

## ПРОЕКТ INMOTION. ВПЕЧАТЛЕНИЯ ПО ГОРЯЧИМ СЛЕДАМ

Сениченков Ю. Б.<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор, ✉ [senyb@dcn.icc.spbstu.ru](mailto:senyb@dcn.icc.spbstu.ru)

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
ул. Политехническая, д. 21, 194021, Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

Международный проект InMotion (Германия, Испания, Словения, Россия, Малайзия) в рамках программы европейского союза Erasmus+ был посвящен разработке электронных и дистанционных курсов «Компьютерное моделирование» для инженеров. Авторами проекта предлагается включить моделирование в число фундаментальных инженерных курсов. Для методического обеспечения новых дисциплин были разработаны учебные планы, традиционные учебники и их электронные версии, и дистанционные курсы. (Испания, Словения, Россия). В статье обсуждается опыт преподавания новых дисциплин в течении 2019–2020 учебного года в университетах участников проекта.

**Ключевые слова:** математическое и компьютерное моделирование для инженеров, объектно-ориентированное моделирование, сложные динамические системы, средства моделирования и имитационного моделирования в образовании, проект InMotion.

**Цитирование:** Сениченков Ю. Б. Проект InMotion. Впечатления по горячим следам // Компьютерные инструменты в образовании. 2020. № 1. С. 87–98. doi: 10.32603/2071-2340-2020-1-87-98

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о роли и месте компьютерного моделирования в инженерном образовании обсуждается давно. Первоначальная точка зрения: инженер — конечный пользователь математических моделей, реализованных в виде компьютерных программ, с годами модифицировалась и с появлением пакета Simulink в конце прошлого века, казалось бы, должна была смениться новой: инженер — разработчик и пользователь компьютерных моделей, созданных с помощью сред моделирования.

Знания и умения разработчика существенно отличаются от знаний и умений пользователя, а это требует изменения программ обучения инженеров — модификации математических и компьютерных курсов и введения новых, связанных с созданием и использованием моделей. Как использование компьютерных моделей в науке, образовании и особенно в промышленности, так и изменение учебных программ должно быть обосновано. В промышленности обоснованность можно измерить деньгами.

Доисторическому периоду компьютерного моделирования (до 90-х годов XX столетия) свойственно ручное производство моделей и интерфейсов, позволявших проводить вычислительные эксперименты с моделью. Код модели и оболочки разрабатывали на

алгоритмических языках Fortran, C, Java, ... — языках низкого уровня. Это можно было себе позволить, так как моделирование не носило массового характера. Алгоритмические языки уже преподавались инженерам, и изменения в программах сводились к добавлению специальных курсов.

Ранний промышленный период компьютерного моделирования (первые двадцать лет XXI века) характеризовался усложнением объектов исследования и производства, что повлекло к увеличению спроса на надежные, быстро изготавливаемые и дешевые компьютерные модели. Появление графических языков моделирования — языка блок-схем пакета Simulink, объектно-ориентированного языка Modelica внесло два существенных изменения. Промышленность стала покупать пакеты моделирования и создавать прикладные библиотеки, а в университетах стали изучать конкретные среды и их языки моделирования как новую разновидность программного обеспечения и алгоритмических языков высокого уровня.

Сейчас уже пришло понимание того, что компьютерное моделирование с использованием математических и алгоритмических моделей является мощным инструментом исследования и проектирования промышленных объектов, и учить инженеров следует не использованию конкретных сред и языков, а моделированию. Моделирование — новая фундаментальная инженерная дисциплина, выросшая из теперь уже коротких ей штанишек, свойственных специальным дисциплинам. Однако понимание и реализация — это две большие разницы, как говорят в Одессе. В этом легко убедиться, взглянув, например, на список современных учебников по компьютерному моделированию (<http://simulation.su/static/ru-manuals-3.html>).

Проект InMotion (<http://www.inmotion-project.net/index.php/ru/>) «Новые стратегии обучения инженеров с использованием сред визуального моделирования и открытых учебных платформ» (рис. 1) преследовал две цели:

1) создать учебно-методический комплекс, помогающий модифицировать существующие программы обучения инженеров так, чтобы моделирование стало в них фундаментальной дисциплиной,

2) разработать курсы дистанционного образования, которые можно было временно использовать для обучения компьютерному моделированию в тех университетах, где еще не сформировался свой собственный подход к преподаванию компьютерного моделирования<sup>1</sup>.

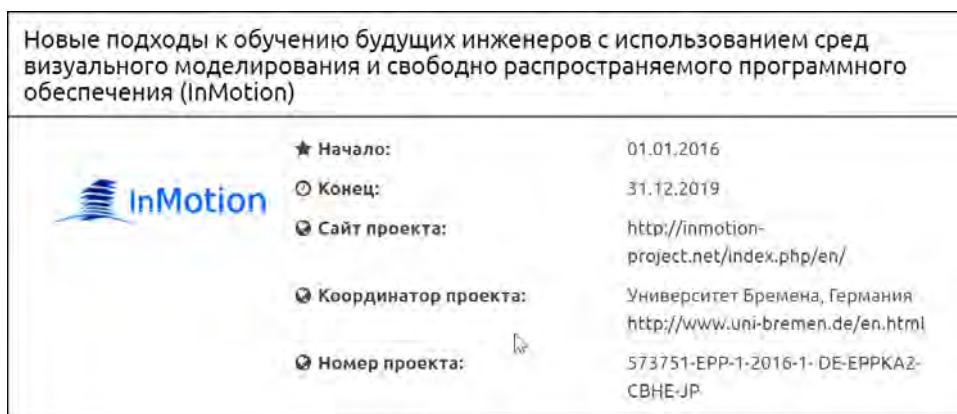


Рис. 1. Страница сайта политехнического университета Петра Великого

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках проекта InMotion: «Новые стратегии обучения инженеров с использованием сред визуального моделирования и открытых учебных платформ», № 573751-EPP-1-2016-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP.

Проект InMotion софинансируется Европейской Комиссией.

В работе отражены только мнения авторов, и Европейская Комиссия не несёт ответственности за любое использование информации, содержащейся в ней.

От себя хочу добавить, что трактовка целей и оценки результатов проекта, содержащиеся в этой статье, носят субъективный характер и могут не совпадать с мнением всего авторского коллектива.



Рис. 2. Участники проекта

Как в любом другом аналогичном проекте Европейской Комиссии, участники (рис. 2) были поделены на три группы: университет города Бремена играл роль координатора, университеты Любляны и Мадрида представляли европейские университеты, имеющие большой опыт преподавания моделирования бакалаврам, магистрам, аспирантам, в том числе с использованием дистанционных курсов по европейским стандартам, а университеты Малайзии и России осваивали премудрости европейского преподавания<sup>2</sup>.

Авторский коллектив имел предварительный опыт совместной работы над различными проектами, так как часть участников проекта либо являлась членами НОИМ, либо членами EUROSIM (рис. 3, 4).



Рис. 3. Национальное общество имитационного моделирования и европейская федерация обществ моделирования

<sup>2</sup>«Основной целью проекта InMotion является продолжение реформы системы высшего инженерного образования в Малайзии и Российской Федерации для повышения качества образования и обучения в соответствии со стандартами и приоритетами Стратегической рамочной программы европейского сотрудничества в области образования и профессиональной подготовки (ET 2020), которые были декларированы в Бухарестском и Ереванском коммюник» (<http://www.inmotion-project.net/index.php/ru/>).

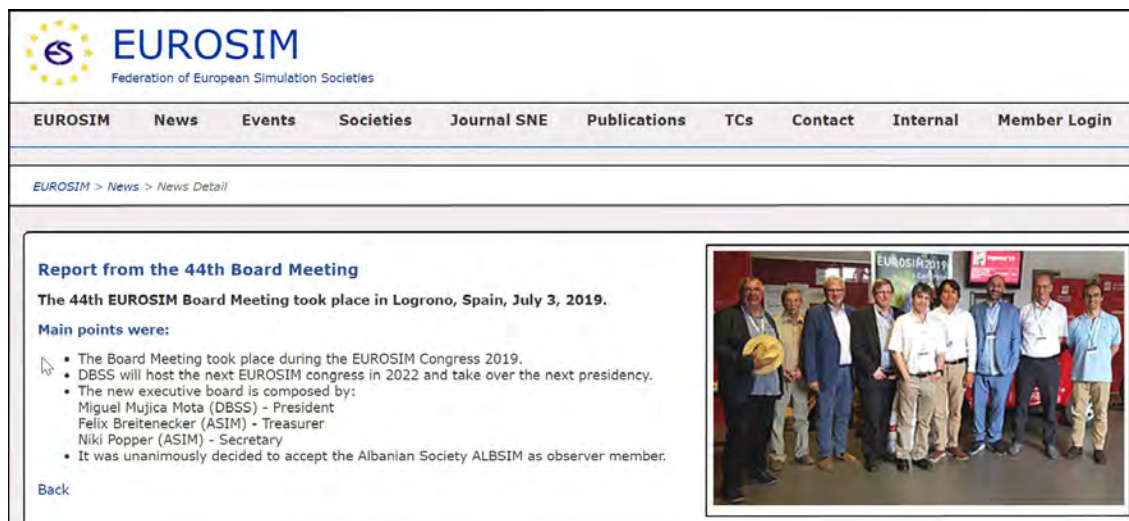


Рис. 4. Страница сайта федерации Eurosim. На фотографии члены авторского коллектива из Испании, Словении, России

## 2. ГРАНДИОЗНЫЕ ПЛАНЫ

По российским меркам стоимость проекта достаточно высока, что оправдывало разработку детального плана, написание многочисленных промежуточных отчетов, создание и поддержку сайта проекта и, главное, предоставление конкретных результатов. Проект также предусматривал покупку нового оборудования. Обязательным требованием было широкое распространение информации о проекте (рис. 5).

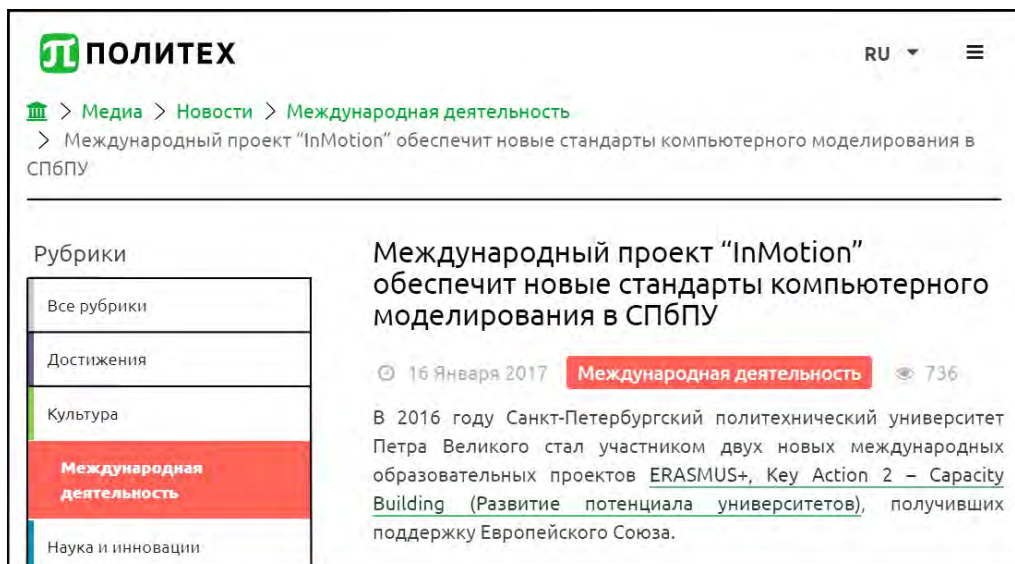


Рис. 5. Информации о проекте на сайте Политехнического университета

Предполагалось, что за время работы над проектом:

- Будет обоснована необходимость внесения изменений в инженерные учебные программы в области компьютерного моделирования (оценены потребности

науки, промышленности, образования в области компьютерного моделирования, изучены существующие учебные программы подготовки инженеров в области моделирования).

- Будут сформулированы требования к содержанию инженерных курсов по компьютерному моделированию как очных, так и дистанционных.
- Российские и малазийские участники внесут изменения в учебные программы своих университетов и начнут подготовку в соответствии с новыми требованиями.
- Российские участники разработают программы новых курсов «Математическое моделирование для инженеров», «Технологии компьютерного моделирования», напишут учебные пособия, а малазийские коллеги переведут их на английский язык.
- Коллеги из европейских университетов разработают демонстрационные прототипы сайтов в среде поддержки курсов SAKAI в соответствии с современными требованиями (Бремен) и создадут свои электронные курсы (Любляна, Мадрид). Материалы, сопровождающие электронные курсы, будут переведены на русский язык.
- Летняя школа 2018 года в Санкт-Петербурге позволит подвести первые практические результаты: студенты стран-партнеров будут изучать моделирование по сокращенным версиям разработанных курсов.
- В весеннем и осеннем семестрах 2019 должна быть осуществленная реальная подготовка по новым программам, включающим новые курсы.

### 3. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Предложенный план можно смело назвать утопическим хотя бы потому, что написание нового учебника, перевод на английский и создание его электронной версии в SAKAI по чисто технологическим причинам не укладывается в трехлетний срок. Однако утопические планы больше всего нравятся чиновникам, и российским и зарубежным. Проект был одобрен, но, как ни странно, выполнен и даже перевыполнен. Что же удалось и что не удалось сделать реально? (Окончательные оценки проекту европейским союзом еще не даны, и подчеркиваю, что все дальнейшее — оценочные суждения автора).

### 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ — ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ДИСЦИПЛИНА?

Ответ определяется прежде всего востребованностью компьютерного моделирования в промышленности. Точнее, количеством наукоемких разработок в промышленности: если массовые промышленные проекты достигли уровня, когда без моделирования не обойтись, нужно учить инженеров моделированию, если нет — можно жить в каменном веке и строить модели вручную руками прикладных математиков — их-то давно учат моделированию. Косвенным признаком возрастающей сложности массовых промышленных изделий является современное требование поставлять их вместе с «электронными двойниками».

Еще одним доводом в пользу фундаментальности моделирования является его все возрастающее применение в биологии, химии, социологии и других областях, и очевидно, что специального моделирования для биологии, химии, социологии быть не может.

Целесообразность использования моделирования в образовании не вызывает сомнений, так как виртуальные лаборатории давно уже стали повседневностью, и закупки сред моделирования университетами возрастают.



Даже если потребности моделирования в промышленности не столь высоки сейчас (объективных данных нам получить не удалось), нынешнее поколение студентов сделает этот инструмент востребованным уже в ближайшем будущем, и надо быть к этому готовым.

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ» И «КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ», ИХ МЕСТО В УЧЕБНЫХ ПЛАНАХ**

Словенские коллеги выяснили, что и объем инженерных курсов по моделированию, и их содержание в различных университетах отличаются очень сильно. При этом господствует прикладная направленность курсов моделирования. Словенские коллеги прекрасно продемонстрировали этот прикладной подход в своем дистанционном курсе [1], посвященном применению моделирования в теории управления. Теория управления использует свой особый язык моделирования, базовыми понятиями которого являются блоки с входами-выходами и передаточные функции блоков, что позволяет автоматически построить систему обыкновенных дифференциальных уравнений, соответствующую всей системе, собранной из стандартных компонентов, имеющих реальные прототипы. Этот язык и является языком моделирования пакета Simulink. Следовательно, студенты должны быть знакомы с обыкновенными дифференциальными уравнениями, численными методами их решения, должны уметь строить модели с помощью графического языка пакета и проводить вычислительные эксперименты с помощью среды Simulink, а если требуются дополнительные исследования, можно воспользоваться пакетом Matlab, передавая в него стандартным образом результаты численных экспериментов.

Вариант дистанционного курса [2, 3], предложенного испанскими коллегами, базируется на языке Modelica и открытой среде моделирования OpenModelica. Язык Modelica делит строительные блоки многокомпонентных моделей на структурно простые, изолированные, на иерархические компонентные блоки с входами-выходами и/или контактами-потоками. Блоки с входами-выходами аналогичны блокам пакета Simulink, а вот блоки с контактами-потоками позволяют строить системы, включающие электрические, гидравлические и другие «физические» компоненты, связи между которыми подчиняются аналогам законам Кирхгофа для электрических компонент. С точки зрения математики, возникает необходимость знакомить студентов с алгебро-дифференциальными уравнениями и методами их решения, с точки зрения информатики студенты должны владеть объектно-ориентированным подходом к моделированию. Для понимания трудностей, возникающих при воспроизведении поведения систем, подчиняющихся алгебро-дифференциальным уравнениям, следует рассказывать о методах формирования итоговых систем уравнений для компонентных моделей и численном решении уравнений с высоким индексом. Книги испанских коллег, учебник и задачник, посвящены языку Modelica и объектно-ориентированному подходу. Нужные математические понятия обсуждаются на интуитивном уровне. Как и в предыдущем случае, среда OpenModelica позволяет передавать результаты численного моделирования в среду Matlab.

Связь между математическими пакетами и средами моделирования (Matlab — Simulink, Matlab — OpenModelica) становится все больше очевидной, что привело к появлению еще двух пар (Maple — MapleSim) и (Mathematica — SystemModeler). Последняя

интересна тем, что среда моделирования System-modeler использует язык Modelica. Это и определило выбор среды SystemModeler для учебного процесса нашими коллегами из Санкт-Петербургского морского технического университета [4].

Помимо возможности строить модель из блоков с различными типами связей, чрезвычайно важно иметь возможность менять локальное поведение блоков под воздействием событий. Язык моделирования должен разрешать менять локальные уравнения блоков, то есть поведение должно быть событийно-управляемым.

Языком описания событийно-управляемых динамических систем является язык машин состояний. Событийно-управляемые модели можно строить в пакете Simulink, включая в модель блоки с кусочно-непрерывными функциями. Условные уравнения можно найти в языке Modelica, однако, как показывает опыт, лучше использовать графический язык машин состояний, стандартизованный языком UML. Например, в пакете Simulink для его использования достаточно подключить компонент StateFlow.

Событийно-управляемые системы имеют свои особенности при численном моделировании. Возникающие проблемы достаточно подробно рассмотрены в учебном пособии [5]. Учебное пособие доступно на русском и английском языках. Для проведения численных экспериментов с событийно-управляемыми системами можно воспользоваться пакетом ISMA, также разработанным в государственном новосибирском техническом университете.

Таким образом, при создании программы обучения в моделировании следует выделить математическую составляющую и программную. Математическая часть связана с алгебро-дифференциальными уравнениями, программная — с объектно-ориентированным подходом. Обе составляющие — базовые, фундаментальные для инженерного образования. Примеры и задачи для курса «Математическое моделирование» можно предлагать, используя математические пакеты или среды моделирования, разрешающие явное задание уравнений для описания поведения. Для обучения объектно-ориентированному моделированию предпочтительно использовать среды с объектно-ориентированными языками моделирования, такими как Modelica.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ

В результате был создан прототип учебно-методического комплекса для обучения инженеров моделированию. Дело в том, что в рамках каждого конкретного учебного плана, по-хорошему, надо одновременно вносить изменения в программы многих дисциплин. Если этого не делать и в курсе математического моделирования, например, рассказывать о дифференциальных уравнениях или о численных методах, а в курсе компонентного моделирования — о наследовании и полиморфизме, то воспринимаются эти вставки, как заплатки, и, с точки зрения полученных знаний, это тоже заплатки.

К сожалению, эта проблема возникает и при обучении магистров. Магистерская группа чаще всего состоит из выпускников различных университетов, обучавшихся по разным учебным планам. Пробелы можно было ликвидировать, читая специальные курсы или организуя дополнительные семинары, но чаще всего приходится прибегать к заплаткам, в ущерб целостности основного курса. Вот здесь бы и могли помочь дистанционные курсы, но их пока еще мало, в основном они на английском языке, а у нас в стране еще и русский пока не стал для всех свободным, и за сертификат нужно платить.

Будем надеяться, что в ближайшем будущем различия в учебных программах для бакалавров в области моделирования станут меньше, и основам моделирования будут учить всех инженеров.

Разработанный комплекс включает учебники и задачки, снабженные подробными инструкциями, как решать предлагаемые задачи [6–9].

Желание унифицировать обучение бакалавров моделированию неизбежно приводит к проблеме выбора программных средств. Пара (Modelica, OpenModelica) обеспечивает открытый доступ, но язык Modelica достаточно сложен. В паре (Modelica, Dymola) используется более простой пользовательский графический язык среды Dymola, но на модель накладываются очень сильные ограничения. Пара (Mathematica, SystemModeler) только начинает применяться, и судить о ее возможностях сложно. Остается пара (MVL, Rand Model Designer) с графическим языком среды Rand Model Designer. В пользу последней пары говорит то, что сейчас существует бесплатная студенческая версия, предоставляемая на год.

## 7. ЭЛЕКТРОННЫЕ ВЕРСИИ КУРСОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ

Традиционная форма обучения с «живыми» лекциями и устными экзаменами, обеспечивающая обратную связь между преподавателем и студентом, и предполагающая наличие базового учебника (студенческого конспекта в большинстве случаев или, что тоже самое, посещения лекций), задачника (проведения практических занятий с домашними заданиями и контрольными) и/или серии лабораторных работ в последнее время используется все реже.

Прежде всего, отказываются от устных экзаменов. Можете себе представить, что театральные режиссер, формируя курс, не слушает, как будущий актер читает стихотворение, а только проверяет, знает ли тот текст? Устный экзамен нечто большее, чем проверка знаний.

Затем отказываются от лекций. Интернет переполнен «установочными» лекциями — пятнадцатиминутными непрофессиональными роликами непонятного назначения. Есть и просто записи лекций в разных формах — презентации PowerPoint (рукописные фрагменты с формулами, графиками, таблицами), сопровождаемые рассказом, видеозаписи реальных лекций. Лекторский конспект или учебник может отсутствовать.

Наконец, если лабораторные работы сводятся к написанию кода, создаются ролики, демонстрирующие, как последовательно нажимать нужные кнопки, чтобы добиться требуемого результата.

Правдоподобных объяснений, зачем это делается, не счесть: знания и умения в современном мире быстро устаревают, традиционная форма подавляет инициативу студента, современные студенты рано начинают работать, а производственный опыт чрезвычайно полезен, и тому подобное. Все перечисленные «усовершенствования» — это естественные шаги к дистанционным курсам, в которых обратная связь с преподавателем практически полностью отсутствует.

Сохранить традиционную форму общения студента и преподавателя и помочь студенту быстрее и лучше освоить материал ценой дополнительной работы преподавателя можно, если активно применять современные системы управления обучением, такие как Sakai, Moodle. Студент получает доступ к учебным планам и программам курсов, ко всем основным и дополнительным учебным материалам, знает заранее темы и сроки выполнения заданий, правила и формы промежуточного контроля, экзаменационные вопросы, преподаватель может формировать и предоставлять студентам лекционный материал в любой, удобной ему форме, но главное, система может контролировать ход



обучения и поддерживать связь со студентами. Даже если системы управления обучением используются только для организации и контроля за учебным процессом, затраты на их освоение и поддержку оправдывают себя. В политехническом университете для всех разрабатываемых курсов по моделированию были организованы и уже три года используются сайты курсов, созданных в Sakai.

## 8. ДИСТАНЦИОННЫЕ КУРСЫ

Дистанционных курсов, в их современном понимании, команда политехнического университета не разработала, несмотря на то, что с технической точки зрения это было возможно — университет обладает всей необходимой техникой и технологиями, сравнимыми с техникой и технологиями университета Бремена, партнера по проекту.



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union





POLYTECH  
Peter the Great  
Saint-Petersburg Polytechnic  
University

### Обмен опытом: Проект InMotion – СПбПУ Петра Великого

Важнейшей задачей проекта InMotion (<http://www.inmotion-project.net/index.php/ru/>) является обмен опытом между странами-партнерами. Первыми принимали гостей европейские университеты.

Встречи в Бремене и Мадриде были посвящены дистанционному образованию. В Бремене, Мадриде, Любляне также обсуждалось использование сред моделирования OpenModelica (Мадрид), Simulink (Любляна), Rand Model Designer (Бремен, Мадрид, Любляна) в обучении.

В Бременском университете существуют службы, помогающие преподавателям создавать и поддерживать дистанционные курсы: студия для записи и монтажа видеоматериалов; компьютерный класс на двести посадочных мест для сдачи экзаменов и зачетов.



**Рис. 6.** Экзаменационный класс для дистанционных курсов в университете г. Бремена

В то же время при обучении моделированию приходится изучать программные продукты. Тратить на это лекционные часы жалко. И здесь дистанционные курсы чрезвычайно полезны, так как первоначальные сведения о средах моделирования, их структуре, возможностях, методах разработки компьютерных моделей, способах проведения стандартных вычислительных экспериментов можно получить, используя, в основном, только видеоматериалы. Такой курс был разработан и посвящен визуальной среде Rand Model Designer.

## 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместная работа над проектом, по мнению участников, оказалась чрезвычайно плодотворной (рис. 7). Созданные учебные материалы: учебники, их переводы, сайты курсов в Sakai, дистанционные курсы используются в университетах-партнерах и продолжают модифицироваться с учетом замечаний студентов и коллег-преподавателей. Надеемся, что совместные летние и зимние школы (<https://www.spbstu.ru/international-cooperation/international-educational-programs/summer-school/>) будут продолжаться.



Рис. 7. Одна из рабочих встреч в университете г. Джохор-Бару, Малайзия

### Список литературы

1. *Atansijevic-Kunc M., Blazic S., Music G., Zupancic B.* Control — Oriented Modelling and simulation: methods and tools. Online course, CMSE Textbook, Ljubljana, Slovenija, 2017. [PowerPoint] 2017. URL: [https://dcn.icc.spbstu.ru/fileadmin/userfiles/Documents/Erasmus/Books/Borut/COMAS\\_book.pptx](https://dcn.icc.spbstu.ru/fileadmin/userfiles/Documents/Erasmus/Books/Borut/COMAS_book.pptx) (дата обращения: 13.02.2020).
2. *Moraleda A. U., Villalba C. M., González M. A. R., Prat V. S.* Simulation practice with Modelica. Madrid: UNED, 2018.
3. *Moraleda A. U., Villalba C. M.* Modeling and Simulation in Engineering using Modelica. Madrid: UNED, 2018.
4. *Shornikov Y. V., Dostovalov D. N.* Fundamentals of event-continuous system simulation theory. Novosibirsk: NSTU Publ., 2018.

5. Рождественский К. В., Рыжов В. А., Федорова Т. А., Сафронов К. С., Тряскин Н. В. Компьютерное моделирование динамических систем с использованием среды Wolfram SystemModeler. СПб.: СПбГМТУ, 2019. 214 с.
6. Сениченков Ю. Б. Компонентное моделирование сложных динамических систем : сборник заданий. СПб.: Политех-пресс, 2019. 122 с.
7. Сениченков Ю. Б., Ампилова Н. Б., Тимофеев Е. Л. Математическое моделирование сложных динамических систем: сборник заданий. СПб.: Политех-пресс, 2018. 108 с.
8. Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Компонентное моделирование сложных динамических систем: учебное пособие. СПб.: Политех-пресс, 2019.
9. Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Математическое моделирование сложных динамических систем: учебное пособие. СПб.: Политех-пресс, 2019.

Поступила в редакцию 16.12.2019, окончательный вариант — 13.02.2020.

**Сениченков Юрий Борисович, доктор технических наук, профессор высшей школы «Программная инженерия» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, ✉ [senyb@dcn.icc.spbstu.ru](mailto:senyb@dcn.icc.spbstu.ru)**

---

Computer tools in education, 2020

№ 1: 87–98

<http://cte.eltech.ru>

doi:10.32603/2071-2340-2020-1-87-98

## **InMotion Project. Impressions in Hot Pursuit**

Senichenkov Yu. B., PhD, professor, ✉ [senyb@dcn.icc.spbstu.ru](mailto:senyb@dcn.icc.spbstu.ru)

<sup>1</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
21, Polytechnicheskaya st., 195251, Saint Petersburg, Russia

### **Abstract**

The international project InMotion (Germany, Spain, Slovenia, Russia, Malaysia) within the framework of the European Union Erasmus+ program was dedicated to the development of electronic and distance courses "Computer modeling" for engineers. The authors of the project propose to include modeling in the number of fundamental engineering courses. To provide methodological support for new disciplines, curricula, traditional textbooks and their electronic versions, and distance courses were developed. (Spain, Slovenia, Russia). The article discusses the experience of teaching new subjects during the 2019-2020 academic year at the universities of the project participants.

**Keywords:** *mathematical and computer modeling for engineers, object-oriented modeling, complex dynamical systems, tools for modeling and simulation in education, InMotion project.*

**Citation:** Yu. B. Senichenkov, "InMotion Project. Impressions in Hot Pursuit," *Computer tools in education*, no. 1, pp. 87–98, 2020 (in Russian); doi: 10.32603/2071-2340-2020-1-87-98

## References

1. M. Atansijevic-Kunc, S. Blazic, G. Music, and B. Zupancic, "Control — Oriented Modelling and simulation: methods and tools," Online course, CMSE Textbook, Ljubljana, Slovenija, 2017. [PowerPoint]. Available: [https://dcn.icc.spbstu.ru/fileadmin/userfiles/Documents/Erasmus/Books/Borut/COMAS\\_book.pptx](https://dcn.icc.spbstu.ru/fileadmin/userfiles/Documents/Erasmus/Books/Borut/COMAS_book.pptx)
2. A. U. Morales, C. M. Villalba, M. A. R. Gonzalez, and V. S. Prat, *Simulation practice with Modelica*, published by UNED, Madrid, 2018.
3. A. U. Morales and C. M. Villalba, *Modeling and Simulation in Engineering using Modelica*, published by UNED, Madrid, 2018.
4. Y. V. Shornikov and D. N. Dostovalov, *Fundamentals of event-continuous system simulation theory*, [Novosib. State Techn. Univ.], Novosibirsk, Russia: NSTU Publ., 2018.
5. K. V. Rozhdestvenskii, V. A. Ryzhov, T. A. Fedorova, K. S. Safronov, and N. V. Tryaskin, *Kompyuternoe modelirovanie dinamicheskikh sistem s ispol'zovaniem sredy Wolfram SystemModeler* [Computer simulation of dynamic systems using a Wolfram System] published by SMTU, 2019 (in Russian).
6. Yu. B. Senichenkov *Komponentnoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem*, St. Petersburg, Russia: Polyteh-press, 2019 (in Russian).
7. Yu. B. Senichenkov, N. B. Ampilova, and E. L. Timofeev, *Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem: sbornik zadaniy*[Mathematical modeling of complex dynamic systems: a collection of tasks], St. Petersburg, Russia: Polyteh-press, 2019 (in Russian).
8. Yu. B. Kolesov and Yu. B. Senichenkov, *Komponentnoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem: uchebnoe posobie*[Component modeling of complex dynamic systems: tutorial], St. Petersburg, Russia: Polyteh-press, 2019 (in Russian).
9. Yu. B. Kolesov and Yu. B. Senichenkov, *Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh dinamicheskikh sistem: uchebnoe posobie* [Mathematical modeling of complex dynamic systems: a tutorial.], St. Petersburg, Russia: Polyteh-press, 2019 (in Russian).

Received 16.12.2019, the final version — 13.02.2020.

**Yuriy B. Senichenkov, PhD, professor of the higher school of "Software engineering", St. Petersburg Peter the Great Polytechnic University, Institute of Computer Science and Technology, ✉ [senyb@dcn.icc.spbstu.ru](mailto:senyb@dcn.icc.spbstu.ru)**