

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНТРАНС РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФГОУ ВПО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

**КАФЕДРА №13
СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по самостоятельному изучению дисциплины

для всех специализаций

Санкт-Петербург

2013

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пилотажно-навигационные комплексы приборного оборудования и автоматизированные системы управления полетом используются на борту воздушных судов, причем их объем и сложность непрерывно возрастают. Их широкое использование определяется требованиями обеспечения высокого уровня безопасности и регулярности полетов. Качественно новый этап развития бортовых информационно-управляющих систем связан с внедрением цифровой вычислительной техники.

Эффективность использования сложного приборного и автоматического оборудования, исключение ошибок при работе с ним определяются технической грамотностью эксплуатации, активным и творческим отношением к использованию современных пилотажно-навигационных комплексов, как в нормальных, так и в особых условиях полета. Для успешного использования этой техники необходимо знать назначение, принципы действия, основы теории и устройства пилотажно-навигационных комплексов и бортовых автоматизированных систем управления, иметь навыки составления математических моделей, систем и процессов управления и обработки информации, оценки точности и качества приборов и систем, уметь оценивать их возможные эксплуатационные характеристики.

Особенно следует обратить внимание при изучении всех тем курса на летную эксплуатацию авиационных приборов и систем.

Учебника или учебного пособия, освещающего все темы курса, нет, тем не менее, в ссылках на литературу по каждой теме указываются источники, в которых студент найдет ответы на все вопросы по изучаемой теме, а в квадратных скобках указывается порядковый номер литературного источника из списка литературы и номер раздела из него.

В методических указаниях приводятся вопросы для самостоятельной проверки и контроля, на которые следует ответить. Убедившись, что материал данной темы усвоен, можно переходить к следующей.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение. Элементы авиационных приборов и систем.
Приборы и комплексы для измерения высоты и скорости полета воздушного судна.
2. Приборы и комплексы для определения положения воздушного судна относительно плоскости горизонта. Приборы для определения угловых скоростей.
3. Приборы и комплексы для измерения курса воздушного судна.
4. Системы для определения местоположения воздушного судна относительно земных координат.
5. Инерциальные системы навигации и спутниковые навигационные системы.
6. Автоматизация процесса управления полетом. Автопилоты.
7. Приборы и системы контроля силовых установок воздушного судна.
8. Средства объективного контроля параметров полета и методы расшифровки записей бортовых самописцев.
9. Структура и состав типового цифрового пилотажно-навигационного комплекса.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ КУРСА

1. **Введение. Элементы авиационных приборов и систем.**
Приборы и комплексы для измерения высоты и скорости полета ВС

В этой теме изучаются элементы, из которых в основном состоят информационно-управляющие системы. Необходимо знать принцип их действия, представлять основные технические характеристики датчиков перемещения: потенциометров, индуктивных и емкостных датчиков; элементов следящих систем: сельсинов, вращающихся трансформаторов, усилителей, двигателей малой мощности, также необходимо знать принцип действия и назначения логических элементов: триггеров, регистров, счетчиков, дешифраторов, мультиплексоров и усилителей.

Необходимо иметь представление о преобразовании аналоговых величин в цифровые и обратное преобразование. При изучении приборов и датчиков для измерения высоты и скорости полета следует хорошо уяснить зависимости, положенные в основу измерения высоты, скорости, числа М. Математические выводы, приведенные в литературе, можно не запоминать, но необходимо знать и понимать конечные формулы и уметь прокомментировать величины, входящие в них.

Следует обратить внимание на методические, инструментальные и аэродинамические погрешности приборов и систем и знать, как они учитываются в полете.

В результате изучения этой темы студент должен знать принцип действия, устройство приборов и систем, измерителей высоты и скорости и уметь составить их кинематические и функциональные схемы.

Студент должен хорошо знать летную эксплуатацию высотомеров, указателей скорости, вариометров, указателей числа М, комплексных измерителей воздушных параметров системы СВС (ИКВСП), их место в пилотажно-навигационном комплексе воздушного судна.

Литература: [4, гл. 1; 1, гл. 3.2; 5, гл. 2]

2 Приборы и комплексы для определения положения ВС относительно плоскости горизонта. Приборы для определения угловых скоростей

В этой теме изучаются некоторые сведения из прикладной теории гироскопа. Изучающий должен знать и понимать, что такое гироскоп; кинетический момент гироскопа; гироскопический момент и условия, при которых он возникает. Следует особое внимание уделить уяснению основного свойства гироскопа с тремя степенями свободы и свойства прецессии гироскопа, реакции гироскопа на внешние воздействия.

Студент должен хорошо понимать принцип построения гировертикалей с маятниковой коррекцией, знать особенности эксплуатируемых авиагоризонтов и способы индикации углов крена и тангажа в них.

Следует представлять принципы построения и устройства курсо-вертикалей.

Здесь же изучаются гироскопы с двумя степенями свободы и приборы, построенные на использовании их свойств.

Литература: [4, гл. 2, 3, 4, 5; 1, гл. 3.3, 3.4; 7]

3. Приборы и комплексы для измерения курса воздушного судна

Изучение курсовых приборов и систем необходимо начать с ознакомления с методами измерения курса, их достоинствами и недостатками. Нужно иметь представление о принципе действия и основных характеристиках магнитного компаса. При изучении курсовых гироскопических приборов нужно ознакомиться с их ошибками, вызванными суточным вращением Земли, собственным перемещением воздушного судна и возмущающими моментами внешних сил. Нужно иметь четкие представления о назначении и принципах действия систем коррекции гиropolукомпасов.

Необходимо хорошо знать общие принципы построения курсовых систем, их назначение, принцип действия, точность вычисляемых параметров.

Литература: [4, гл. 6, 7, 9; 1, гл. 4; 5, гл. 4]

4. Системы для определения местоположения воздушного судна относительно земных координат

В этой теме изучаются системы определения местоположения ВС. Необходимо четко представлять метод счисления пути, положенный в основу существующих систем, знать их устройство, характеристики и связь с другими системами воздушного судна.

Литература: [4, гл. 10; 1, гл. 5.1; 5, гл. 5]

5. Инерциальные системы навигации и спутниковые навигационные системы

Здесь необходимо четко знать принцип работы инерциальных систем, основные зависимости, положенные в основу их работы; иметь

представление о невозмущаемой гироскопике с собственным периодом колебаний, равным $T=84,4$ мин.; представлять принцип действия и устройство акселерометров. Студент должен иметь представление о типах инерциальных систем, а на примере одной из существующих систем охарактеризовать основные режимы её работы. Знать связь инерциальной системы с другими системами воздушного судна.

Иметь представление о принципе работы спутниковых навигационных систем и их основных технических характеристиках.

Литература: [1, гл. 5; 4, гл. 11; 6; 10]

6. Автоматизация процесса управления полетом. Автопилоты

В этом разделе изучаются основные принципы построения систем автоматического управления воздушным судном, главным образом, стабилизация относительно центра тяжести, автопилоты и демпферы.

Необходимо знать законы управления автопилотом, структурные схемы, а также место автопилота в общем пилотажно-навигационном комплексе самолета. Хорошо представлять отличие вертолетных автопилотов от самолетных и особенности их эксплуатации.

Литература: [4, гл. 13, 14, 15, 16, 17; 1, гл. 9, 11]

7. Приборы и системы контроля силовых установок

В этой теме студент изучает отдельные приборы и автоматизированные системы, контролирующие силовые установки ВС, топливные системы.

Здесь изучаются термометры, манометры, тахометры, расходомеры и комплексные топливоизмерительные комплексы. Студент должен знать принципы построения и основные характеристики этих приборов и систем.

Литература: [1, гл. 6; 8]

8. Средства объективного контроля параметров полета и методы расшифровки записей бортовых самописцев

Здесь излагаются различные типы авиационных систем объективного контроля, записи параметров полета и методов их расшифровки. Необ-

ходимо знать роль данных средств в обеспечении безопасности полетов, предупреждения летных происшествий и объективного анализа летных ситуаций.

Литература: [1, гл. 7; 4, гл. 12; 9]

9. Структура и состав типового цифрового пилотажно-навигационного комплекса

При изучении этой темы студент должен иметь хорошее представление о современных пилотажно-навигационных комплексах, хорошо ориентироваться в функциональных и структурных схемах пилотажно-навигационных комплексов. Необходимо понимать перспективность цифровых пилотажно-навигационных комплексов, электронных средств отображения информации, а также связь пилотажно-навигационных комплексов с системой УВД.

Литература: [1, гл. 2; 8, гл. 8]

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Дайте определение истинной, абсолютной и относительной высот полета.
2. Дайте определение истинной воздушной и приборной скорости полета.
3. В каких случаях истинная воздушная скорость совпадает с приборной скоростью?
4. Укажите, какие физические закономерности положены в основу измерения высоты полета, скорости полета, числа M , вертикальной скорости?
5. Назовите, какие величины, входящие в гипсометрическую формулу, принимаются постоянными при тарировке барометрических высотомеров?

6. Чему равна методическая ошибка при измерении приборной скорости?
7. Почему корпус вариометра изготавливают из материала с хорошими теплоизоляционными свойствами?
8. Какие силы заставляют расширяться анероидную коробку при уменьшении атмосферного давления вокруг неё?
9. Что измеряет корректор высоты?
10. В каких случаях погрешность указателя истинной воздушной скорости равна нулю?
11. Можно ли пользоваться указывающими приборами системы СВС при исправной системе воздушного питания и отсутствии электрического питания постоянного и переменного тока?
12. Чем объясняется установка на самолете измерителя числа M ?
13. Какие приемники воздушных давлений установлены на самолете (вертолете), на котором Вы летаете?
14. Напишите основные зависимости, решаемые в системе воздушных сигналов.
15. Составьте упрощенные кинематические схемы высотомера, измерителей приборной, истинной воздушной скорости, вариометра, измерителя числа M и поясните их работу.
16. Составьте функциональную схему СВС и объясните её работу.
17. Дайте определение механического гироскопа с тремя степенями свободы. Поясните принцип работы лазерного датчика угловой скорости.
18. Сформулируйте основное свойство гироскопа, позволяющее широко использовать его в различных областях техники.
19. Перечислите известные Вам авиационные гироскопические приборы, в которых использованы гироскопы с тремя степенями свободы.

20. Почему оси карданного подвеса гироскопа должны пересекаться в центре масс ротора гироскопа?
21. Какие требования предъявляются к моментам трения в осях карданного подвеса гироскопа?
22. Каким образом реагирует гироскоп на мгновенный импульс силы (удар)?
23. Каким образом реагирует гироскоп на приложение к его осям постоянно действующего момента?
24. При каких условиях возникает гироскопический момент?
25. Что называется кинематическим моментом гироскопа?
26. В чем состоит основное свойство гироскопа с двумя степенями свободы?
27. Составьте кинематическую схему электрического указателя поворота и объясните его работу.
28. Что показывает электрический указатель поворота при координированном развороте и скорости полета $V=500$ км/ч?
29. На что реагирует выключатель коррекции?
30. Объясните работу указателя скольжения.
31. Поясните необходимость и целесообразность совместной работы маятника и трехстепенного гироскопа в авиагоризонтах.
32. Какие Вы знаете виды индикации крена и тангажа в авиагоризонтах?
33. Какими техническими средствами достигается существующий диапазон измерения углов крена и тангажа в авиагоризонтах?
34. Может ли авиагоризонт индицировать углы крена и тангажа ещё некоторое небольшое время после того, как он полностью обесточен?
35. Может ли авиагоризонт индицировать углы крена и тангажа после того, как он обесточен?

36. Назовите условия, при которых можно пользоваться арретиром в авиагоризонтах.
37. Объясните, на каком-либо примере, вычисление (формирование) ортодромического курса.
38. Объясните причину возникновения карданной погрешности.
39. Поясните, к чему может привести ошибка в установке географической широты места самолета.
40. Для чего необходимо на виражах отключать горизонтальную коррекцию в гироскопических курсовых системах и гиropolукомпасах?
41. Дайте характеристику магнитного поля Земли.
42. Изобразите кинематическую схему магнитного компаса, например КИ-13, поясните назначение отдельных узлов.
43. Перечислите основные причины, вызывающие ошибки магнитного компаса, и способы их уменьшения.
44. Изобразите электрическую схему и объясните работу индукционного магнитного датчика.
45. Можно ли использовать один магнитный зонд индукционного датчика для определения магнитного курса самолета?
46. Каким образом должны располагаться магнитные зонды относительно плоскости горизонта в индукционном датчике?
47. Какие курсы индицирует курсовая система?
48. Чем отличается гироманитный курс от магнитного?
49. Какую роль выполняет гиросагрегат в курсовой системе?
50. Назовите причину появления карданной погрешности.
51. Назовите способы устранения (компенсации) карданной погрешности.
52. Назовите способы устранения (компенсации) четвертной составляющей магнитной девиации.

53. Какими техническими средствами достигается относительно высокая точность работы курсовых систем?
54. В чем состоит принцип определения собственного места самолета инерциальным методом?
55. Как устроен измеритель ускорения?
56. С какой целью необходима точная ориентация в плоскости горизонта акселерометров в инерциальной системе навигации?
57. Какими свойствами обладает гировертикаль, имеющая период собственных колебаний, равный 84,4 мин?
58. Изобразите простейшую функциональную схему инерциальной системы навигации и поясните её работу.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. С.М.Федоров, О.И.Михайлов, Н.Н.Сухих. Бортовые информационно-управляющие системы. Учебник. Москва, «Транспорт», 1994.
2. Автоматизированное управление полетом воздушных судов. Под редакцией С.М.Федорова. Москва, «Транспорт», 1992.
3. Автоматизированное управление самолетами и вертолетами. Под редакцией С.М.Федорова. Москва, «Транспорт», 1977.
4. Михайлов О.И., Козлов И.М., Гергель Ф.С. Авиационные приборы.: Учебник. Москва, «Машиностроение», 1977.

Дополнительная

5. Михайлов О.И., Сухих Н.Н., Федоров С.М. Авиаприборы и пилотажно-навигационные комплексы: Учебное пособие для вузов гражданской авиации. Л. ОЛАГА, 1990.

6. Михайлов О.И. Инерциальные системы. Л, ОЛАГА, 1990.
7. Михайлов О.И., Сухих Н.Н. Методические указания по курсу «Авиационные приборы и пилотажно-навигационные комплексы» к теме «Прикладная теория гироскопа». Л., ОЛАГА, 1989.
8. Авиационные приборы. Методические указания по изучению раздела «Приборы контроля силовых установок». Л., ОЛАГА, 1981.
9. Михайлов В.В. Анализ полетной информации. Учебное пособие. С.-Петербург, АГА, 1998.
10. Веремеенко В.К., Красов А.И., Стулов Ю.Н., Шестаков И.Н. Авиационный спутниковый приемоиндикатор TNL-1000. Пособие по изучению прибора. Москва, МГАИ (Технический университет), 1998.