

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
В.Н. Бориков  
«07» 06 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ  
СИСТЕМ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП  
**12.04.01. - ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

**«Системы ориентации, стабилизации и навигации»**

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ)	– магистр
БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА	– 2015 г.
КУРС	– 2
СЕМЕСТР	– 3
КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ	– 6
ПРЕРЕКВИЗИТЫ М1.В2 – Актуальные проблемы и инновации в приборостроении; М2.В2 – математическое моделирование в приборных системах; М2.В1 – Информационные технологии в приборостроении; дисциплины подготовки бакалавров по направлению 200100- Приборостроение.	
КОРЕКВИЗИТЫ М.2.В.4.6 – Проектирование и производство приборов и систем ориентации; М2.В.4.1- Автоматизация конструкторского и технологического проектирования; М3.1 – Научно исследовательская работа; Диссертация на степень	
ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:	
<i>Лекции</i>	– 8 час.
<i>Лабораторные занятия</i>	– 24 час.
<i>Практические занятия</i>	– 16 час.
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	– 48 час.
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	– 168 час.
ИТОГО	– 216 час.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ	– <b>ОЧНАЯ</b>
ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	– экзамен 3 семестр
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ	– кафедра точного приборостроения

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ

В. Н. Бориков

РУКОВОДИТЕЛЬ ОПП

А. В. Юрченко

ОТВЕТСТВЕННЫЙ ЗА ПРОФИЛЬ

Т.Г. Нестеренко

ПРЕПОДАВАТЕЛИ

А. Н. Голиков

2015 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является теоретическая и практическая подготовка студента к инженерной деятельности в вопросах организации метрологического обеспечения при испытаниях приборов и систем, а также формирование у студентов положительного опыта самостоятельной работы и самообразования.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Метрологическое обеспечение и испытания систем ориентации и навигации» М2.В.2.5 относится к профессиональному циклу дисциплин.

**Пререквизитами** дисциплины являются: М1.В2 – Актуальные проблемы и инновации в приборостроении; М2.Б2 – математическое моделирование в приборных системах; М2.Б1 – Информационные технологии в приборостроении; дисциплины подготовки бакалавров по направлению 200100- Приборостроение.

**Корреквизитами** дисциплины являются: М.2.В.4.6 – Проектирование и производство приборов и систем ориентации; М2.В.4.1- Автоматизация конструкторского и технологического проектирования; М3.1 – Научно исследовательская работа; Диссертация на степень магистра.

## 3. Результаты освоения дисциплины

В результате изучения данной дисциплины студент должен:

### **Понимать:**

- научно-техническую терминологию;
- междисциплинарный характер дисциплины, достижения которой оказывают большое влияние на достоверность измерений при испытаниях систем ориентации и навигации;
- значимость самостоятельной познавательной деятельности.

### **Овладеть:**

- знаниями об основных этапах и правилах метрологического обеспечения приборов и систем ориентации на этапах их разработки, производства и эксплуатации в составе сложных технических систем включительно;
- навыками работы стандартами, нормативно-техническими документами, справочной литературой при решении (постановке) процессов (задач) по метрологическому обеспечению приборов и систем ориентации и навигации и средств испытаний.

В процессе освоения дисциплины у студента развиваются и закрепляются следующие компетенции.

### *1. Универсальные (общекультурные):*

- владеет культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения (ОК-1);
- способен логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, создавать тексты профессионального назначения (ОК-2);
- осознает социальную значимость своей будущей профессии, обладает высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОК-9);
- владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, имеет навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);
- способен предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей

общественной и профессиональной деятельности (ОК-14).

## 2. *Профессиональные:*

- способен использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1);
- способен участвовать в монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию опытных образцов техники (ПК-14);
- способен рассчитывать и проектировать элементы и устройства. Основанные на различных физических принципах действия (ПК-7);
- способен участвовать в разработке функциональных и структурных схем приборов (ПК-10);
- способен собирать и анализировать научно-техническую информацию в области метрологии, учитывать современные тенденции развития и использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии в профессиональной деятельности (ПК-2);
- способен работать с информацией в глобальных компьютерных сетях (ПК-3);
- способность проводить исследования, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ПК-4) ;
- способен к анализу технического задания и задач проектирования приборов на основе изучения технической литературы и патентных источников (ПК-9);
- готовность использовать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационно-управленческих решений на основе экономического анализа (ПК-33).
- способность организовать современное метрологическое обеспечение приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества и достоверности выполняемых измерений в технологических процессах (ПК-18);
- готовность решать экономические и организационные задачи технологической подготовки производства приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности производства (ПК-19);

## 4. 4. Структура и содержание дисциплины

### Содержание и объём лекций (8 часов)

#### 4.1.. Аннотированное содержание разделов дисциплины

**Раздел 1. Введение.** Роль и место метрологического обеспечения приборов и систем ориентации, навигации. Задачи систем ориентации и особенности измерений при определении параметров ориентации. Обеспечение метрологического контроля основных параметров прецизионных приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации в их жизненном цикле. Цели и задачи метрологических служб предприятий.

#### **Раздел 2. Метрологическое обеспечение измерений малых угловых скоростей.**

Особенности метрологического обеспечения измерений малых угловых скоростей. Методы сравнения с угловой скоростью Земли. Методы фиксированного времени или угла. Платформы постоянной скорости. Образцовые средства измерений малых угловых скоростей. Система централизованного воспроизведения единицы угловой скорости и передачи ее размера.

**Раздел 3. Метрологическое обеспечение измерений истинных азимутов.** Общая характеристика задачи. Методы определения направления меридиана по оси симметрии

азимутальных характеристики двухстепенных гироскопов. Анализ погрешностей. Астрономические системы измерения и хранения азимутов. Угловая стабильность фундаментов.

#### **Раздел 4. Метрологическое обеспечение измерений угловых ускорений.**

Вводные замечания по характеристике задачи. Методы фиксированного времени или угла. Методы сравнения с мерами по частоте. Равноускоренные платформы. Системы централизованного воспроизведения единицы углового ускорения и передачи ее размера.

#### **Раздел 5. Определение динамических характеристик.**

Общая характеристика задачи. Определение динамических характеристик при плоском движении платформы. Задающие системы. Эталонные средства динамических измерений. Определение динамических характеристик при пространственном движении платформы.

#### **Раздел 6. Испытания приборов систем управления**

Роль испытаний и контроля в жизненном цикле приборов и аппаратуры. Условия эксплуатации приборов и систем ориентации. Виды воздействующих факторов.

Организация и планирование испытаний. Испытания приборов на механические воздействия. Методы и средства испытаний. Климатические испытания приборов.

Электрические испытания приборов. Специальные виды испытаний приборов и систем ориентации и навигации. Метрологическое обеспечение. Автоматизация испытаний. Документация и анализ результатов испытаний.

### **4.2. Структура дисциплины по разделам и видам учебной деятельности**

(лекция, лабораторная работа, практическое занятие, семинар, коллоквиум, курсовой проект и др.) с указанием временного ресурса в часах приведена в таблице 1.

Таблица 1.

*Структура дисциплины  
по разделам и видам учебной деятельности*

Название раздела/ темы	Аудиторная работа (час)			СРС (час)	Колл, контр. Р.	Итого
	Лекции	Практ.	Лаб.			
Введение. Роль и место метрологического обеспечения приборов и систем ориентации, навигации	1	2		10		13
Метрологическое обеспечение измерений малых угловых скоростей	1	2	6	30		39
Метрологическое обеспечение измерений истинных азимутов	1	4	6	40		51
Метрологическое обеспечение измерений угловых ускорений	1	2	6	40		49
Определение динамических характеристик	1	2		20		23
Испытания приборов систем управления	3	4	6	28		51
Итого	8	16	24	168		216

### **Темы лабораторных занятий**

№ п/п	Темы лабораторных занятий	Объём, ч.
1	Наземные приборы гироскопического ориентирования и оптические устройства передачи азимута	6
2	Механические испытания приборов. (Вибрация. Метод качания	4

	частоты)	
3	Определение метрологических характеристик систем ориентации скважинных приборов	6
4	Выставка осей наклонно-поворотных установок относительно осей географической системы координат	6
5	Исследование метрологических характеристик стрелочных магнитных компасов и буссолей	2
	Итого	24

#### Темы практических занятий

№ п/п	Темы практических занятий	Объём, ч.
1	Хранители направления, гирокомпасы. Измерение и передача исходных (астрономических) азимутов методами взаимного визирования	4
2	Буссоли. Измерения локального магнитного склонения	2
3	Изучение конструкций и принципа работы и измерений средств испытаний приборов и систем ориентации: поворотной платформы типа УПГ-47, (56), наклонно-поворотные стенды типа СНП-168, УНП-3, качалки, стойки и штативы	2
4	Оценки погрешностей измерений	2
5	Составление методик выполнения измерений	2
6	Составление схем передачи единицы физической величины угла, угловой скорости, ускорения, динамических моментов	2
7	Экскурсии в отдел испытаний приборов и систем ориентации ЗАО «Томский приборный завод»; контроля и испытаний (диагностики) гироскопических исполнительных органов ФГУП НПЦ «Полюс»; отдел линейно-угловых измерений ТЦСМ	2
	Итого	16

#### 4.3 Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины					
		1	2	3	4	5	6
1	3.1	x	x	x	x	x	x
2	3.2	x	x	x	x	x	x
3	3.3	x	x		x	x	
4	3.4			x			x
5	У.1	x	x	x	x	x	x
6	У.2		x	x	x	x	x
7	У.3		x	x	x	x	x
8	У.4	x			x		
9	О.1		x	x		x	x

10	О.2		x		x	x	
11	ОК-1						
12	ОК-2		x		x	x	
13	ОК-9	x		x			x
14	ОК-12		x		x	x	
15	ОК-14	x	x		x	x	

## **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **6.1 Текущая СРС, направленная на углубление и закрепление знаний студента, развития практических умений**

6.1.1 Проработка лекционного материала, подготовка к коллоквиумам по разделам курса.

6.1.2 Опережающая самостоятельная работа по темам практических занятий

6.1.3. Подготовка к контрольной работе и коллоквиуму, к зачету

### **6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)**

Направлена на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов.

### **6.3 Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине**

#### **6.3.1 Перечень научных проблем и направлений научных исследований.**

1. Обеспечение метрологического контроля основных параметров прецизионных приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации в их жизненном цикле.
2. Цели и задачи метрологических служб предприятий-изготовителей СОиН.
3. Методы контроля метрологических показателей систем позиционирования типа GPS, ГЛОНАСС.
4. Системы централизованного воспроизведения единицы углового ускорения и передачи ее размера.
5. Условия эксплуатации бортовых приборов и систем ориентации.
6. О погрешностях СО по видам влияющих факторов.
7. Организация и планирование испытаний.
8. Эталонные средства динамических измерений.
9. Методы начальной выставки БИНС.
10. Испытания систем ориентации на основе микромеханических чувствительных элементах.
11. Средства калибровки скважинных систем ориентации.
12. Выставка осей поворотов наклонно-поворотной установки относительно плоскости горизонта и истинного меридиана.

### **6.4. Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

### **6.5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

1. Гормаков А. Н. Высокоточные угловые измерения в приборостроении (методы и средства). Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология приборостроения» для студентов дневной и заочной форм обучения направления 551500 – «Приборостроение» и по дисциплине «Технология

электрооборудования летательных аппаратов» для специальности 181200 – Электрооборудование летательных аппаратов. Томск. ИПФ ТПУ, 2000, 35 с.

2. Гормаков А.Н. Использование скрытых баз при контроле точностных характеристик оборудования для испытания систем ориентации космических аппаратов //Тезисы докладов научно-практической конференции Третьего Сибирского Международного авиационно-космического салона САКС-2004 - Красноярск, 3-5 декабря 2004. - Красноярск, 2004. - с. 55-57.

3. Белянин Л.Н., Голиков А.Н. О метрологическом обеспечении систем гирокомпасирования в каналах азимутов инклинометров //Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности: Сб. трудов ОАО «Геофит» ВНК. Т. 2. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. С.70–77.

4. Анучин О.Н., Емельянцева Г.Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. -Санкт-Петербург, 1999. -356с.

5. Журналы «Гироскопия и навигация»

6. Технические описания, руководства по эксплуатации средств испытаний и средств измерений, вспомогательного оборудования.

Ряд основных учебных пособий доступны через Internet.

## **7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины**

Контроль знаний студента по теоретическому курсу осуществляется раз в месяц путем проведения контрольных работ (или коллоквиумов).

Вопросы для самоконтроля

1. Методы регулировки и градуировки средств измерений.
2. Роль и место испытаний приборов в процессе разработки и производства.
3. Объем проверки приборов.
4. Виды испытаний.
5. Натурные и полунатурные испытания.
6. Вибропрочность и виброустойчивость аппаратуры.
7. Испытания транспортировочные.
8. Испытания приборов на воздействие вибрации методом фиксированных частот.
9. Метод испытаний на полигармоническую вибрацию.
10. Стендовые испытания.
11. Метод испытаний на широкополосную случайную вибрацию.
12. Метод многокомпонентных испытаний.
13. Основное назначение виброиспытательных комплексов.
14. Метод ускоренных испытаний на ресурс.
15. Метод испытаний приборов с разрушением конструкции.
16. Методы определения собственных частот.
17. Устройство генератора испытательных сигналов.
18. Средства возбуждения механических колебаний.
19. Системы для измерения параметров приборов.
20. Испытания приборов на ударную прочность и устойчивость.
21. Испытания приборов на акустические воздействия.
22. Общая идеология климатических испытаний.
23. Температурные испытания и испытательное оборудование.
24. Испытания приборов на влагуустойчивость.
25. Испытания на воздействия солнечного излучения.
26. Испытание на статическое и динамическое воздействие пыли.

27. Испытания на воздействия соляного тумана.
28. Испытания на воздействия атмосферного, статического, гидравлического давления и водонепроницаемость.
29. Электрические испытания. Методы и испытательное оборудование.
30. Специальные виды космических испытаний.
31. Методы и оборудование для выполнения ударных испытаний.
32. Оборудование для проведения акустических испытаний.
33. Оборудование для проведения климатических испытаний.
34. Оборудование для проведения электрических испытаний.
35. Оборудование для проведения вибрационных испытаний.
36. Контрольно-испытательная аппаратура. Назначение.
37. Требования к контрольно-испытательной аппаратуре.
38. Организация и планирование испытаний.
39. Структура, основные разделы программ испытаний.
40. Структура, основные разделы методик испытаний
41. Испытание систем ориентаций аналитического типа на точность. Условия, оборудование, метрологическое обеспечение.
42. Испытания на биостойкость.
43. Испытания приборов на действие радиационных и ионизирующих излучений.
44. Испытания на воздействие низких давлений температур.
45. Средства измерения параметров вибрации.
46. Принципы построения схем автоматизации испытаний.
47. Основные требования к обеспечению автоматизированной системы испытаний.
48. Комплексные климатические воздействия.
49. Принцип построения испытательной станции.
50. Количественные показатели надежности.
51. Метрологическое обеспечение испытаний.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля**

### **Основная литература**

1. Закон РФ от 28.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
2. Широков В.Н., Лобанков В.М. Метрология, стандартизация: Учебник. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 498 с.
3. Иванов В. А. Метрологическое обеспечение гироприборов. –Л. судостроение, 1983. – 180 с
4. Ригли У., Холлистер У., Денхард У. Теория, проектирование и испытания гироприборов. – М.: Мир, 1982. – 255 с.
5. Теоретические основы испытаний и экспериментальная обработка сложных технических систем/Л. Н. Александровская, В.И. Круглов, А. Г. Кузнецов и др. Учебное пособие. – М.: Логос, 2003. – 736 с.

### **Дополнительная литература**

6. Системная метрология: метрологические системы и метрология систем/В. А. Грановский. – СПб., 199. –360 с.
7. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн./ Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн.1. - 1982. – 528 с.
8. Испытательная техника: Справочник. В 2-х кн./ Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн. 2. - 1982. – 560 с.
9. Малинский В.Д., Бегларян В.Х., Дубницкий Л.Г. Испытания аппаратуры и средств измерений на действие внешних факторов: Справочник/ под ред. В.Д. Малинского. – М.: Машиностроение, 1993. – 576 с.

10. Сборник инструкций по производству поверок геодезических приборов. / Гл. управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М.: Недра, 1988. – 77 с.

11. Гироскопическое ориентирование. Руководство по астрономо-геодезическим работам при топогеодезическом обеспечении войск: В 3-х ч. – Ч.3.– М.: Редакционно – издательский отдел ВТС, 1979. – 224 с.

12. Методика выполнения измерений магнитного склонения. Утв. проректором по НР ТПУ В. А. Власовым 22.02.2002 г. – Томск: ТПУ. 2002. – 9 с.

13. Журнал: Гироскопия и навигация

#### **Учебно-методические пособия**

14. Гормаков А. Н. Высокоточные угловые измерения в приборостроении (методы и средства). Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология приборостроения» для студентов дневной и заочной форм обучения направления 551500 – «Приборостроение» и по дисциплине «Технология электрооборудования летательных аппаратов» для специальности 181200 – Электрооборудование летательных аппаратов. Томск. ИПФ ТПУ, 2000, 35 с.

15. Голиков А. Н. Выставка осей наклонно-поворотного станда в плоскость горизонта и плоскость истинного меридиана. Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Технология испытаний механоэлектронных приборов» для студентов специальности 200101 «Приборостроение» очного обучения. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – с.

16. Голиков А. Н. Исследование (калибровка) стрелочных магнитных компасов и буссолой. Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу «Технология испытаний механоэлектронных приборов» для студентов специальности 200101 «Приборостроение» очного обучения. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. –18 с.

### **9. Материально-техническое обеспечение модуля**

1. При изложении и изучении данной дисциплины используются видеоматериалы, наглядные пособия (стандарты, нормативно-технические документы, программы и методики испытаний), специализированная аудитория с техническими средствами обучения.

2. Лабораторные занятия проводятся:

- в специализированных лабораториях 210-4, лаборатории вибрационных испытаний и станочной мастерской кафедры ТПС ТПУ;
- в научно-исследовательской лаборатории инклинометрических систем (НИЛИС) кафедры ТПС ТПУ;
- на специализированных участках цеха испытаний предприятий ФГУП НПЦ «Плюс» и ЗАО «Томский приборный завод»
- Отдел линейно-угловых измерений ФГУП «ТЦСМ» г. Томск

3. При выполнении занятий используются:

- элементы приборных устройств (детали и элементы приборов и систем ориентации, электромеханические приборы, амортизаторы);
- электродинамические вибростенды и установки для испытания приборов при гармонической и случайной вибрациях, типа ВЭДС, ST – 1000, ВУ-14, ГМК; одноосный и двухосный стенды для имитации качки (каф. ТПС и ФГУП НПЦ «Полюс»);
- ударные стенды для выполнения испытания приборов ударное воздействие, стенд для воспроизведения линейных ускорений (ФГУП НПЦ «Полюс»);
- термо- и барокамеры; камеры тепла, холода, камеры дождя, инея, камеры низкого давления (ФГУП НПЦ «Полюс»);

- высокоточные наклонно-поворотные стенды (кафедра ТПС)
- средства контроля, измерения и передачи углов (параметров ориентации) для испытания датчиков и систем ориентации на точность - хранители направлений, гирокомпасы, квадранты оптические) (кафедра ТПС, НИЛИС).
- 10.4. Практические занятия (ознакомительные экскурсии) в цехах испытаний ФГУП НПП «Полус» и ЗАО «Томский приборный завод» выполняются на условиях учебно-методической помощи для ТПУ.

Практические занятия по метрологическому обеспечению приборов и систем ориентации проводятся в специализированных аудиториях кафедры, оснащённых мультимедийным оборудованием, компьютерами с выходом в интернет. Используются лицензионные программные продукты.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 12.04.01. - ПРИБОРОСТРОЕНИЕ и профилю магистерской подготовки СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ, СТАБИЛИЗАЦИИ И НАВИГАЦИИ

Программа одобрена на заседании кафедры Точного приборостроения

(протокол № 132 от «04» июня 2015 г.).

---

Автор

доцент кафедры ТПС ИНК  Голиков А.Н.

Рецензент

доцент кафедры ТПС ИНК  Гормаков А.Н.