение антистатических веществ;
- соблюдение оптимальной влажности воздуха;
- использование антистатических поверхностей.

Высокое напряжение электрической сети

Высокое напряжение электрической сети относится к опасным факторам на рабочем месте. Удар током, полученный от сети с высоким напряжением в следствие повреждения изоляции проводов или других дефектов, может нанести серьезный урон здоровью человека и даже привести к летальному исходу.

В процессе разработки и отладки системы основные работы проводятся с помощью персональных компьютеров, которые могут быть источником поражения электрическим током.

Основные подверженные опасности процессы:

- риск возникновения короткого замыкания, в системном блоке либо периферийном оборудовании;

- непосредственное соприкосновение с оборудованием и внешним окружением помещения, оказавшимся под напряжением;
- поражение электрическим током в результате повреждения изоляции.

Сама рабочая зона скомпонована таким образом, чтобы исключить возможность перетирания заизолированных проводов и контакта внешнего оборудования с возможным источником замыкания. Так же в электросхеме помещения имеются автоматы, отключающие питание при возникновении короткого замыкания. В электрической схеме имеются коллективные способы электрозащиты такие как: изоляция токопроводящих частей, защитное заземление оборудования. Влажность воздуха в помещении не превышает 50%, температура не более 27 градусов Цельсия, мебель не токопроводящая, и имеются изолированные полы с антистатическим покрытием.

Помещение, в котором проходят работы, относится к категории помещений с повышенной опасностью (ПУЭ), так как в условиях производства используется значительное количество электроустановок.

В помещениях с повышенной опасностью для питания ЭВМ, светильников (в частности, светильников с люминесцентными лампами) должно применяться напряжение не выше 220 В. переменного или постоянного тока. Защитными мерами являются зануление металлических корпусов светильников. Питание электроприемников должно выполняться от сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S. В зданиях следует применять кабели с медными жилами, если их расчетное сечение не превышает 16 мм².

6.4 Экологическая безопасность

6.4.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Объект исследования – система автоматической посадки БПЛА, не несет в себе экологической опасности.

6.4.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Работы по реализации проекта не оказывают значительного влияния на окружающую среду, так как в процессе работы не используются вредные химические соединения в концентрациях, превышающих допустимые.

Из строя может выходить используемая компьютерная техника, что при неправильной утилизации может вызвать загрязнение почвы. В таком случае она утилизируется с уничтожением информации согласно ГОСТ Р 50739-95.

Также угрозой для окружающей среды могут представлять аккумуляторы от ноутбуков, которые используются для работы. Их необходимо правильным образом утилизировать.

В результате неграмотной эксплуатации внутри литий-ионных аккумуляторов может произойти короткое замыкание, ведь разогрев реагентов достигает 450 градусов Цельсия. Грамотная утилизация литий-ионных аккумуляторов позволяет снизить риск нарушения работы системы, избежать загрязнения окружающей среды диоксидами серы, парами соляной кислоты и другими продуктами горения лития.

Инженерно-сервисный центр «Пеликан» предоставляет услуги утилизации оргтехники и технологического оборудования, в том числе аккумуляторов и люминесцентных ламп. Предприятие располагается на улице Карла Маркса, 18.

6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.5.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Объектом исследования является система управления летательными аппаратами. При внедрении этой системы, появляется вероятность возникновения ошибки программы, которая может повлечь за собой серьезную аварию, покаречить людей, нанести ущерб имуществу, а при особых обстоятельствах даже вызвать катастрофу.

Чтобы исключить подобное стечение обстоятельств, надежность системы будет обозначена главным требованием к системе, будет проведено большое количество испытаний и созданы механизмы урегулирования экстренных ситуаций. В любом случае, даже без учета влияния продукта на окружающую среду, надежность работы будет являться для потребителя главным приоритетом, так как он заинтересован, чтобы работа выполнялась корректна и не происходили сбои, чреватые большими убытками.

К тому же следует учитывать, что человек в роли оператора тоже иногда совершает ошибки, так что качественная система автоматизации может даже сократить число таких случаев.

6.5.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Наиболее характерной для объекта, где размещаются рабочие помещения, оборудованные ПЭВМ, чрезвычайной ситуацией является пожар.

Помещение для работы операторов ПЭВМ по системе классификации категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Д (из 5-ти категорий А, Б, В1-В4, Г, Д), т.к. относится к помещениям с негорючими веществами и материалами в холодном состоянии.

Каждый сотрудник организации должен быть ознакомлен с инструкцией по пожарной безопасности, пройти инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать его.

Запрещается использовать электроприборы в условиях, не соответствующих требованиям инструкций изготовителей, или имеющие неисправности, которые в соответствии с инструкцией по эксплуатации могут привести к пожару, а также эксплуатировать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией. Электроустановки и бытовые электроприборы в помещениях по окончании рабочего времени должны быть обесточены (вилки должны быть вынуты из розеток). Под напряжением должны оставаться дежурное освещение и пожарная сигнализация. Недопустимо хранение легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ, использование открытого огня в помещениях офиса.

Перед уходом из служебного помещения работник обязан провести его осмотр, закрыть окна, и убедиться в том, что в помещении отсутствуют источники возможного возгорания, все электроприборы отключены и выключено освещение. С периодичностью не реже одного раза в три года необходимо проводить замеры сопротивления изоляции токоведущих частей силового и осветительного оборудования.

Существует комплекс мероприятий, позволяющих уменьшить вероятность возникновения пожара и более оперативно ликвидировать последствия.

- регулярная проверка систем оповещения и тушения;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников по действиям при пожаре;
- проведение учебной тревоги два раза в год;

- установка систем противопожарной сигнализации;
- закупка огнетушителей;
- оборудование запасных выходов при пожаре;
- создание плана эвакуации и размещение его экземпляров в доступных местах.

6.6 Выводы по разделу

Проанализировав все вышеприведенные темы, было сформировано понятие о социальной ответственности в рамках данного дипломного проекта. Социальная ответственность подразумевает под собой выполнение требований безопасности по отношению к человеку на рабочем месте, а также объективная необходимость отвечать за нарушение социальных норм.

Изучив вредные и опасные производственные факторы, а также меры по их устранению и минимизации, можно прийти к выводу, что данный проект полностью удовлетворяет требованиям нормативных документов и не несет опасности для человека и окружающей среды.

Заключение

В результате работы была смоделирована и изучена система автоматической посадки БПЛА, основанная на анализе изображения с камеры и оптического потока (визуальная одометрия). Было изучено поведение системы при различных параметрах. Определены параметры системы, при которых достигается наиболее быстрая посадка, не дестабилизируя при этом систему (что может произойти при дальнейших попытках ускорить посадку). Были выявлены недостатки данного метода.

Исходя из полученных результатов можно сделать выводы, что система справляется с задачей в моделируемой среде и может быть доработана для использования в реальных условиях.

Также в рамках работы был проведен анализ социального эффекта от результатов исследования и проведена работа по эффективному планированию распределения ресурсов.

Список литературы

1. Srinivasan, M.V. How Honeybees Measure Their Distance from Objects of Unknown Size [Electronic resource] / M.V. Srinivasan, M. Lehrer, S.W. Zhang, G.A. Horridge // *Journal of Comparative Physiology A* . — 1989 . — Vol. 165 . — [605-613] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://doi.org/10.1007/BF00610992> (контент)
2. Khamukhin, Aleksandr Anatolievich. A simple algorithm for distance estimation without radar and stereo vision based on the bionic principle of bee eyes [Electronic resource] / A. A. Khamukhin // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* . — 2017 . — Vol. 177: Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS 2016) . — [012028, 6 p.] . — Title screen. — [References: 10 tit.]. — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/177/1/012028> (контент)
3. Khamukhin, Aleksandr Anatolievich. Numerical Simulation of Visually Guided Landing Based on a Honeybee Motion Model [Electronic resource] / A. A. Khamukhin // *Journal of Intelligent & Robotic Systems* . — 2019 . — Vol. 95, iss. 2. — [P. 665-674] . — Title screen. — [References: 36 tit.]. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Схема доступа: <https://doi.org/10.1007/s10846-018-0960-z> (контент)
4. Srinivasan, M.V. Range perception through apparent image speed in freely flying honeybees [Electronic resource] / Srinivasan, M.V., Lehrer, M., Kirchner, W.H., Zhang, S.W. // *Vis Neurosci*. — 1991 . — Vol. 6, iss.5 . — [P. 519-535] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://doi.org/10.1017/s095252380000136x> (контент)
5. Srinivasan, M.V., Visual discrimination of pattern orientation by honeybees: performance and implications for 'cortical' processing [Electronic resource] / Srinivasan, M.V., Zhang, S.W., Witney, K. // *Philosophical Transactions*.

— 1994 . — Vol. 343 . — [P. 199-210] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0021> (контент)

6. Srinivasan, M.V., Honeybee navigation en route to the goal: Visual flight control and odometry / Srinivasan, M.V., Zhang, S.W., Lehrer, M., Collett, T. // *J Exp Biol* . — 1996 . — Vol. 199, Pt 1 . — [P. 237-244] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://jeb.biologists.org/content/199/1/237> (контент)

7. Srinivasan, M.V., Visual control of honeybee flight / Srinivasan, M.V., Zhang, S.W. // *PubMed* . — 1997 . — Vol. 84 . — [P. 95-113] . — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Схема доступа: https://doi.org/10.1007/978-3-0348-8878-3_4 (контент)

8. Srinivasan, M.V., Visually mediated odometry in honeybees / Srinivasan, M.V., Zhang, S.W., Bidwell, J. // *J of Experimental Biology* . — 1997 . — Vol.200, iss.19 . — [P.2513-22] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://jeb.biologists.org/content/199/1/237> (контент)

9. Srinivasan, M.V., Robot navigation inspired by principles of insect vision: in *Field and Service Robotics* / Srinivasan, M.V., Chahl, J.S., Weber, K., Venkatesh, S., Nagle, M.G., Zhang, S.W. // *Field and Service Robotics* . — 1998 . — [P. 12-16] . — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Схема доступа: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-1273-0_3 (контент)

10. Bairda, E. A universal strategy for visually guided landing / E. Bairda, N. Boeddeker, M.R. Ibbotson, M.V. Srinivasan // *PNAS* . — 2013 . — Vol.110, iss.46 . — [P. 18686-18691] . — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <https://doi.org/10.1073/pnas.1314311110>

Приложение А

