

## **НОВЫЕ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ В ОБЛАСТИ GNSS В СГАУ**

К. Борре, И.А. Кудрявцев

Самарский государственный аэрокосмический университет им. ак. С.П. Королева  
(Национальный исследовательский университет), Самара, Россия

[rtf@ssau.ru](mailto:rtf@ssau.ru)

С осени 2014 года Самарский государственный аэрокосмический университет (СГАУ) начинает обучение магистров по двум новым направлениям, посвященным ГНСС (Глобальные Навигационные Спутниковые Системы) на английском языке. Одна из программ концентрируется на программном обеспечении и алгоритмах, а другая на разработке аппаратной и программной компонент приемников.

Создание этих направлений обусловлено очевидностью того факта, что Глобальные Навигационные Спутниковые Системы имеют важное влияние на многие аспекты современной жизни человека. ГНСС полезны для любого типа навигации, особенно для различной космической деятельности.

Новые магистерские программы частично строятся на учебном плане, который был протестирован в Ольборгском университете Дании в период с 2000 по 2013 год. В 1990-х годах первые курсы по GPS читались в Ольборгском университете для студентов-геодезистов.

План седьмого семестра включал Матлаб, цифровую обработку сигналов, технику написания научных работ и т.д. В таблицах 1 и 2 представлены специальные курсы на более поздних семестрах. 10-й семестр был посвящен написанию магистерской работы. Обучение состояло из лекций и практических занятий, в ходе которых писались многочисленные скрипты для Матлаб. Половина времени посвящалась курсовой работе, что характерно для модели обучения в Ольборгском университете.

Мы старались создать новые концепции и способы мышления для студентов настолько простыми и понятными, насколько это возможно. Но даже после этих усилий они считали, что предмет сложен для понимания. Таким образом, мы пришли к новой педагогической идее разделения предмета на более мелкие части, начиная с RINEX файлов данных наблюдений и навигационных файлов. Результатом стало создание EASY Suite I, которая была опубликована в 2003 году, и в первый год ее скачали более чем 180000 раз.

Программа была предназначена только для студентов-геодезистов Дании. Обнаружилась заинтересованность со стороны иностранных студентов. В результате в феврале 2000 года мы начали с 10 иностранных студентов, посещающих доработанную и дополненную англоязычную программу по GPS-технологии.

В феврале 2013 года обучение в Ольборгском университете было приостановлено руководством. На протяжении нескольких лет более 60 студентов получили диплом магистра и около 40 студентов были слушателями на протяжении одного-двух семестров.

Таблица 1 – Ольборгский университет, 8 семестр: Основы GPS и Алгоритмы

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| Basic GPS Theory                 | 2 ECTS |
| Engineering Responsibilities     | 1 ECTS |
| Adaptive Systems                 | 1 ECTS |
| Reference Frames and Basic Units | 1 ECTS |
| Datum and Geoid                  | 1 ECTS |

### Секция 3. Космическое образование

Таблица 2 – Ольборгский университет, 9 семестр: Системы GPS и прикладная кинематика

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| GPS Applications               | 1 ECTS |
| Discrete-Time Kalman Filtering | 2 ECTS |
| Receiver Technology            | 2 ECTS |
| Propagation of GPS Signals     | 1 ECTS |

Магистерские программы обучения по ГНСС, СГАУ

Основываясь на опыте Ольборгского университета, в СГАУ объявлены две новые программы. Ядром обеих программ являются проверенные в Ольборгском университете курсы, а также в программы включены несколько курсов, имеющих особое значение для СГАУ.

Очевидно, ГНСС имеет и будет иметь огромное влияние на некоторые виды социальной деятельности в ближайшем и далеком будущем. Совершенно очевидно, что нам необходимы дальнейшие исследования в области сигналов, устойчивых к помехам, и обнаружение сигналов подмены и аутентификация. Действительно, безопасность ГНСС будет иметь особую значимость в текущем десятилетии. Таким образом, мы можем видеть следующие этапы развитие ГНСС:

- 1970-е строительство созвездий спутников для обеспечения доступности;
- 1980-е повышение точности с помощью дифференциальных подсистем ГНСС (ДГНСС);
- 1990-е обеспечение целостности для безопасности критически важных приложений с расширением GNSS;
- 2000-2010 расширение охвата ГНСС в городах и внутри помещений, используя ГНСС с вспомогательными средствами;
- с 2010 по 2020 защита от атак отказа в обслуживании (узкополосные помехи) и подделки сигналов ГНСС (подмена).

Сталкиваясь с этими проблемами, современные навигационные приемники должны осуществлять сложную обработку сигналов, использовать передовые аппаратные решения, а также получать некоторую побочную информацию для дополнения обычных методов. Применение в летательных и космических аппаратах требует специальных алгоритмов, учитывающих естественную динамику полета, требования по применению на борту и т.д. Поэтому специалисты следующего десятилетия должны быть компетентными в области цифровой и аналоговой электроники и иметь глубокие знания алгоритмов ГНСС. С другой стороны, вероятно, что многие приложения будут использовать OEM-модули и другие подобные технические решения.

Две программы, открытые в СГАУ, нацелены на реализацию этих двух подходов: во-первых, подразумевают разработку низкоуровневых ГНСС-модулей и специальных алгоритмов, и во-вторых, сосредотачивают внимание на алгоритмах, используемых для приложений, рассчитанных на конечного пользователя. Конечно, программы содержат несколько одинаковых базовых курсов, кроме того, первый семестр идентичен. В таблицах 3 - 7 приведено содержание программ.

Таблица 3 – СГАУ, 9 семестр, Алгоритмы и программное обеспечение, а также Навигационные приемники: Аппаратное и программное обеспечение

|   |         |
|---|---------|
| History and Methodology of Science                                  | 3 ECTS  |
| Modern Problems of Science and Stable Development                   | 4 ECTS  |
| Radio Receiver's Theory (Including Communication on Noisy Channels) | 3 ECTS  |
| Basic GPS Theory  | 3 ECTS  |
| Digital Signal Processing Algorithms                                | 3 ECTS  |
| Matlab Programming (Free Study Activity)                            | 3 ECTS  |
| Academic English  | 2 ECTS  |
| Course Project  | 10 ECTS |

### Секция 3. Космическое образование

Таблица 4 – СГАУ, семестр А, Алгоритмы и программное обеспечение

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| Introduction to Aerospace Navigation | 3 ECTS  |
| Introduction to Flight Dynamics      | 3 ECTS  |
| Discrete-Time Kalman Filtering       | 3 ECTS  |
| Reference Frames, Datum, and Geoid   | 3 ECTS  |
| English (Presenting Research)        | 3 ECTS  |
| Course Project                       | 15 ECTS |

Таблица 5 – СГАУ, семестр В, Алгоритмы и программное обеспечение

|   |         |
|---|---------|
| Optimal Planning of Navigation Measurements                   | 2 ECTS  |
| GPS Modules and Application in Aircraft and Spacecraft        | 3 ECTS  |
| Position Computations   | 3 ECTS  |
| Introduction to Inertial Navigation and Integration with GNSS | 3 ECTS  |
| Course Project  | 20 ECTS |

Таблица 6 – СГАУ, 9 семестр, Приемники: аппаратное и программное обеспечение

|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| Radio Navigation Theory and Radars | 4 ECTS  |
| Design and Applications with FPGA  | 4 ECTS  |
| Receiver Technology (SDR)          | 3 ECTS  |
| Reference Frames, Datum, and Geoid | 3 ECTS  |
| Basics of Nanoelectronics          | 4 ECTS  |
| English (Presenting Research)      | 3 ECTS  |
| Course Project                     | 10 ECTS |

Таблица 7 – СГАУ, семестр А, Приемники: аппаратное и программное обеспечение

|  |         |
|--|---------|
| Optical Methods in Navigation                          | 2 ECTS  |
| Algorithms of Acquisition and Tracking                 | 3 ECTS  |
| Altium Designer and PCB Development                    | 3 ECTS  |
| GPS Modules and Application in Aircraft and Spacecraft | 3 ECTS  |
| DSP Processors and Hardware                            | 3 ECTS  |
| Position Computations                                  | 3 ECTS  |
| Analog and Digital Electronics                         | 3 ECTS  |
| Course Project   | 10 ECTS |

Обучение обеспечивает активную исследовательскую деятельность студентов обеих программ в соответствии с требованиями российских стандартов. Формально эта деятельность сосредоточена в курсовых проектах, предусмотренных во всех семестрах. Эти курсовые проекты индивидуальны, и их цель заключается в получении практических навыков исследовательской и самостоятельной работы для каждого студента. Эти курсовые проекты выполняются в течение всего семестра под регулярным наблюдением ответственных за это преподавателей.

Обе программы преподаются на английском языке и рассчитаны на студентов из различных стран, имеющих различный уровень владения языком. Поэтому естественным является наличие курса английского языка, который позволит получить навыки письменной речи и способности представить результаты исследований в устной форме.

Последние семестры посвящены подготовке магистерских диссертаций. Благодаря нескольким соглашениям с университетами-партнерами студенты имеют возможность работать в научно-исследовательских группах в Европе и США. Этот подход в нашем веке представляется естественным для получения разностороннего опыта в области исследований и инженерной практике.