

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор ЦОЦ «Институт
непрерывного образования

Е.В. Мошкина
Е.В. Мошкина

« 6 » ноября 2023 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

**«Введение в математические модели
глобальных спутниковых навигационных систем»**

Красноярск 2023

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Аннотация программы

Курс повышения квалификации знакомит математиков и специалистов смежных естественнонаучных и инженерных специальностей с актуальной областью прикладных исследований и перспективных разработок и предоставляет необходимую базовую информацию и алгоритмы, используемые для моделирования функционирования всех навигационных спутниковых систем (GPS, ГЛОНАСС, Beidou, Galileo и т.д.), обработки их сигналов, прогнозирования спутниковых орбит, а также актуальную информацию, необходимую для решения реальных навигационных задач (параметры ориентации Земли, системы координат, шкалы времени и другие физические и другие технические вопросы, которые важны, если мы хотим достичь необходимой точности).

Курс нацелен на математическое моделирование ГНСС (раскрываются необходимые математические методы, используемые в этой области). Кратко освещаются многочисленные физические и технические проблемы, решение которых необходимо для получения высокоточного позиционирования, предоставляется необходимая вводная информация и дальнейшие рекомендации.

Для обучения на курсе требуется только базовая математическая подготовка (степени бакалавра в любой технической дисциплине будет более чем достаточно) и базовые знания физических или технических аспектов. Хотя этот курс является вводным, заинтересованному участнику будет предоставлена прочная база для дальнейшего продвижения в освоении темы, если он или она захочет профессионально участвовать в теоретической и практической деятельности в этой области после завершения курса.

1.2. Цель программы

Повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации в сфере использования навигационных спутниковых систем. Совершенствование профессиональных компетенций преподавателей вуза, научных работников, аспирантов и магистров в использовании современных математических методов в данной сфере для научных исследований и работы с обучающимися в основном и дополнительном образовании на разных ступенях обучения.

1.3. Компетенции (трудовые функции) в соответствии с профессиональным стандартом (формирование новых или совершенствование имеющихся)

Программа повышения квалификации разработана с учетом требований Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих (ЕКСД), «Квалификационная характеристика должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования», «Должности профессорско-преподавательского состава»:

- организует и проводит учебную, воспитательную и учебно-методическую работу по преподаваемой дисциплине или отдельным видам учебных занятий;
- создает условия для формирования у обучающихся (студентов, слушателей) основных составляющих компетентности, обеспечивающей успешность будущей профессиональной деятельности выпускников;
- проводит все виды учебных занятий, учебной работы;
- разрабатывает рабочие программы по преподаваемым дисциплинам;
- комплектует и разрабатывает методическое обеспечение преподаваемых дисциплин или отдельных видов учебных занятий и учебной работы;
- принимает участие в научно-исследовательской работе обучающихся (студентов, слушателей), руководит их самостоятельной работой по преподаваемой дисциплине или отдельным видам учебных занятий и учебной работы, участвует в профессиональной ориентации школьников;
- контролирует и проверяет выполнение обучающимися (студентами, слушателями) домашних заданий, соблюдение ими правил по охране труда и пожарной безопасности при проведении учебных занятий, выполнении лабораторных работ и практических занятий;
- принимает участие в подготовке учебников, учебных и учебно-методических пособий, разработке, рабочих программ и других видов учебно-методической работы кафедры или иного структурного подразделения.

1.4. Планируемые результаты обучения

В результате успешного освоения программы слушатели будут способны:

РО1. Использовать специфику имеющихся ГНСС (глобальных спутниковых навигационных систем), основные их характеристики точности и доступности.

РО2. Применять на практике постановки основных математических задач, связанных с работой навигационных систем, в том числе при решении навигационных задач.

РО3. Использовать основные модели поверхности Земли: геоида и референц-эллипсоида как простейшей модели поверхности Земли, системы координат WGS-84, современные модели гравитационного поля Земли при моделировании динамики спутников и решении навигационных задач.

РО4. Применять основные характеристики ПВЗ (параметров вращения Земли), с учетом их важности для решения прикладных задач навигации в зависимости от необходимой точности результата, в том числе загружать и использовать доступные и прогнозные ПВЗ.

РО5. Находить в сети Интернет информацию о продуктах международных служб (Международной службы вращения Земли и др.) и национальных служб, вычисляющих ПВЗ и прочие параметры сопутствующих небесных и земных систем координат.

РО6. Применять данные о международных и российских шкалах времени, шкалах времени ГНСС.

РО7. Использовать доступные данные о необходимых поправках в данных ГНСС (влияние среды распространения, уходов часов спутников и др.) для повышения точности решения навигационных задач.

1.5. Категория слушателей: преподаватели, научные работники, аспиранты, магистранты вузов.

1.6. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение

Слушатели с наличием базового высшего или среднего профессионального образования по математике. Необходимо владение базовыми интернет-технологиями (веб-поиск, файловые сервисы и пр.), навыки работы в программах для организации видеоконференций.

1.7. Продолжительность обучения: 54 академических часа.

1.8. Форма обучения: очно-заочная с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

1.9. Требования к материально-техническому обеспечению, необходимому для реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации (требования к аудитории, компьютерному классу, программному обеспечению)

Аудитория для проведения занятий, оснащенная доской.

Для доступа к учебным материалам в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru/>) и дистанционным занятиям необходимо наличие у слушателя компьютера или ноутбука, имеющего стандартное программное обеспечение (операционная система, офисные программы), выход в Интернет, возможность подключения к сервису видеоконференций.

1.10. Документ об образовании: удостоверение о повышении квалификации установленного образца.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Наименование и содержание разделов и тем программы	Всего часов	В том числе:		Использование средств ЭО и ДОТ	Результаты обучения
			Контактная работа	Самостоятельная работа		
1.	Различные ГНСС (Китайская ГНСС Beidou, европейская Galileo и др.)	6	2	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO1
2.	Построение математических моделей. Общие принципы. Простейшая модель решения навигационной задачи по сигналам ГНСС	8	4	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO2
3	Гравитационное поле Земли. Геоид, Референц-эллипсоид Красовского. Система WGS-84	6	2	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO3
4.	Параметры вращения Земли. Небесная система координат. Проблема привязки системы координат к космическим объектам	8	4	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO4
5.	International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) — Международная служба вращения Земли (МСВЗ). Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами (РСДБ)	6	2	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO5
6.	Международные и национальные шкалы времени, их точность и согласование. Шкалы времени систем ГЛОНАСС и GPS.	7	3	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO6
7.	Бюджет ошибок ГНСС-измерений. Ионосферные, тропосферные задержки. Уход часов НКА и станций. Неточности эфемерид НКА	8	4	4	Система электронного обучения СФУ, видеоконференция.	PO7
	Итоговый контроль	4	4			PO1–PO7
	ИТОГО	54	26	28		

2.2. План учебной деятельности

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы / инструменты / технологии
<p>РО1. Использовать специфику имеющихся ГНСС (глобальных спутниковых навигационных систем), основные их характеристики точности и доступности</p>	<p>Изучение основных характеристик современных ГНСС: GPS, GLONASS, Китайская ГНСС Beidou, европейская Galileo, региональных систем. Описание сигналов ГНСС и их использования в навигационных приемниках. Разбор других систем (самостоятельно). Обсуждение</p>	<p>Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы». Видеоконференция</p>
<p>РО2. Применять на практике постановки основных математических задач, связанных с работой навигационных систем, в том числе при решении навигационных задач</p>	<p>Изучение основных методов решения навигационных задач на основе приема сигналов ГНСС. Специфика и сложность эфемеридно-временного обеспечения работы систем ГНСС, возникающие при вычислении и прогнозе траекторий спутников. Обсуждение</p>	<p>Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы». Видеоконференция</p>
<p>РО3. Использовать основные модели поверхности Земли: геоида и референц-эллипсоида как простейшей модели поверхности Земли, системы координат WGS-84, современные модели гравитационного поля Земли при моделировании динамики спутников и решении навигационных задач</p>	<p>Изучение основных моделей поверхности Земли: геоида и референц-эллипсоида в историческом плане и при оценке точности требуемых систем координат, российские, международные системы координат. Современные модели гравитационного поля Земли. Методы спутниковой геодезии для построения модели гравитационного поля Земли. Постановка задач и темы для самостоятельного изучения и подготовки отчетных докладов и письменных работ</p>	<p>Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы». Видеоконференция</p>
<p>РО4. Применять основные характеристики ПВЗ (параметров вращения Земли), с учетом их важности для решения прикладных задач навигации в зависимости от необходимой точности результата, в том числе загружать и использовать доступные и прогнозные ПВЗ</p>	<p>Изучение необходимых понятий и теоретического материала по теме, обсуждение достижимой точности в современных условиях. Обзор доступных в сети интернет ресурсов с данными о ПВЗ</p>	<p>Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «e-Курсы». Видеоконференция</p>

Результаты обучения	Учебные действия / формы текущего контроля	Используемые ресурсы / инструменты / технологии
РО5. Находить в сети Интернет информацию о продуктах международных служб (Международной службы вращения Земли и др.) и национальных служб, вычисляющих ПВЗ и прочие параметры сопутствующих небесных и земных систем координат	Обзор международных и российских служб для наблюдения ПВЗ, астрономические и космологические аспекты их деятельности. Обсуждение, постановка задач для самостоятельного изучения и подготовки слушателями отчетных материалов	Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы». Видеоконференция
РО6. Применять данные о международных и российских шкалах времени, шкалах времени ГНСС	Изучение астрономических, атомных и других шкал времени. Метрологическое обеспечение точных шкал времени национальными и международными службами. Особенности шкал времени различных ГНСС. Обсуждение	Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы». Видеоконференция
РО7. Использовать доступные данные о необходимых поправках в данных ГНСС (влияние среды распространения, уходов часов спутников и др.) для повышения точности решения навигационных задач	Изложение необходимого материала (бюджет ошибок, оценка величины влияния различных факторов на точность данных ГНСС). Постановка задач для самостоятельного решения и подготовки отчетных материалов по соответствующим темам (ионосферные, тропосферные поправки и пр.)	Материалы электронного курса в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы». Видеоконференция

2.3. Виды и содержание самостоятельной работы

Список тем для самостоятельной работы определяется преподавателям с учётом индивидуальной подготовки слушателей и планируемыми результатами обучения. Примерные темы для устных сообщений или кратких письменных работ, а также методические материалы, необходимые для их выполнения, представлены в соответствующих элементах электронного курса в системе электронного обучения СФУ «е-Курсы» (<https://e.sfu-kras.ru/>).

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Учебно-методическое обеспечение, в т.ч. электронные ресурсы в корпоративной сети СФУ и сети Интернет

1. Аксенов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1977.
2. Кашкаров А. П. Система спутниковой навигации ГЛОНАСС. – М.: ДМК Пресс, 2018.
3. Херрик С. Астродинамика = Astrodynamics: перевод с англ. / С. Херрик; под ред. В.А. Сарычев. – М.: Мир, 1976–1978.
4. Эльясберг П.Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. – М.: Наука, 1965.
5. Montenbruck O., Gill E. Satellite Orbits, «Springer» 2005, 382 p.
6. GPS / Материал из Википедии. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS>.
7. Восьмая Всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019). 15–19 апреля 2019 г., Санкт-Петербург, ИПА РАН. – URL: <https://iaaras.ru/meetings/kvno2019/>.
8. Космические аппараты / Сайт АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва». – URL: <http://www.iss-reshetnev.ru/spacecraft>.
9. Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС. Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения. – URL: <https://www.glonass-iac.ru/>.
10. Пункт метрологического контроля системы высокоточного определения эфемерид и временных правок. – URL: <http://glonass-svoevp.ru/index.php?lang=ru>.
11. Роскосмос. ГЛОНАСС — российская глобальная навигационная система. – URL: <https://www.roscosmos.ru/21923/>.
12. СДКМ / Материал из Википедии. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%94%D0%9A%D0%9C>.
13. Система дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ). – URL: <https://sdcm.ru/%d0%be%d0%bf%d0%b8%d1%81%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d0%b5/>.
14. Спутниковая система навигации / Материал из Википедии. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System#Space_segment.
15. Спутниковые блоки GPS / Материал из Википедии. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/GPS_satellite_blocks.

IV. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. Формы аттестации, оценочные материалы, методические материалы

Программа предусматривает проведение текущего контроля и итоговой аттестации. Текущий контроль слушателей проводится на основе оценки активности и участия в дискуссиях в ходе занятий, а также качества выполнения заданий, предложенных преподавателем.

Методические материалы, необходимые для освоения курса и выполнения текущих заданий, предоставлены в соответствующих элементах электронного обучающего курса.

Критерии оценивания результатов работы:

- уровень освоения учебного материала;
- уровень использования теоретического знания при выполнении практических задач;
- обоснованность и чёткость изложения материала;
- правильное употребление математических понятий и терминов;
- умение обосновать свою точку зрения.

4.2. Требования и содержание итоговой аттестации

Основанием для аттестации слушателей программы повышения квалификации является успешное выполнение текущих заданий, предложенных преподавателем, — положительная оценка письменных работ после обсуждения результатов с преподавателем.

Программу составил:

Д-р физ.-мат. наук, профессор

С.П. Царев

С.П. Царев

Руководитель программы:

Д-р физ.-мат. наук, профессор

С.П. Царев

С.П. Царев