

An aerial, high-angle photograph of a blue and white fighter jet, likely a Sukhoi Su-26 or Su-26bis, in flight. The aircraft is viewed from above, showing its canopy, wings, and tail section. The background shows a town and green fields from an elevated perspective.

О. Б. Анипко, И. Б. Ковтонюк

**УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ТИПА “СИЛОВАЯ УСТАНОВКА –
ПОДВИЖНАЯ ПЛАТФОРМА”**

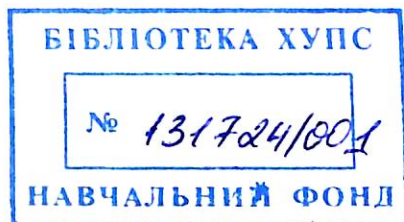
G29.7
A67

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

О. Б. Анишко, И. Б. Ковтонюк

**УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ТИПА “СИЛОВАЯ УСТАНОВКА–
ПОДВИЖНАЯ ПЛАТФОРМА”**

Монографія



Харків
2019

УДК 629.7:629.03
А67

*Рекомендовано до видання вченою радою
Харківського університету Повітряних Сил
(протокол № 10 від 19.05.2015)*

Рецензенти:

- О. Б. Леонтьев, заслуж. діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;*
В. Г. Башинський, лауреат Державної премії України в області науки і техніки, д-р техн. наук, ст. наук. співр.

Анипко О. Б.

А67 Устойчивость и управляемость сложных технических систем типа “силовая установка – подвижная платформа” : монография / О. Б. Анипко, И. Б. Ковтонюк. – Х. : ХНУПС, 2019. – 260 с.

ISBN 978-966-468-089-6

Монография посвящена проблемам, связанным с устойчивостью и управляемостью сложных технических систем класса “силовая установка – подвижная платформа”: летательных аппаратов, судов, подвижных платформ на колесном и гусеничном ходу и др. На примере летательных аппаратов рассмотрены вычислительные методы и комплексные показатели, относящиеся к устойчивости и управляемости, для концептуального проектирования и ранних стадий разработки объектов авиационной техники.

Монографія присвячена проблемам, пов'язаним зі стійкістю і керованістю складних технічних систем класу “силова установка – рухома платформа”: літальних апаратів, суден, рухомих платформ на колісному і гусеничному ході та ін. На прикладі літальних апаратів розглянуті обчислювальні методи і комплексні показники, що відносяться до стійкості і керованості, для концептуального проектування та ранніх стадій розробки об'єктів авіаційної техніки.

УДК 629.7.629.03

ISBN 978-966-468-089-6

©Анипко О. Б., Ковтонюк И. Б., 2019
© Харківський національний
університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	7
Перечень условных обозначений.....	8
Введение.....	11
Раздел 1. УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КЛАССА “СИЛОВАЯ УСТАНОВКА – ПОДВИЖНАЯ ПЛАТФОРМА”.....	12
1.1. Сложные технические системы класса “силовая установка – подвижная платформа”.....	12
1.2. Обобщенная постановка задачи управления судном.....	14
1.3. Прогнозирование скорости судна с учетом влияния внешних факторов и размерений корпуса.....	21
1.4. Моделирование движения судна.....	29
1.5. Управление подвижной платформой на колёсном ходу. Синтез цифровой автоматической системы курсовой устойчивости автомобиля	35
1.5.1. Принцип работы цифровой автоматической электрогидравлической системы курсовой устойчивости автомобиля, оборудованного гидроусилителем рулевого управления.....	38
1.5.2. Техническая реализация АСКУ в изделии БТР-4Е и принципы её функционирования.....	42
1.5.3. Описание конструкции и расчёт параметров фрикционного блока АСКУ.....	44
1.5.4. Электрогидравлические исполнительный механизм и датчик давления АСКУ.....	46
1.5.5. Выводы и рекомендации.....	48
1.6. Управление подвижной платформой на колёсном ходу. Автоматическая система защиты от “заноса” и опрокидывания	48
1.7. Параметрический синтез и разработка алгоритмов работы Системы защиты от “заноса” и опрокидывания.....	51
1.8. Техническая реализация СЗЗО в изделии БТР-4Е и принципы её функционирования	57
1.9. Управление подвижной платформой на гусеничном ходу. Цифровая автоматизированная система управления поворотом	60
1.9.1. Принципы построения системы автоматизированного управления поворотом военной гусеничной машины.....	62
1.9.2. Построение математической модели электрогидравлических исполнительных механизмов.....	65
1.9.3. Построение математической модели криволинейного движения платформы с гусеничным движителем.....	66

1.9.4. Математическое моделирование криволинейного движения ВГМ.....	70
1.10. Иерархическая структура сложной технической системы “летательный аппарат военного назначения”.....	86
1.11. Определение характеристик устойчивости и управляемости самолета.....	95
Раздел 2. КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАННИХ СТАДИЙ РАЗРАБОТКИ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	103
2.1. Особенности этапов проектирования летательных аппаратов военного назначения.....	103
2.2. Комплексный показатель военно-транспортной системы.....	110
2.3. Показ интеграции СУ и ПЛ.....	117
2.3.1. Особенности параметрического анализа подсистем ЛА... ..	118
2.3.2. Основные параметры, показатели и характеристики подсистем “силовая установка” и “планер” для управления процессом принятия конструктивно-компоновочного решения.....	119
2.4. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления ЛА.....	129
2.4.1. Показатели, определяющие аэродинамическую компоновку органов управления креном ЛА.....	129
2.4.2. Критерии оценки принимаемых конструктивно-компоновочных решений.....	132
2.4.3. Диапазоны значений статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления для истребителей различных аэродинамических схем.....	135
2.4.4. Диапазоны значений статического показателя рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления пассажирских самолетов.....	139
2.4.5. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов управления креном для беспилотных самолетов-разведчиков.....	143
2.4.6. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов управления креном для маневренного самолета с “нетрадиционными” органами поперечного управления.....	144

Раздел 3.	КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ОТКЛОНЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	145
3.1.	Полуэмпирическая методика определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов с учетом отклонения органов управления.....	145
3.2.	Проверка достоверности результатов вычислительного эксперимента.....	156
3.3.	Аппроксимация данных экспериментальных исследований в аэродинамических трубах.....	158
3.4.	Экспериментальная методика определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов с учетом отклонения органов управления.....	160
3.4.1.	Условия проведения весового эксперимента.....	160
3.4.2.	Модель крыла.....	176
3.4.3.	Модель самолета.....	177
3.5.	Синтез экспериментальных, полуэмпирических и вычислительных методов определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов с учетом отклонения органов управления.....	178
3.6.	Аэродинамические характеристики маневренного самолета с интерцепторами, расположенными на нижней поверхности крыла.....	182
3.7.	Аэродинамические характеристики маневренного самолета с отклоняемыми гребнями и пилонами, расположенными на крыле.....	187
3.8.	Аэродинамические характеристики маневренного самолета с дифференциально отклоняемым верхним планом бипланного крыла.....	191
3.9.	Аэродинамические характеристики маневренного самолета с дифференциально отклоняемыми половинами наплыва крыла..	193
3.10.	Аэродинамические характеристики маневренного самолета с отклоняемым подфюзеляжным килем.....	198
Раздел 4.	МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ИМ БОЕВОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ...	201
4.1.	Математическая модель определения потребного управления летательным аппаратом.....	201
4.2.	Заданные траектории полета летательного аппарата.....	212

4.3. Заданные траектории полета летательного аппарата при сближении с движущейся воздушной целью.....	214
4.4. Заданные траектории полета летательного аппарата при сближении с малоскоростными воздушными целями.....	222
Раздел 5. УЛУЧШЕНИЕ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАНЕВРЕННЫХ САМОЛЕТОВ НА РАННИХ ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	228
5.1. Относительная аэродинамическая эффективность органов управления креном маневренных самолётов.....	228
5.2. Располагаемая относительная скорость крена маневренного самолета с интерцептором, расположенным на нижней поверхности крыла.....	231
5.3. Рациональная аэродинамическая компоновка органов управления креном маневренного самолета.....	234
Список использованных источников	235

ВВЕДЕНИЕ

Современные летательные аппараты вообще и высокоманевренные самолеты типа истребитель относятся к классу сложных технических систем типа "подвижная платформа – силовая установка". Непрерывно возрастающие требования к скорости, высоте полета, а также требования к маневренности приводит к необходимости решать задачу с учетом обеспечения управляемости ЛА при удовлетворении перечисленных требований. Однако, эта задача сталкивается с известным противоречием, заключающимся в том, что чем более управляем объект управления ЛА, тем он менее устойчив, и наоборот. В этой связи задача решается уже как комплексная – обеспечение устойчивости и управляемости.

Здесь уместно особо подчеркнуть, что окончательная доводка объекта АТ по устойчивости и управляемости осуществляется в ходе лётных испытаний, что, естественно, требует больших затрат ресурсов. Это, в свою очередь, стимулирует поиски методов решения этой комплексной задачи на ранних, концептуальных этапах проектирования.

Кроме этого, затронутая проблема характерна для объектов всего класса технических систем типа "подвижная платформа – силовая установка", автомобилей, кораблей и судов, колесных и гусеничных машин высокой проходимости, летательных аппаратов.

Решение задач, применительно к этим объектам, потребовало привлечения к написанию монографии ученых и специалистов занимающихся именно этими классами машин. Поэтому подразделы 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.10 написаны в соавторстве с кандидатом технических наук Ю. А. Слосаренко, а 1.2, 1.3, 1.4 с Г. Ф. Шаблий.