КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени А.Н. Туполева

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СОЗДАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ МОДИФИКАЦИЙ ВЕРТОЛЕТОВ НА БАЗЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ОБРАЗЦОВ

05.13.01 - “Системный анализ, управление и обработка информации ”

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники РТ, доктор технических наук, профессор Моисеев B.C.

На прлЬлх pLjkописи

61 07-5/4810

Матвеев Илья Валерьевич

/

/

Казань 2007

2

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ УЧЕБНО¬ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВЕРТОЛЕТОВ 10

1.1. Современные и перспективные авиационные учебно¬тренировочные комплексы 10

1.2. Алгоритм создания учебно-тренировочной модификации вертолета на базе существующего образца 25

1.3. Выбор вертолета для модернизации в учебно-тренировочный вариант применения 33

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ВЫБОРА ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ВЕРТОЛЕТА 44

2.1. Математические модели движения вертолета 44

2.2. Формирование закона управления учебно-тренировочным вертолетом 46

2.3. Выбор значений передаточных коэффициентов законов стабилизации учебно-тренировочного вертолета 53

2.4. Сглаживание полетной информации воспроизводимого вертолета для формирования законов управления и стабилизации учебно-тренировочного вертолета 63

ГЛАВА 3. СРЕДСТВА ИМИТАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИКИ ПИЛОТИРОВАНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ВЕРТОЛЕТА 73

3.1. Модель цифровой системы управления учебно¬тренировочного вертолета и разработка структуры ее программного обеспечения 73

3.2. Обеспечение необходимой загрузки органов управления учебно-тренировочного вертолета 86

3.3. Обеспечение возможности смены внутрикабинной обстановки учебно-тренировочного вертолета 93

ГЛАВА 4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ФОРМИРОВАНИЯ

ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ВЕРТОЛЕТА 99

4.1. Формирование закона управления УТВ «Ансат» для имитации

вертикального подъема и зависания ВВ Ми-17 99

з

4.2. Выбор значений передаточных коэффициентов законов

стабилизации УТВ «Ансат» 107

Заключение 121

Литература 123

Приложение 1. Исходные данные для моделирования

движения вертолетов Ми 17 и «Ансат» 134

Приложение 2. Результаты вычислительных экспериментов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основнымирезультатамиполученнымивдиссертационнойработеявляются

 ДаноопределениеипредложенаструктураперспективногоавиационногоучебнотренировочногокомплексаразработанаинформационнаятехнологияподготовкипереподготовкилетногосоставасучетомиспользованияучебнотренировочныхвертолетовУТВвучебномпроцессеипредложенаматематическаямодельпроцессаобученияпереобученияпилотовспомощьюкоторойпоказанавозможностьсокращениявременипереобученияДлясокращениястоимостиобученияотмеченочтоУТВдолжнысоздаватьсянабазелегкихвертолетов

 РазработаналгоритммодернизациисуществующеговертолетавучебнотренировочныйвариантпримененияописывающийэтапывыборавертолетадлямодернизацииисследованиявозможностейегомодернизацииопределениянаправленийдоработокоценкуопытногообразцаУТВизапусквпроизводствоПостроенодеревоцелейизадачсозданияучебнотренировочноймодификациивертолета

 РазработанаметодикавыбораизсовокупностивертолетовоптимальногообразцадлямодернизациивУТВ

 ПредложеныметодиалгоритмформированиязаконауправленияУТВобеспечивающегодвижениеУТВпофазовойтраекторииблизкойктраекторииВВзаданнойввидесеточныхфункцийописывающихреальныеполетныеданныеВВ

 РазработаныметодиалгоритмвыборазначенийпередаточныхкоэффициентовзаконовстабилизацииУТВобеспечивающихподобиепроцессовстабилизацииВВиУТВдлядвухслучаевсиспользованиемматематическоймоделивозмущенногодвиженияВВизаданиемпараметровполетавозмущенногодвиженияВВввидесеточныхфункций





 ПредложеноиспользованиесплайнаппроксимацииполетнойинформацииВВдляиспользованияееприрешениизадачформированиязаконовуправленияистабилизацииУТВ

 РазработанамодельцифровойсистемыуправленияУТВпозволяющаяпостроитьструктурупрограммногообеспеченияЦСУ

 ОбоснованазадачасозданияимитирующихнагрузокнаорганахуправленияУТВспомощьюзаменыпружиныавтоматазагрузкирычаговуправленияУТВилиустановкидополнительнойпружины

 ПредложенаперспективнаясхемаприборнойпанелиУТВвключающаявсебямногофункциональныежидкокристаллическиедисплеидляотображенияиндикаторногоиприборногооборудованияВВ

 ПриведеныпримерырешениязадачформированиязаконауправленияУТВАнсативыборазначенийпередаточныхкоэффициентовегозаконовстабилизациипоказавшиевозможностьимитациинаУТВАнсатпрограммногоивозмущенногодвиженияВВМисотклоненияминепревышающимиДлярешенияэтихзадачвыполненасплайнаппроксимацияполетнойинформацииВВМиРезультатывычислительныхэкспериментовпоказалиадекватностьразработанныхматематическихмоделейиметодоврешенияпрактическихзадачсозданияучебнотренировочныхмодификацийсуществующихвертолетов