


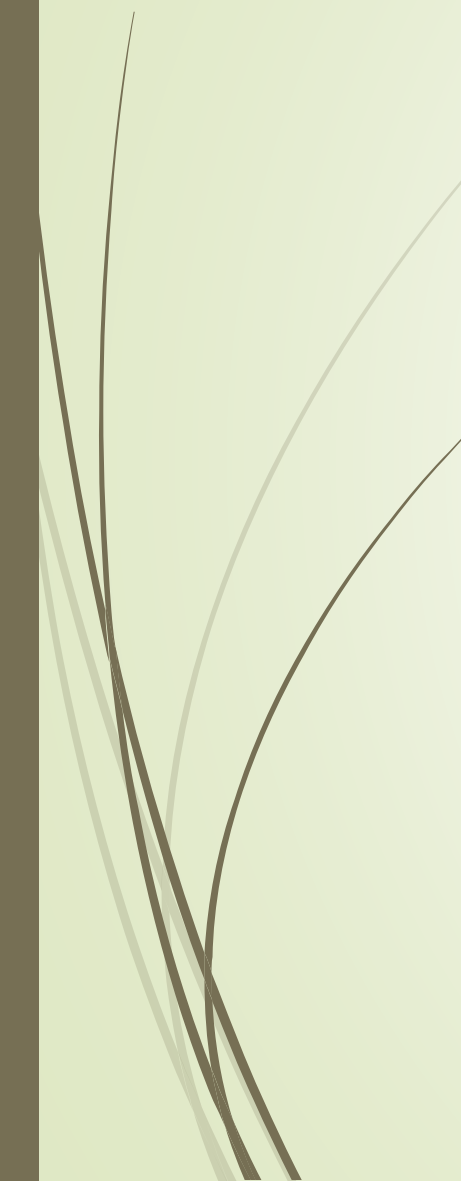
Моделирование в образовании

Юрий Борисович Сениченков

senichenkov_yub@spbstu.ru



Студент: Хочу заняться компьютерным моделированием. Такого курса у нас в университете нет. Был стандартный инженерный курс по информатике. Меня интересуют конкретные прикладные задачи. Уверен, что познакомиться с основами компьютерного моделирования инженеру необходимо. С чего начать?



С чего начать? Какие среды моделирования выбрать?



Дистанционные курсы.

Компьютерное моделирование для инженеров

Что?

- Моделирование – модели (математические модели)
- Компьютерное моделирование – среды моделирования (универсальные, специализированные)
- Дистанционные курсы – Глобальные ресурсы:

Coursera (<https://www.coursera.org/>),

Open Education (<https://openedu.ru>)

Где?

- Курсы – локальные : университетские сайты **SAKAI, MOODLE**
- Книги– учебники, задачки, руководства, электронные книги

Что
требуется?

- Задания – индивидуальные учебные задания
- Тесты – текущий контроль, экзамены

Математика и Информатика для инженеров

Алгебра

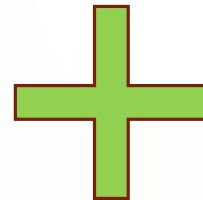
Математический анализ

Алгоритмические языки

Вероятность и статистика

Численный анализ

Теория алгоритмов



Математическое моделирование

Технологии компьютерного моделирования

Бакалавры

Дистанционное образование.

Компьютерное моделирование для инженеров

Что?

► **Ключевые слова:** *Modeling – Simulation*

► Сайты – Глобальный:

Where?


Coursera

(<https://www.coursera.org/>), 18/5100 %

Открытое образование (российский) = 0!

(<https://openedu.ru>) 6/723 %

Глобальный: Coursera – modeling and simulation -18 курсов



Averaged-Switch Modeling and Simulation
University of Colorado Boulder

Курс

★★★★☆ 4.7 (40) | Студентов: 3,2K | PLUS

Intermediate




Modeling and Control of Power Electronics
University of Colorado Boulder

Специализация

★★★★☆ 4.7 (50) | Студентов: 5,3K | PLUS

Intermediate



Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation
University of California, Santa Cruz

Курс

★★★★☆ 4.6 (27) | Студентов: 5,6K | PLUS

Intermediate



Introduction to High-Throughput Materials Development
Georgia Institute of Technology

Курс

★★★★☆ 4.6 (144) | Студентов: 9,2K

Intermediate




Simulation and modeling of natural processes
University of Geneva

Курс

★★★★☆ 4.2 (265) | Студентов: 28K | PLUS

Mixed



Modeling and Control of Single-Phase Rectifiers and Inverters
University of Colorado Boulder

Курс

PLUS

Intermediate



Power Electronics
University of Colorado Boulder

Специализация

★★★★☆ 4.7 (2 975) | Студентов: 97K | PLUS

Intermediate



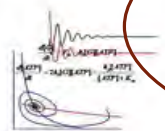
Techniques of Design-Oriented Analysis
University of Colorado Boulder

Курс

★★★★☆ 4.8 (11) | PLUS

Intermediate

Coursera




Dynamical Modeling Methods for Systems Biology

Icahn School of Medicine at Mount Sinai

Курс

★★★★☆ 4.7 (182) | Студентов: 15K | PLUS

Mixed



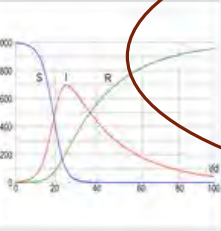
Introduction to Agent-based Modeling with NetLogo

Coursera Project Network **Новое**

Проект с консультациями

★★★★☆ 4.7 (68) | Студентов: 2K | PLUS

Beginner



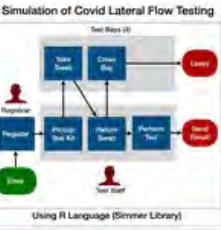
Simulating Viral Pandemics in Python

Coursera Project Network **Новое**

Проект с консультациями

★★★★☆ 3.7 (24) | PLUS

Intermediate



Simulation of Covid-19 Testing Process Using R Simmer

Coursera Project Network **Новое**

Проект с консультациями

Beginner



Modern Robotics, Course 3: Robot Dynamics

Northwestern University

Курс

★★★★☆ 4.7 (121) | Студентов: 6,9K | PLUS

Intermediate



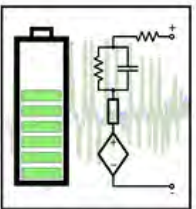
Simulation Models for Decision Making

University of Minnesota

Курс

PLUS

Beginner




Equivalent Circuit Cell Model Simulation

University of Colorado System

Курс

★★★★☆ 4.7 (259) | Студентов: 10K | PLUS

Intermediate



Structural Equation Model and its Applications | 结构方程模型及其应用 (普通话)

The Chinese University of Hong Kong

Курс

★★★★☆ 4.7 (75) | Студентов: 6,8K

Mixed

Key words: modeling and simulation + modelica



Building on the SIR Model

Imperial College London

Курс

★★★★★ 4.8 (15) | Студентов: 1,8K | PLUS

Intermediate



Averaged-Switch Modeling and Simulation

University of Colorado Boulder

Курс

★★★★☆ 4.7 (40) | Студентов: 3,2K | PLUS

Intermediate



Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation

University of California, Santa Cruz

Курс

★★★★☆ 4.6 (27) | Студентов: 5,6K | PLUS

Intermediate



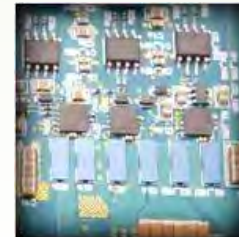
Simulation and modeling of natural processes

University of Geneva

Курс

★★★★☆ 4.2 (265) | Студентов: 28K | PLUS

Mixed



Modeling and Control of Power Electronics

University of Colorado Boulder

Специализация

★★★★☆ 4.7 (50) | Студентов: 5,3K | PLUS

Intermediate



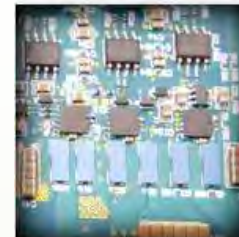
Modeling and Control of Single-Phase Rectifiers and Inverters

University of Colorado Boulder

Курс

PLUS

Intermediate



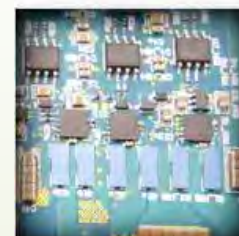
Techniques of Design-Oriented Analysis

University of Colorado Boulder

Курс

★★★★★ 4.8 (11) | PLUS

Intermediate



Current-Mode Control

University of Colorado Boulder

Курс

PLUS

Intermediate



Кибер-физические системы: Modeling and Simulation

<https://www.coursera.org/learn/cyber-physical-systems-1#syllabus>

- Основные концепции: дискретные и непрерывные модели
- Основы: Машины состояний, непрерывное поведение, алгоритмы
- Структура моделей
- Локальное и глобальное поведение

Содержание

- ▶ Welcome to the Course 5:35
- ▶ Introduction 5:39
- ▶ Overview 8:15
- ▶ Modeling Cyber-Physical Systems 5:47
- ▶ Discrete-Time Systems Concepts (Part 1) 9:18
- ▶ Discrete-Time Systems Concepts (Part 2) 8:35
- ▶ A Discrete-Time Model of a Ground Vehicle 8:35
- ▶ Simulation of a Discrete-Time Model of a Ground Vehicle 16:54
- ▶ Continuous-Time Concepts (Part 1) 6:40
- ▶ A Continuous-Time Model of a Ground Vehicle 8:34
- ▶ Simulation of a Continuous-Time Model of a Ground Vehicle 20:27
- ▶ Continuous-Time Concepts (Part 2) 8:13
- ▶ A Continuous-Time Model of a Linear Time-Invariant System 8:39
- ▶ A Continuous-Time Model of the Temperature in a Room 9:09
- ▶ Simulation of the Temperature in a Room 13:22




Cyber-Physical Systems: Modeling and Simulation

- ▶ Видео -15 (total time 144 min); Материалы для самостоятельного изучения-1; Тесты -2
- ▶ Видео -12 (total time 72 min)- Material for self-study -0; Тесты -0
- ▶ Видео -13 (total time 109 min)- Material for self-study -0; Тесты -0
- ▶ Видео -11 (total time 88 min)- Material for self-study -0; Тесты -0

Число студентов: 5,629 !!!!


Локальный уровень (Россия): Открытое образование 6 курсов

новый курс




9 марта - 30 мая 2021 г.
Курс уже начался

Моделирование бизнес-процессов инновационного предприятия
Университет ИТМО



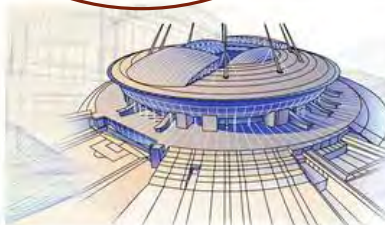
15 февраля - 30 июня 2021 г.
Курс уже начался

Математические моделирование и методы в экономике
НИЯУ МИФИ




31 августа 2020 - 15 июля 2021 г.
Курс уже начался

Моделирование процессов и систем. Нелинейные динамические системы
НИУ ВШЭ




15 февраля - 31 мая 2021 г.
Курс уже начался

Трехмерное моделирование
Университет ИТМО



31 августа 2020 - 15 июля 2021 г.
Курс уже начался

Анализ и моделирование бизнес-процессов
НИУ ВШЭ



Следите за новостями
Дату старта объявим позже

Компьютерное моделирование функциональных материалов
Политех



InMotion

Новые стратегии обучения инженеров с использованием сред визуального моделирования и открытых учебных платформ

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 коммюнике.

Реализация проекта должна изменить ситуацию в области инженерного образования следующим образом:

- Личностно ориентированный подход сделает учебный процесс более гибким и эффективным путем выбора областей изучения по желанию учащихся;
- Консорциум университетов из Малайзии и России обеспечит подготовку выпускников, компетентных в области компьютерного моделирования (CMSE);
- Внедрение открытой коллаборативной платформы создаст новую парадигму в отношении интеграции, гармонизации и объединения различных компонентов дистанционного обучения с учетом международных стандартов и возможностей;
- Все члены консорциума будут иметь адаптивную среду обучения, отвечающую актуальным потребностям промышленности и ориентированной на технологии будущего;
- Представители промышленности получат доступ к массовым открытым онлайн-курсам (MOOC) для повышения квалификации своих специалистов;
- Другие факультеты университетов-партнеров и университеты за пределами консорциума могут развивать у себя предлагаемую коллаборативную платформу (OMSE) и использовать её для обучения студентов в других областях инженерных знаний.

Основные ожидаемые результаты проекта:

- Обновленная учебная программа с новыми учебными планами в области компьютерного моделирования для инженерных специальностей;
- Новые учебники и методические указания;
- Новые материалы для дистанционного обучения, основанные на инновационных обучающих стратегиях и творческих подходах к обучению, таких как eScience подход, коллаборативная платформа для индивидуального и группового обучения, виртуальные лаборатории для изучения и сравнения современных пакетов и языков моделирования: Matlab, Simulink, RMD, Modelica, ISMA, Wolfram SystemModeler.
- Массовые открытые онлайн-курсы (MOOC) в области компьютерного моделирования (CMSE) в приложении к широкому кругу инженерных задач.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Новости

25-27.03.18 - Состоялась проектная встреча руководящей группы проекта InMotion в UniKL в Куала Лумпуре. Члены руководящей группы собрались, чтобы обсудить результаты работы и запланировать мероприятия на последний период.

Подробнее об этих событиях можно прочитать в информационном бюллетене [Июнь 2019](#).

16-18.09.19 - Запланирована финальная встреча участников проекта в С. Петербурге

Локальный(Erasmus): Компьютерное моделирование для инженеров(InMotion)

- InMotion <http://inmotion-project.net/index.php/en/8-inmotio>
- SPbPU – Зимняя школа
(https://summerschool.spbstu.ru/schools/winter_school/)
- SPbPU – Летняя школа
(<https://summerschool.spbstu.ru/>)



Spain, Slovenia



Slovenia



University of Ljubljana
Faculty of *Electrical Engineering*

CONTROL-ORIENTED MODELLING AND SIMULATION PRACTICE WITH MATLAB AND SIMULINK

Maja Atanasijević-Kunc, Sašo Blažič,
Gašper Mušič, Borut Zupančič

Ljubljana, 2018



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Университет Любляны
Факультет *электротехники*

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА

Майя Атанасиевич-Кунц, Сашо Блажич,
Гашпер Мушич, Борут Зупанчич

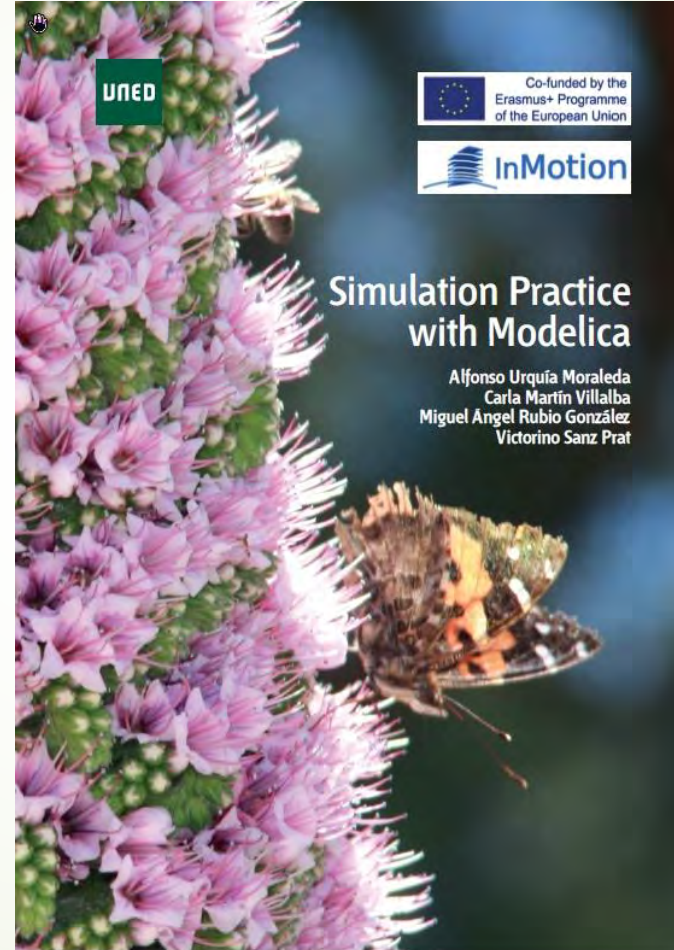
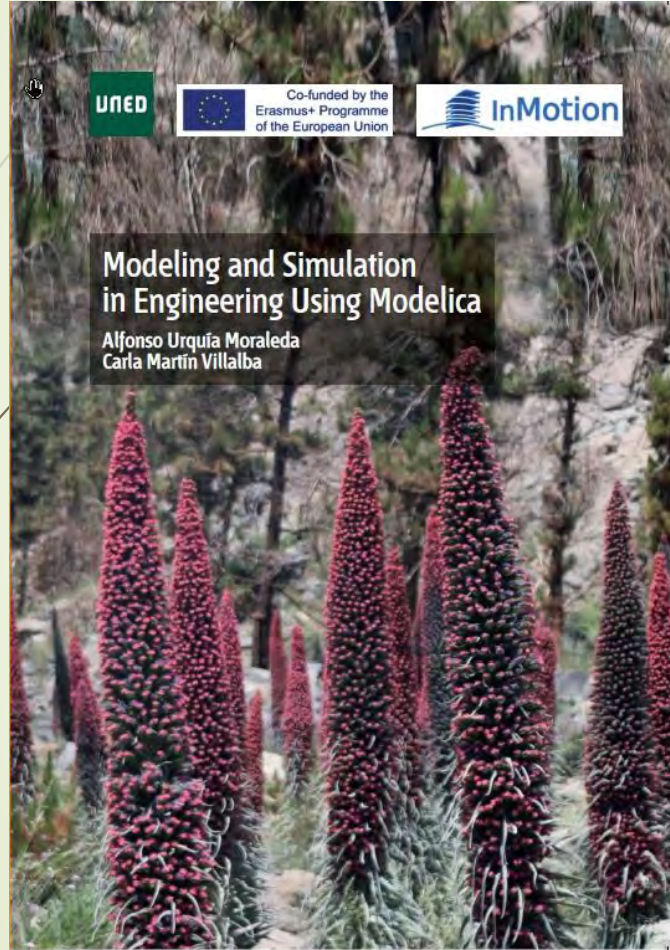
Любляна, 2017



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Spain

UNED



Russia.

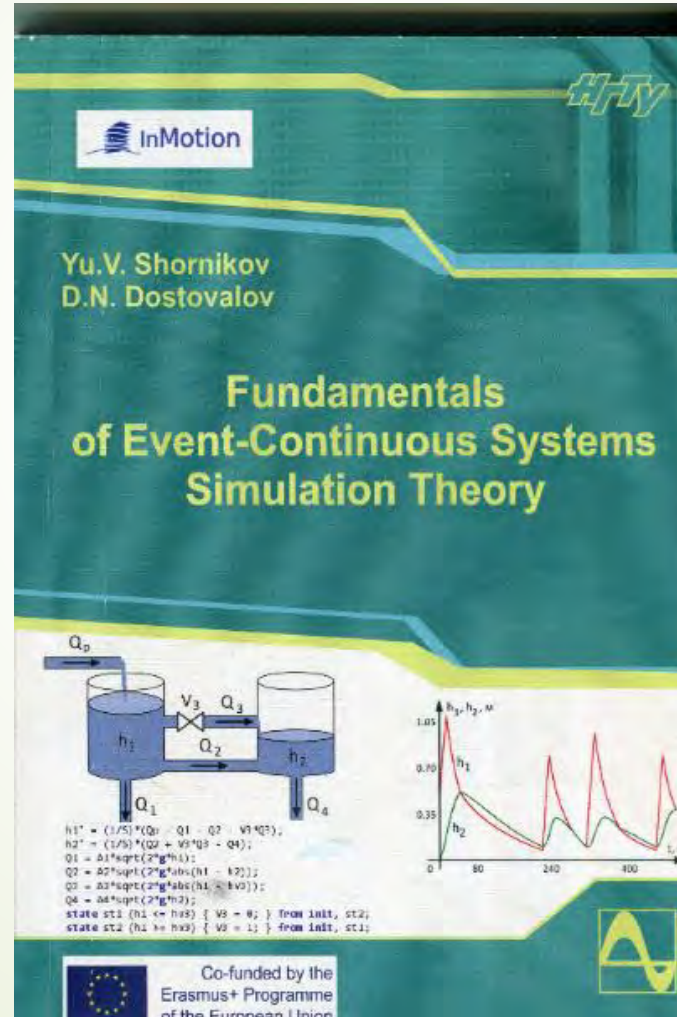


Kirill Rozhdestvensky ·
Vladimir Ryzhov · Tatiana Fedorova ·
Kirill Safronov · Nikita Tryaskin ·
Shaharin Anwar Sulaiman ·
Mark Ovinis · Suhaimi Hassan

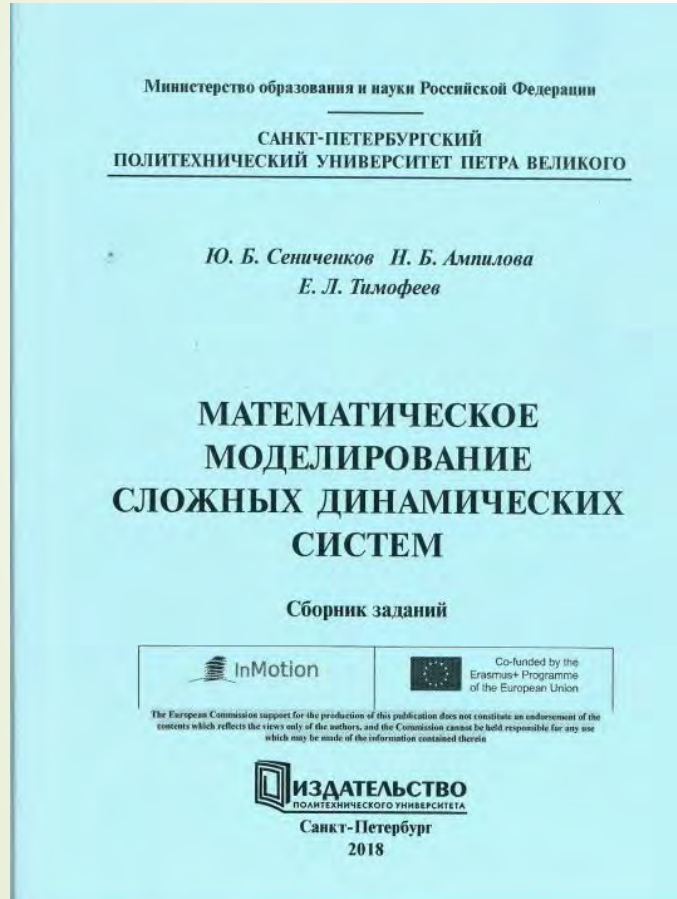
Computer Modeling
and Simulation
of Dynamic Systems
Using Wolfram
SystemModeler

 Springer

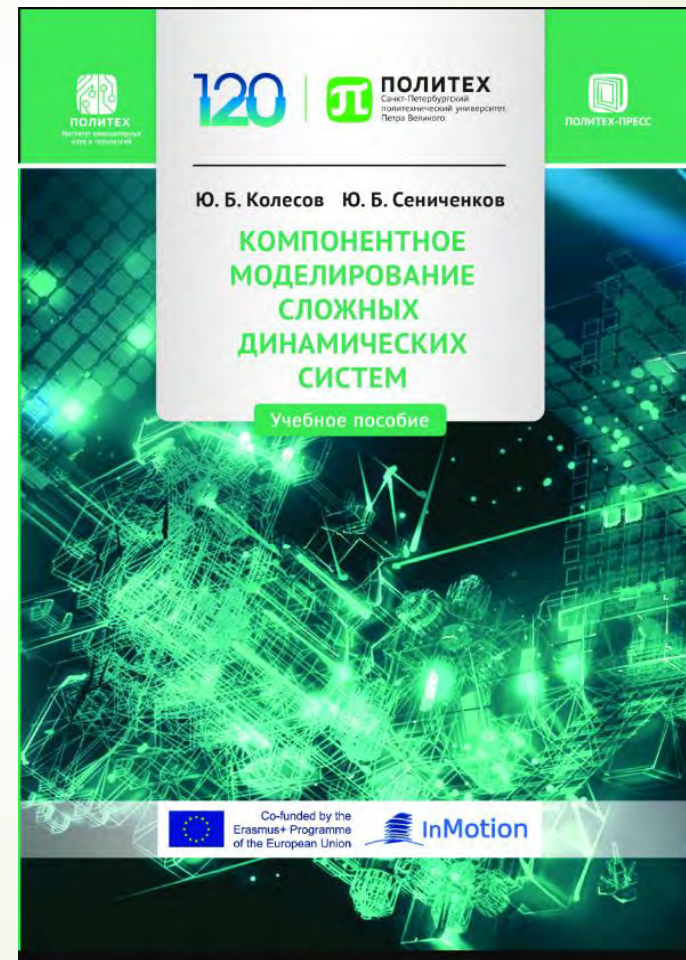
Russia. Hybrid systems. ISMA



Russia. Mathematical modeling of complex dynamical systems (Text- and training books)

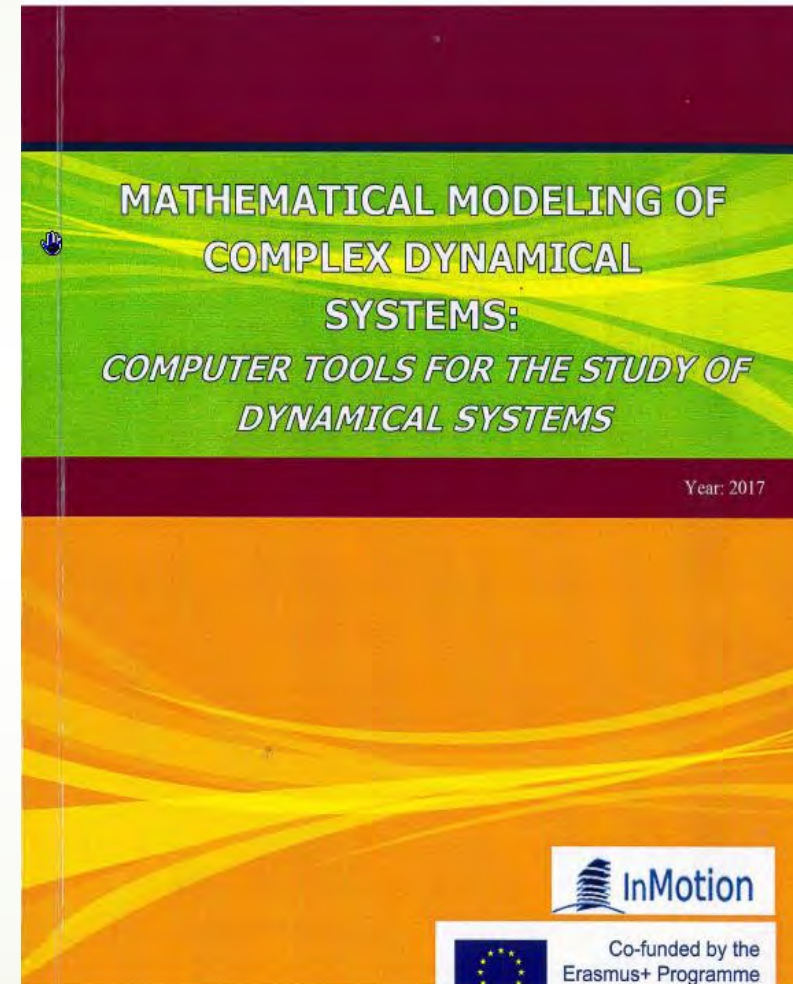
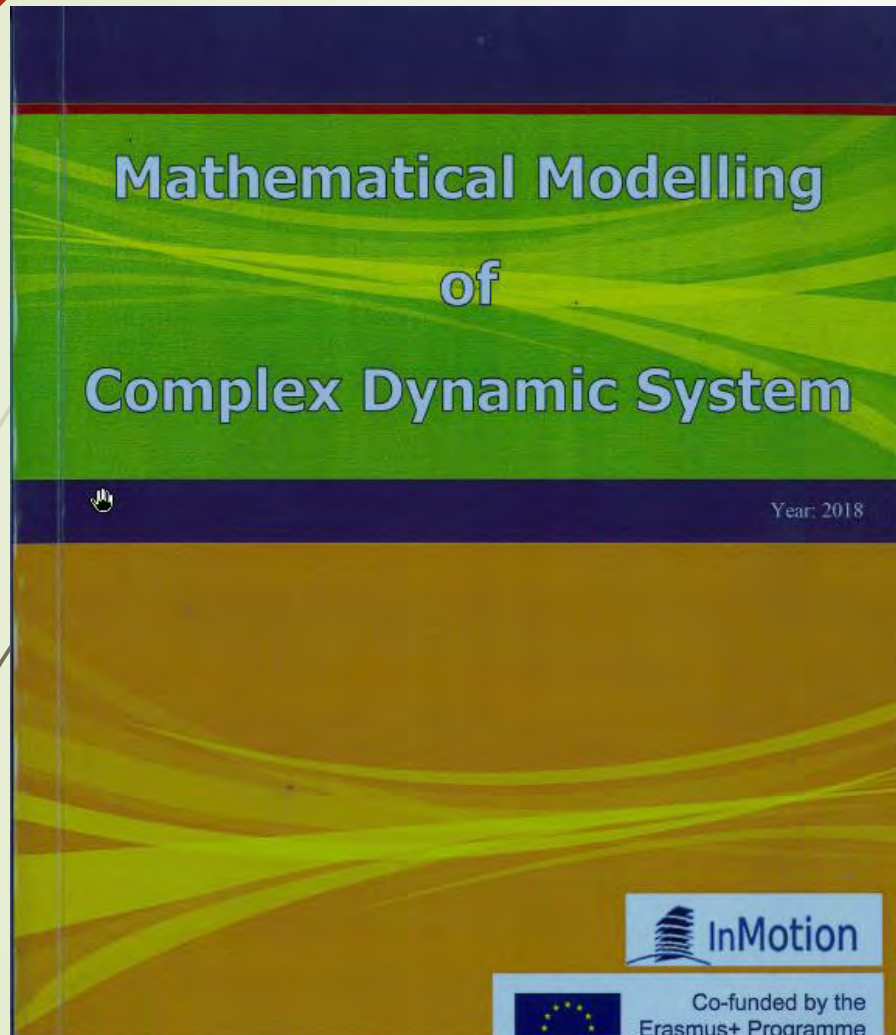


Russia. Computer modeling of complex dynamical systems (Text- and training books)



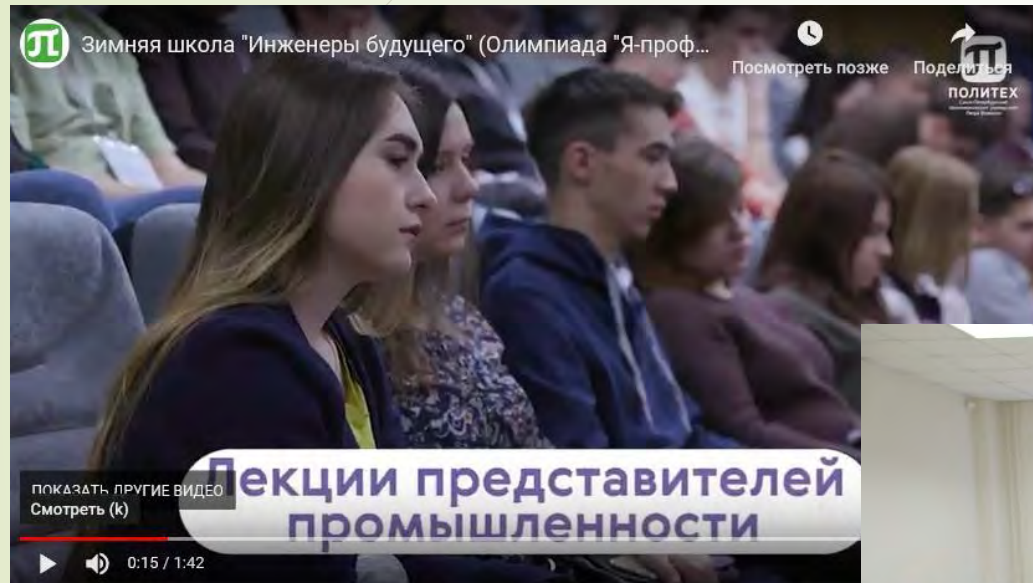
Malaysia, Johor Bahru (UTM)

English version of text- and training books



face-to-face format

Зимняя школа 2019



face-to-face format

Летняя школа 2019



Летняя школа 2021



Computer Modeling and Simulation for Engineers
Summer School - Online/Hybrid

4 ECTS

Aug 2 - Aug 13, 2021



Professors and lecturers:

- Prof. Yuri Senichenkov, Polytech (Russia)

Program partners:

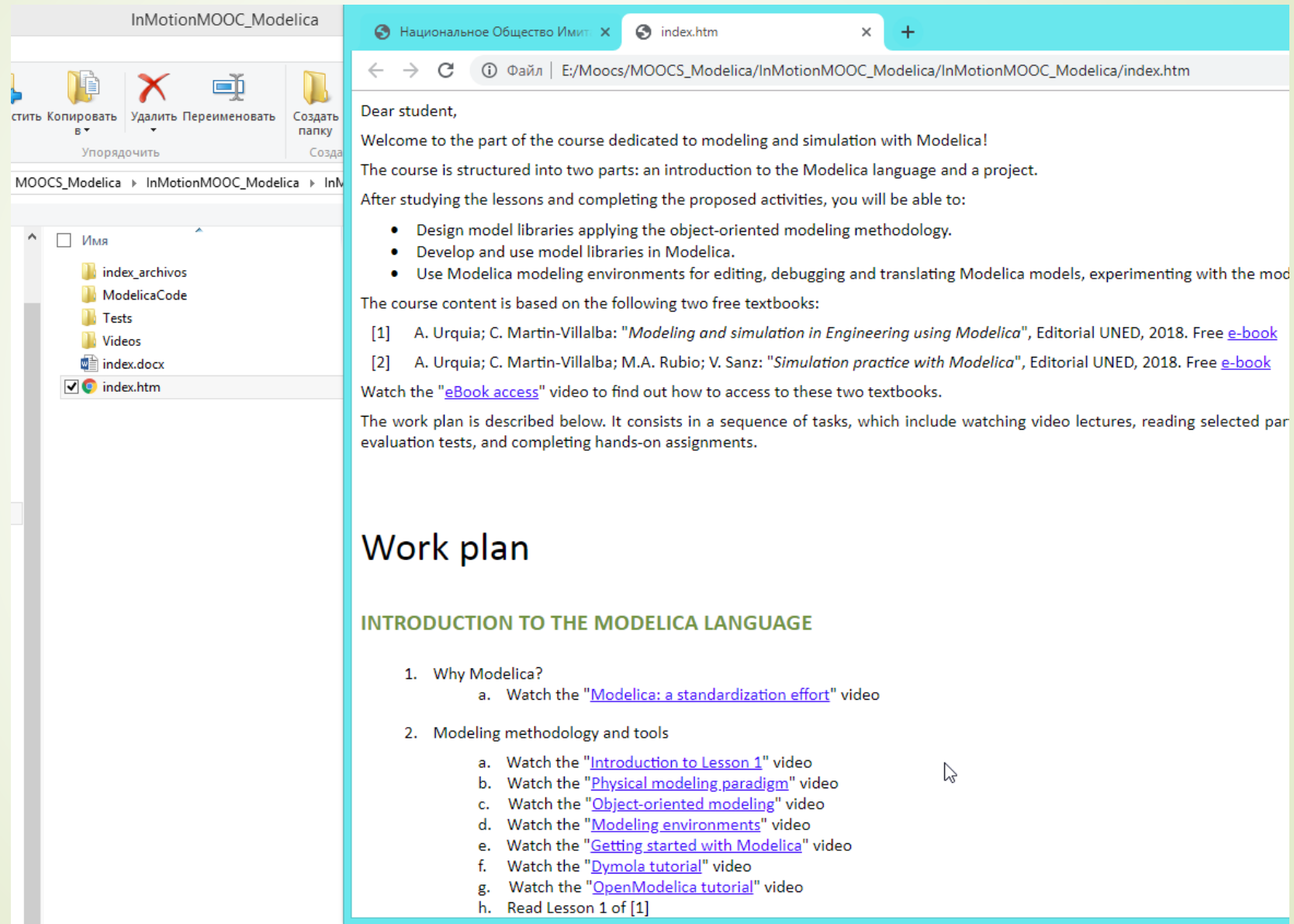
- UNED: National University of Distance Education (Spain)

Contacts:

Summer and Winter Schools Team

- summerschool@spbstu.ru
- [+7 \(812\) 534-25-31](tel:+78125342531)

Курс: InMotion_MOOC_Modelica



The image shows a split-screen view. On the left is a Windows File Explorer window titled 'InMotionMOOC_Modelica'. The address bar shows the path 'MOOCS_Modelica > InMotionMOOC_Modelica > InM...'. The file list includes folders 'index_archivos', 'ModelicaCode', 'Tests', 'Videos' and files 'index.docx' and 'index.htm'. On the right is a web browser window with the address bar showing 'index.htm' and the full path 'E:/Moocs/MOOC_Modelica/InMotionMOOC_Modelica/InMotionMOOC_Modelica/index.htm'. The page content is as follows:

Dear student,
Welcome to the part of the course dedicated to modeling and simulation with Modelica!
The course is structured into two parts: an introduction to the Modelica language and a project.
After studying the lessons and completing the proposed activities, you will be able to:

- Design model libraries applying the object-oriented modeling methodology.
- Develop and use model libraries in Modelica.
- Use Modelica modeling environments for editing, debugging and translating Modelica models, experimenting with the mod...

The course content is based on the following two free textbooks:

[1] A. Urquia; C. Martin-Villalba: "*Modeling and simulation in Engineering using Modelica*", Editorial UNED, 2018. Free [e-book](#)

[2] A. Urquia; C. Martin-Villalba; M.A. Rubio; V. Sanz: "*Simulation practice with Modelica*", Editorial UNED, 2018. Free [e-book](#)

Watch the "[eBook access](#)" video to find out how to access to these two textbooks.

The work plan is described below. It consists in a sequence of tasks, which include watching video lectures, reading selected part evaluation tests, and completing hands-on assignments.

Work plan

INTRODUCTION TO THE MODELICA LANGUAGE

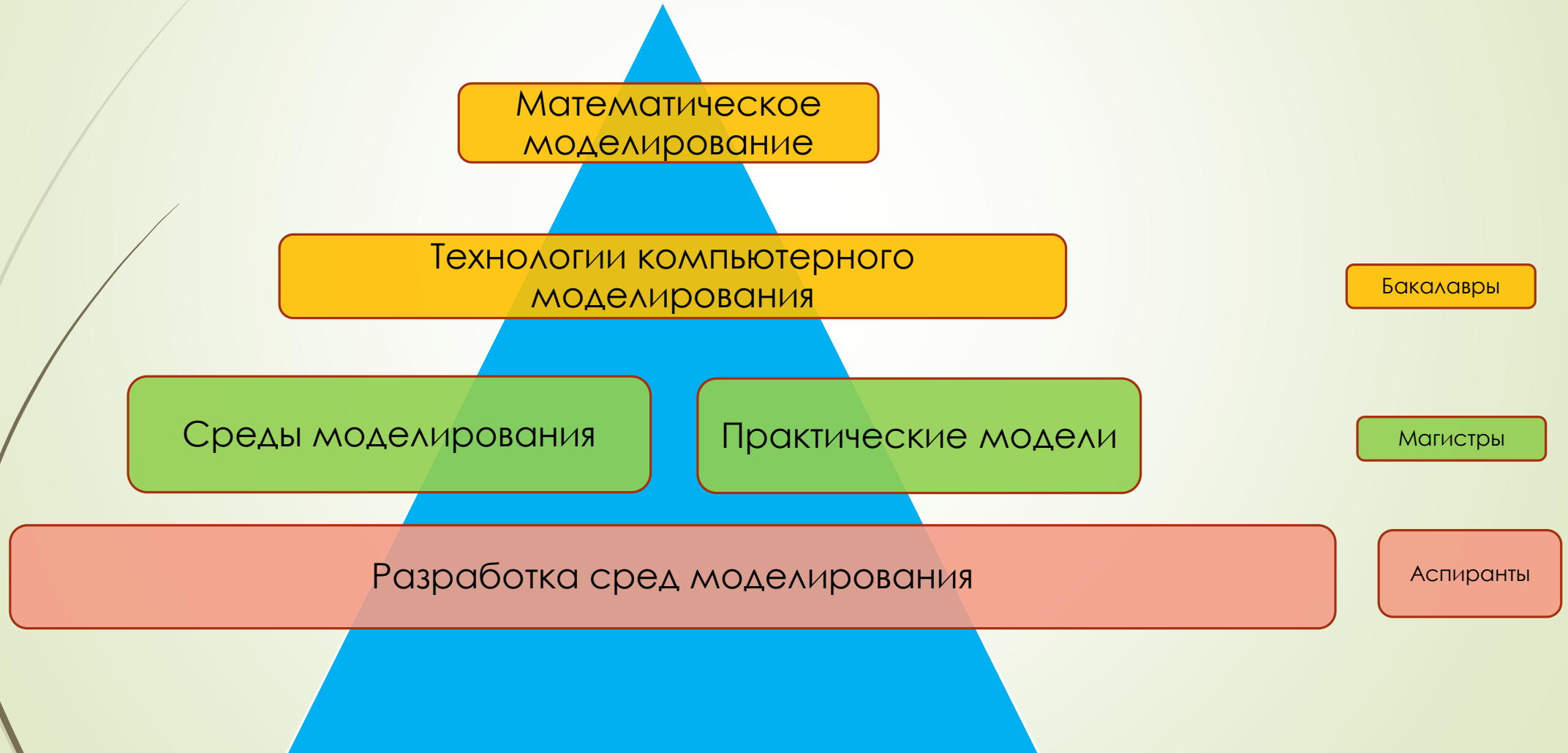
1. Why Modelica?
 - a. Watch the "[Modelica: a standardization effort](#)" video
2. Modeling methodology and tools
 - a. Watch the "[Introduction to Lesson 1](#)" video
 - b. Watch the "[Physical modeling paradigm](#)" video
 - c. Watch the "[Object-oriented modeling](#)" video
 - d. Watch the "[Modeling environments](#)" video
 - e. Watch the "[Getting started with Modelica](#)" video
 - f. Watch the "[Dymola tutorial](#)" video
 - g. Watch the "[OpenModelica tutorial](#)" video
 - h. Read Lesson 1 of [1]

Локальный уровень (университетский):
**Компьютерное моделирование для
инженеров**



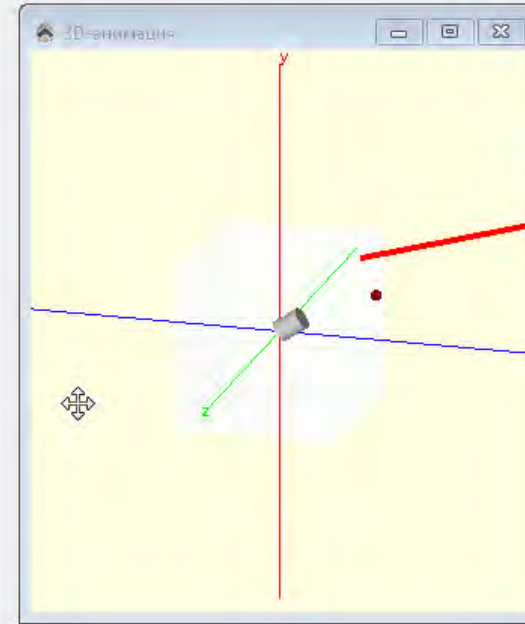
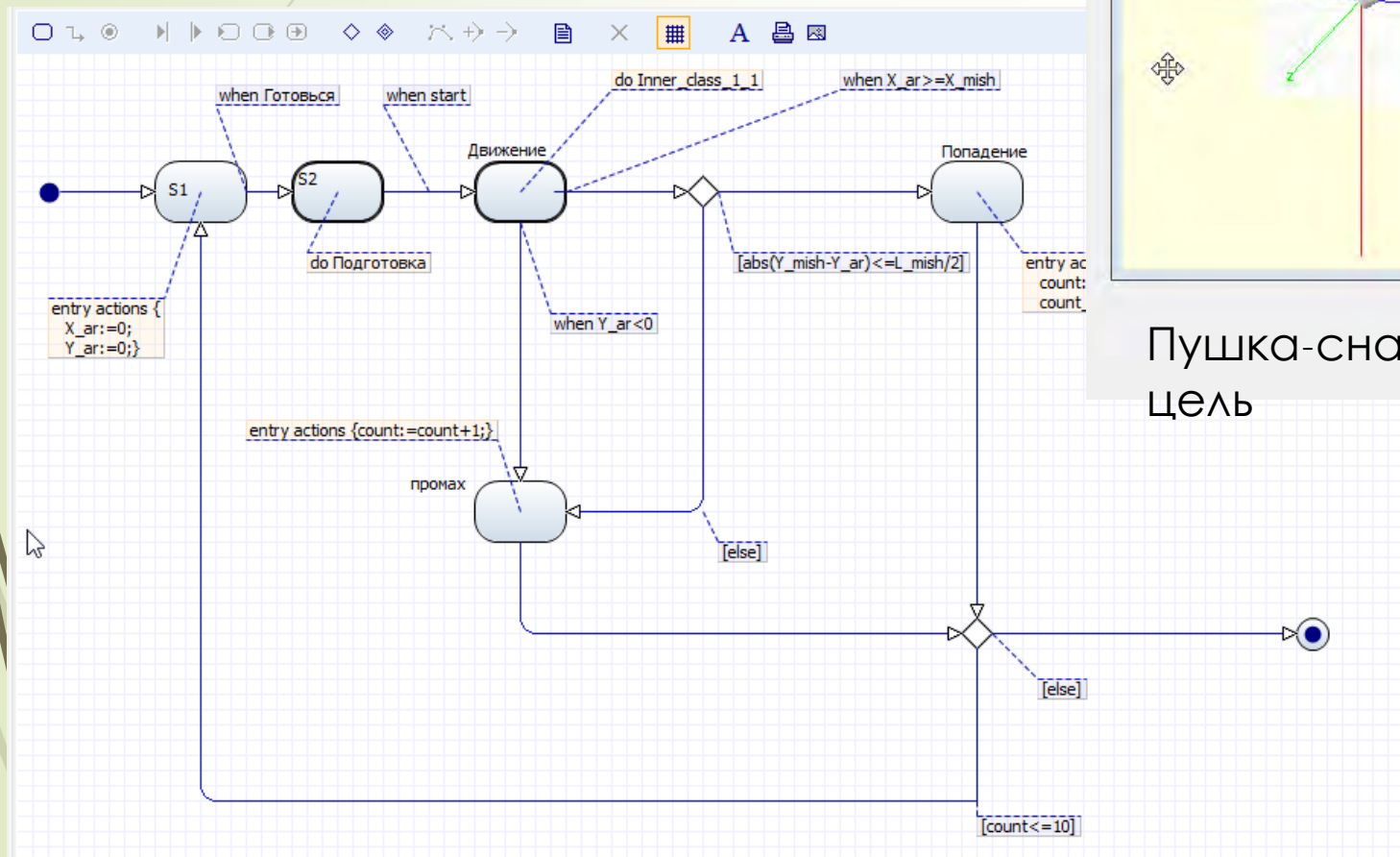
- Школьники: Основы моделирования
- Бакалавры (пользователи):
Математическое и компьютерное
моделирование
- Магистры (Разработчики): Объектно-
ориентированное моделирование
- Аспиранты: Разработка сред
моделирования

Моделирование Базовые курсы



ШКОЛЬНИКИ

Основы моделирования



Пушка-снаряд-цель



Выбери скорость и угол

Выстрели

Попал?

Нет? Попробуй еще

Бакалавры

- Основы моделирования
- Математическое моделирование(Mathematica, Maple, Anydynamics)
- Компьютерное моделирование(AnyDynamics, OpenModelica)

Магистры

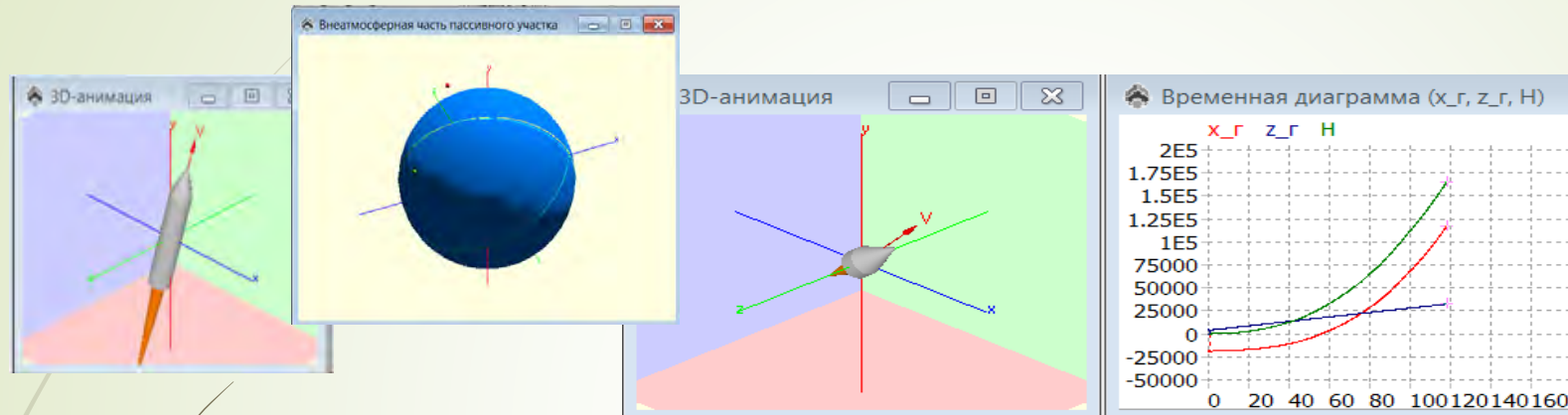
- Объектно-Ориентированное Моделирование(UML, AnyDynamics, OpenModelica)



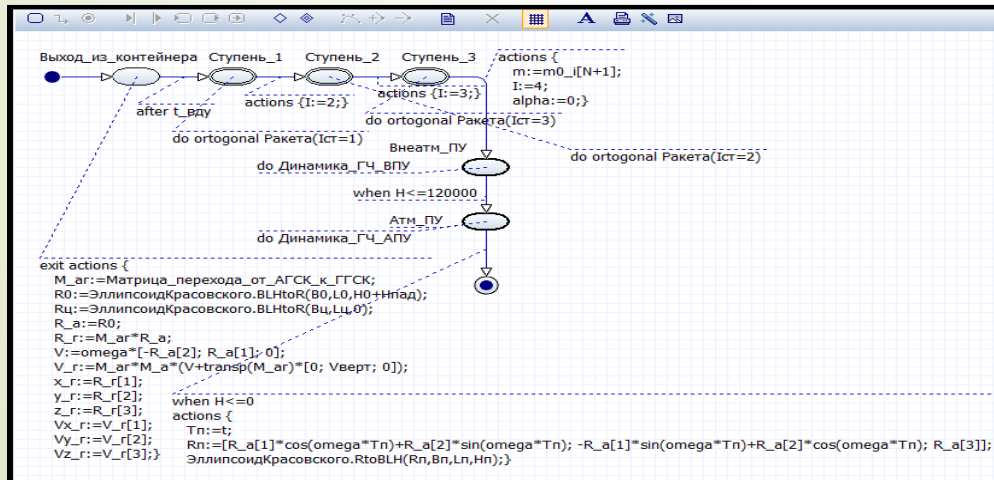
Computer Modeling

- Bachelors
 - Lectures-12
 - Labs -12 (AnyDynamics)
 - Labs -12 (OpenModelica)
-
- Isolated: continues, discrete, hybrid
 - Component models: causal-acausal
 - Components: agent-based
 - Computational experiments

Динамические и гибридные системы



➔ A flight of three-stage rocket

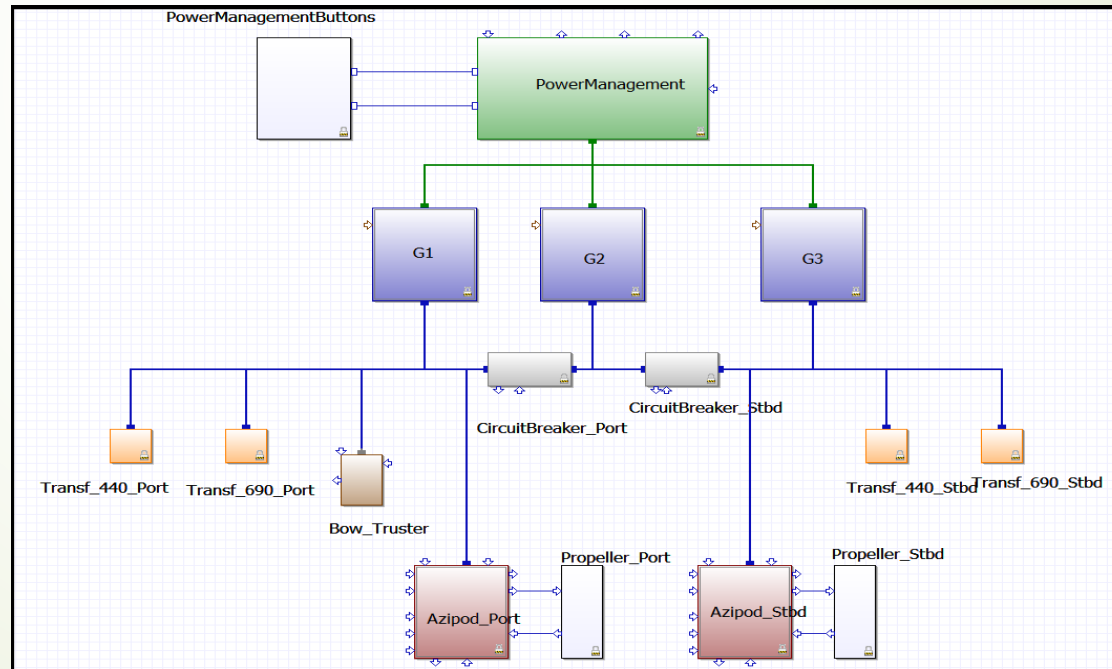
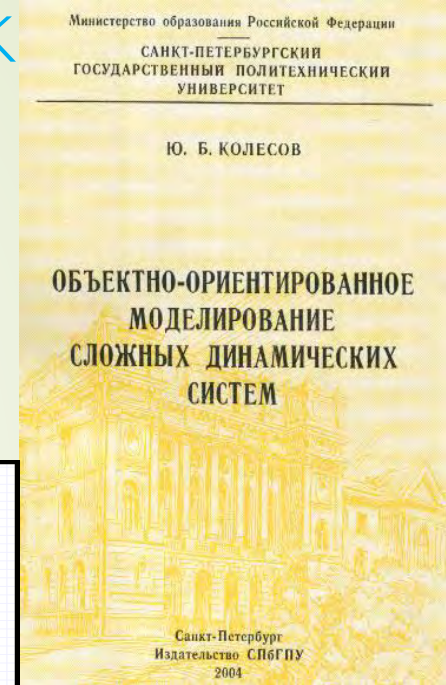


Компонентные модели «ориентированные блоки» (A la Simulink)



Морские тренажеры

www.transas.com

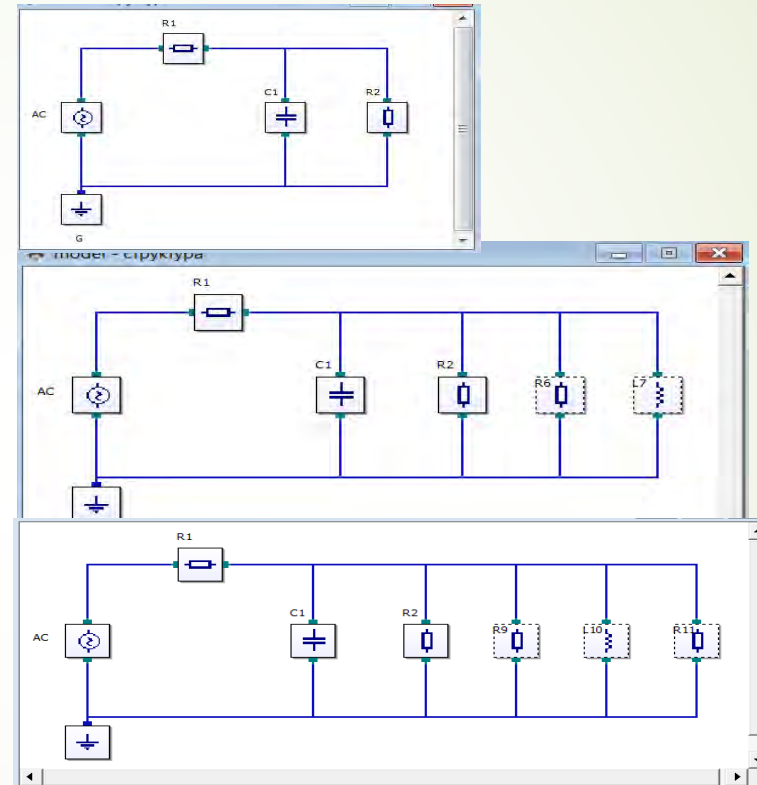


Компонентные модели «неориентированные связи» (A la Modelica)

model - структура

Текущая совокупная система уравне...

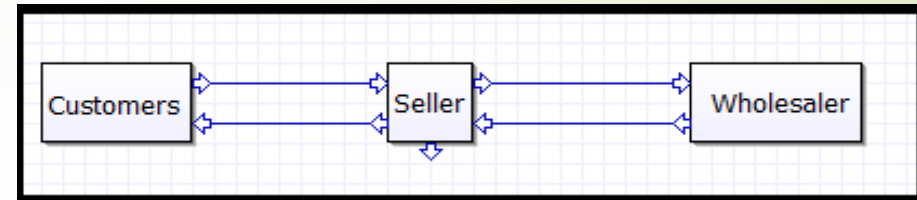
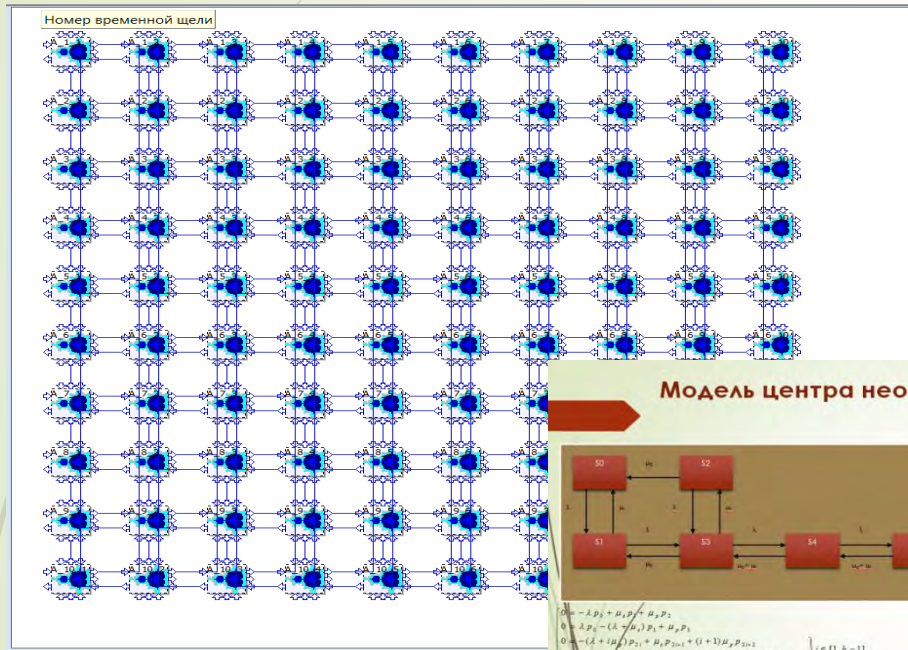
N	Объект	Уравнение	Иск.перем.
Дифференциальные уравнения			
1	TK1	$\frac{dV}{dt} = q;$	TK1.V : [1]
2	TK2	$\frac{dV}{dt} = q;$	TK2.V : [2]
3	TK3	$\frac{dV}{dt} = q;$	TK3.V : [3]
Алгебраические уравнения			
4	T1	$0 = k \cdot Q \cdot (C1.P - S.Pext)$	T1.C1.Q : [4]
5	T2	$0 = k \cdot Q \cdot (C1.P - TK1.C.P)$	T2.C1.Q : [5]
6	T3	$0 = k \cdot Q \cdot (C1.P - S.Pext)$	T4.C2.P : [6]
7	T4	$0 = k \cdot Q \cdot (T2.C1.P - C2.P)$	T4.C1.Q : [7]
8	T5	$0 = k \cdot Q \cdot (T4.C2.P - C2.P)$	T5.C1.Q : [8]
Формулы			
9	TK1	$h = \frac{V}{S};$	
10	TK1	$C.P = k \cdot h;$	
11	TK2	$h = \frac{V}{S};$	
12	TK2	$T2.C1.P = k \cdot h;$	
13	TK3	$h = \frac{V}{S};$	
14	TK3	$T5.C2.P = k \cdot h;$	
15	T2	$C2.Q = -C1.Q;$	
16	model	$TK1.q = -T1.C1.Q - T2.C2.Q$	
17	model	$TK2.q = -T2.C1.Q - T4.C1.Q$	
18	T4	$C2.Q = -C1.Q;$	
19	model	$T3.C1.O = -T4.C2.O - T5.C1$	



Электричество, механика, гидравлика, «физические» МО



Модели с переменной структурой



Модель центра неотложной помощи

$0 = -\lambda p_0 + \mu_p p_1 + \mu_p p_2$
 $0 = \lambda p_1 - (\lambda + \mu_p) p_2 + \mu_p p_1$
 $0 = (\lambda + \mu_p) p_2 - (\lambda + \mu_p) p_{2i+1} + (i+1) \mu_p p_{2i+1}$
 $0 = (\lambda + \mu_p) p_{2i+1} - (\lambda + \mu_p) p_{2i+2} + (i+1) \mu_p p_{2i+1}$
 $0 = (\lambda + \mu_p) p_{2i+2} + \mu_p p_{2i+1}$
 $0 = (\lambda + \mu_p) p_{2i+1} - (\lambda + \mu_p) p_{2i+2} + (\mu_p + h \mu_p) p_{2i+1} + (\mu_p + h \mu_p) p_{2i+2}$
 $0 = \lambda p_{2i+1} - (\lambda + \mu_p + h \mu_p) p_{2i+1} + (\mu_p + h \mu_p) p_{2i+1}; i \in \{2, m-1\}$
 $0 = \lambda p_{2m-1} - (\mu_p + h \mu_p) p_{2m-1}$

MARKOV'S MODEL FOR OPTIMAL CONFIGURATION OF A CALL CENTRE



Массовое обслуживание. Агенты



Среды (Российские университеты)

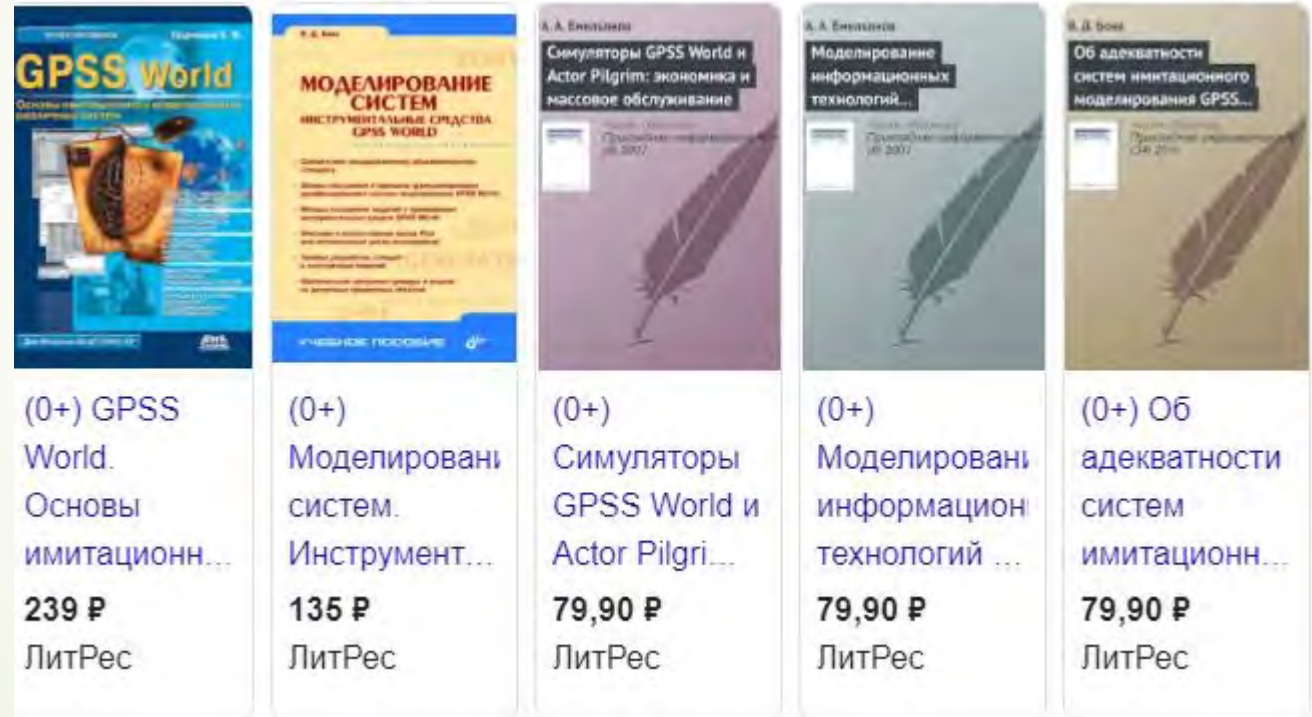
- Уравнения (модель)
- ООМ (технология)
- UML (стандарт)
- Изолированные
- Компонентные: ВХОДЫ/ ВЫХОДЫ – КОНТАКТЫ/ПОТОКИ
- Агенты
- Событийно управляемое поведение
- Событийно-управляемые структуры








Локальный уровень: среды-книжки

- AnyDynamics
- AnyLogic -
- GPPS, GPSS World
- ISMA
- OpenModelica (Dymola)
- Simulink
- SimInTech
- SystemModeler



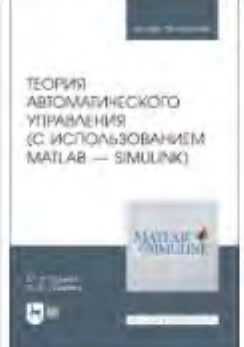
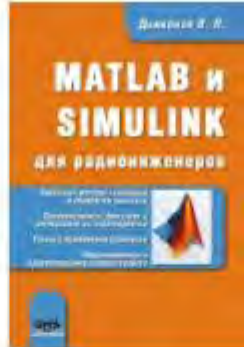


Книги: GPSS, GPSS World (Россия)



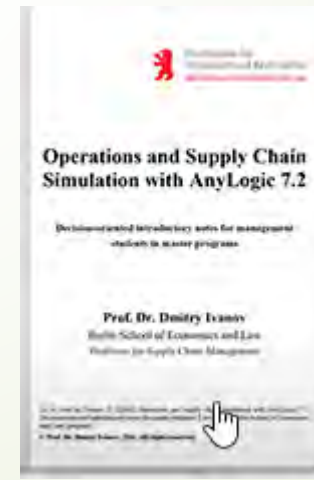
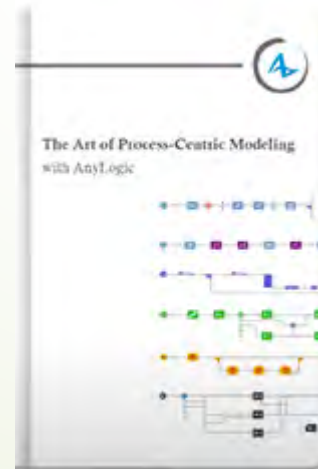
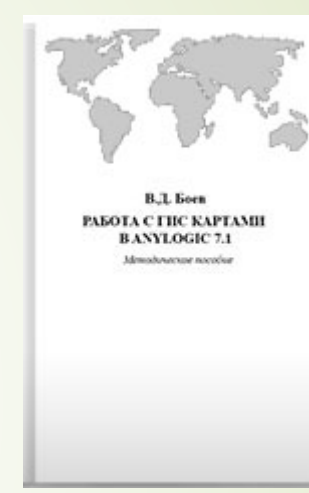
Моделирование

 <p>И.А. Савинкин, Т.В. Савинкина, И.В. Фролова</p> <p>ИМИТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СРЕДЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS STUDIO</p>	 <p>В.Д. Билик</p> <p>Об адекватности систем имитационного моделирования GPSS...</p>	 <p>И.А. Савинкин</p> <p>ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</p>	 <p>И.А. Савинкин</p> <p>КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</p>	 <p>В.П. Виноградов, П.Н. Александров, Д.В. Гурьянов</p> <p>Оценка рисков промышленных...</p>
(18+) Имитационны исследования в среде...	(0+) Об адекватности систем имитационн...	(0+) Имитационно моделировани Учебник и...	(0+) Компьютерно моделировани Учебник и...	(0+) Оценка рисков промышленнь предприяти...
2 697 Р Labirint.Ru	79,90 Р ЛитРес	729 Р ЛитРес	729 Р ЛитРес	152 Р ЛитРес

Simulink

					
(0+) Simulink. Самоучитель - В. П. Дьяконов...	(0+) Matlab Simulink. Компьютерное моделиров...	(16+) Теория автоматическ управления (с использова...	(0+) MATLAB и SIMULINK для радиоинже...	(0+) MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике...	(12+) Simulink. Самоучитель.
479 Р ЛитРес	250 Р ЛитРес	2 583 Р OZON Books	399 Р ЛитРес	250 Р ЛитРес	1 681 Р Буквоед

AnyLogic



SimInTech



Журналы:

<http://www.kio.spb.ru/journal/>



Computer tools in Education

Computer tools in School;


Компьютерные инструменты

1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011
2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

В образовании



В школе



[Редакционный совет \(Editorial board\)](#)
[ЗАГРУЗИТЬ РУКОПИСЬ \(SUBMISSION\)](#)

[Редколлегия КИО \(Editorial team of Computer Tools in Education\)](#)
[Редколлегия КИШ \(Editorial team of Computer tools in school\)](#)

[Контактная информация \(Contacts\)](#)
[Рекламодателям](#)
[О журналах \(About journals\)](#)
[Авторам \(For authors\)](#)
[Обратная связь](#)
[Подписка на журнал](#)

VIRTUAL LAB IN MODELICA FOR AIR POLLUTION CONTROL*

C. Martín-Villalba¹, M. E. Manzur², A. Urquía¹

¹Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Spain

²Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

Abstract

Interactive is a Modelica library whose goal is to facilitate the implementation of virtual labs based on Modelica models quickly and with little effort. Modelica is a free object oriented modeling language. The implementation of a virtual lab for air pollution control developed using Interactive 2.0 is discussed in this manuscript. This virtual lab has been developed to explain the dispersion of pollutants into the atmosphere to undergraduate students of Environmental Chemistry of the Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Main aspects in the virtual lab development process are addressed in this discussion, including: 1) application of a systematic methodology to adapt any Modelica model into a description suitable for interactive simulation; 2) composition of the virtual lab view using Interactive. Additionally, the use of this virtual lab in the Environmental Chemistry course is discussed. Interactive is freely available at www.euclides.dia.uned.es.

Keywords: *Modelica, virtual lab, air pollution.*

Citation: C. Martín-Villalba, M. E. Manzur & A. Urquía, "Virtual Lab in Modelica for Air Pollution Control," *Computer tools in education*, no. 1, pp. 5-15, 2018.



КНИГИ ПРОЕКТА INMOTION

InMotion: «Новые стратегии обучения инженеров с использованием сред визуального моделирования и открытых учебных платформ»*

Сениченков Ю. Б.¹, Зупанчич Б.², Уркиа А.³

¹Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

²Люблянский университет, Любляна, Словения

³Национальный университет дистанционного обучения, Мадрид, Испания



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

<http://www.inmotion-project.net/index.php/ru/>



Computer tools in education, 2018

№ 5: 52–68

<http://ipo.spb.ru/journal>

doi:10.32603/2071-2340-2018-5-52-68

BOOKS OF THE INMOTION PROJECT

InMotion: “New Engineer Learning Strategies Using Visual Modeling Environments and Open Learning Platforms”

Senichenkov Yu. B.¹, Zupančič B.¹, Urquía A.³

¹Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

²University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenia

³Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, Spain

Abstract

The InMotion project sets as one of its goals the creation of new training courses for future engineers in mathematical modeling and computer technologies for modeling complex dynamic systems. New courses are based on textbooks and books of problems developed by project participants. In the future, books will be freely available to students in both English and Russian. This article provides a brief description of the project and presents the original introductions to the books. In addition to textbooks, eLearning courses have already been developed, which at the end of the project will be freely distributed on the Internet. Details on the project itself and the first impressions of the new courses developed will be presented in a future article.



Приложение. Среды.



1

AnyLogic for Academia

Virtual EUROSIM Simulation Seminar

May 2021



© The AnyLogic Company | www.anylogic.com

selected universities and research labs

75 out of world's top 100 universities* teach and carry out research using our products, spreading word of mouth to business

*According to [QS University ranking](#)



World's best research labs use AnyLogic



resources for academia



Free version for students

Students can quickly start learning simulation modeling by downloading the [free AnyLogic PLE](#) - it offers example models and tutorials for learning the modern methods of simulation and for developing systems thinking skills.



Educational resources

AnyLogic educational resources include [books](#), [how-to videos](#), [webinars](#), and [academic papers](#). Furthermore, the AnyLogic community provides a rich network of general and specialist knowledge at [Stack Overflow](#), [ResearchGate](#), and [LinkedIn](#).



Complete version for academia

For teachers, researchers, and students who need advanced tools for their projects, we provide [AnyLogic University Researcher](#). With a free 30-day trial and special pricing for non-commercial use, it is a fully functional version of AnyLogic for conducting full-scale research.



AnyLogic Cloud for students

Use the [free AnyLogic Cloud](#) to collaboratively develop your models online, run them remotely, and present simulation results to your peers and teachers. You can also share your models with the Cloud community, or dive into the public model library and learn from others.

resources for academia

- [AnyLogic academic toolkit](#)

The AnyLogic simulation toolkit features reading materials, videos, and guidance resources for teachers and students. It is intended to support educational and teaching processes by helping develop simulation skills with hands-on materials.

- [Trainings and events](#)

AnyLogic conducts events all over the globe: scheduled and customized training, free introductory seminars, user meetings, and an annual conference of skilled modelers sharing their knowledge and experiences.

NETSTAR – software for discrete-event simulation

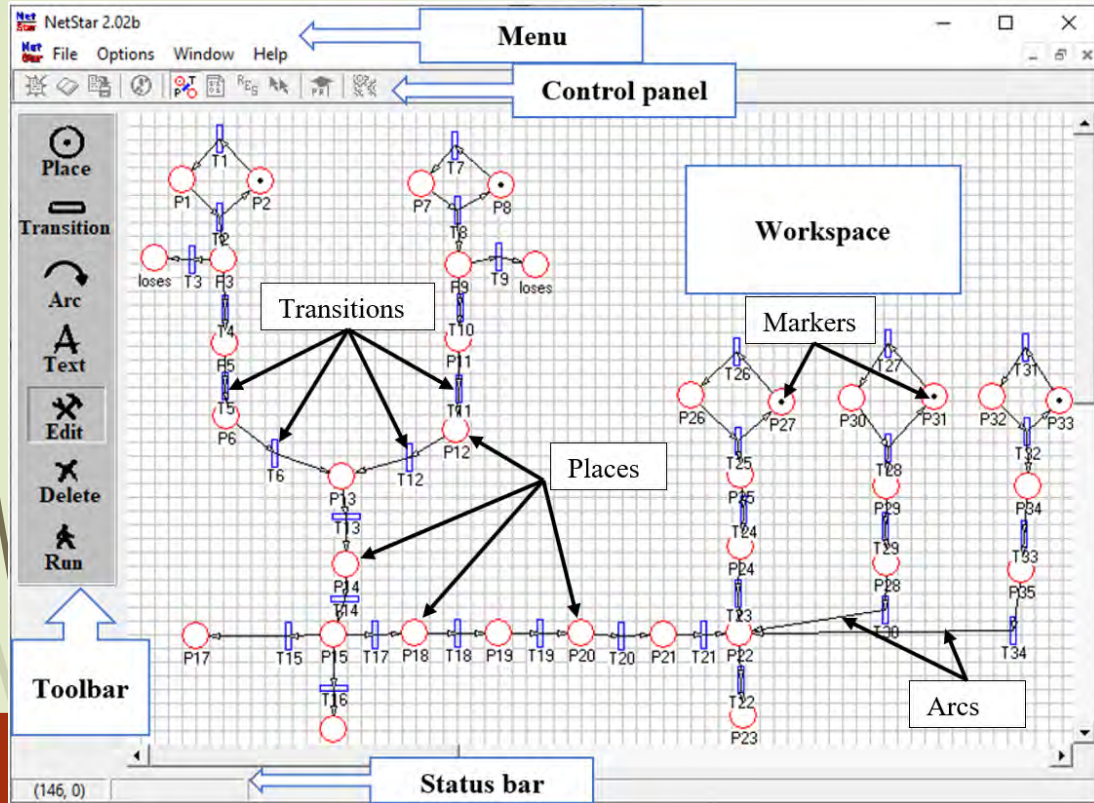
2



Copyright holder – «The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences».

NETSTAR allows simulate systems with considering of dynamics and stochastic due to mathematical modeling language of Petri net.

NETSTAR – interface and results



Setting the structure and parameters of the system through the graphical interface

Simulating conducted through design of places and transitions, which are connected by arcs. Moving of markers allows consider system state changes in time.

The screenshot shows the simulation results window. At the top, it displays 'Cycle time: 499.67 сек.' and a 'statistics' tab. Below is a table with columns for places (P30-P39) and transitions (T32-T38). The table shows the state of the system at various time intervals. Labels at the bottom point to specific data points: 'Modeling time' points to the first column, 'Markers in model places' points to the columns for places P30-P39, and 'Opened transitions' points to the columns for transitions T32-T38.

	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	
35.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.205	T32 T35 T37 T36 T38
35.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.205	T2 T1 T7 T8 T13 T15
35.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.206	T32 T35 T37 T36 T38
35.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.207	T32 T35 T37 T36 T38
36.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.17	0.208	T21 T18 T24 T27 T28 T29 T31 T33 T34 T35 T37 T36 T38
36.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.209	T19 T20 T16 T22 T17 T23 T25 T26 T28 T28 T29 T29 T31 T31
36.06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.209	T4 T3 T10 T11 T14 T15
36.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.209	T4 T3 T10 T11 T14 T15
36.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.209	T2 T1 T7 T8 T13
36.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.210	T32 T15 T35 T37 T36 T38
36.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.210	T2 T1 T7 T8 T13
36.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.211	T32 T15 T35 T37 T36 T38
36.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.212	T32 T35 T37 T36 T38
36.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.212	T2 T1 T7 T8 T13 T15
37.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.213	T21 T18 T24 T27 T28 T29 T31 T33 T34 T35 T37 T36 T38
37.06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.214	T32 T35 T37 T36 T38
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	0.214	T2 T1 T7 T8 T13 T15

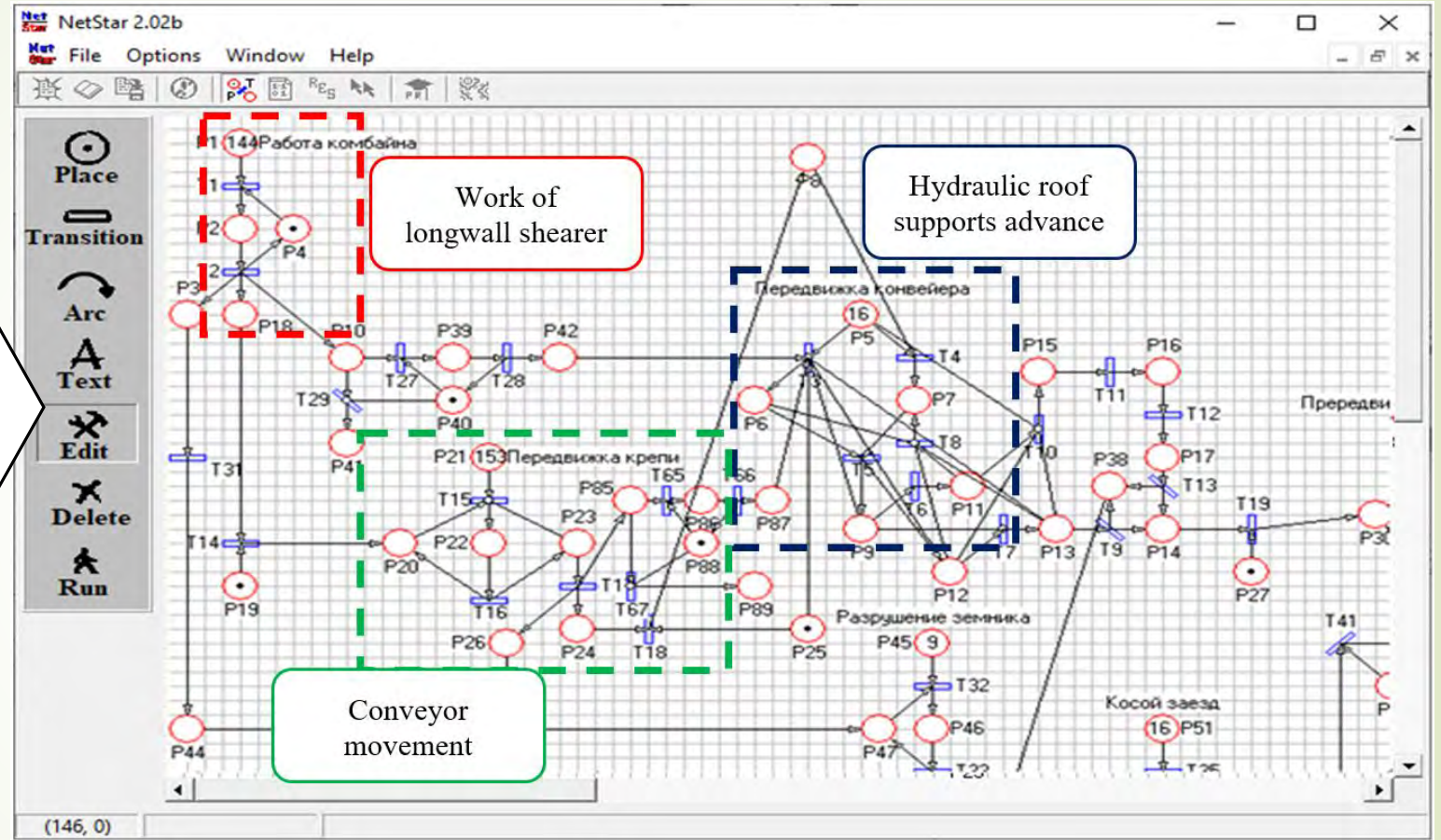
Modeling time

Markers in model places

Opened transitions

Simulating result: system state changes in time

NETSTAR – practical application



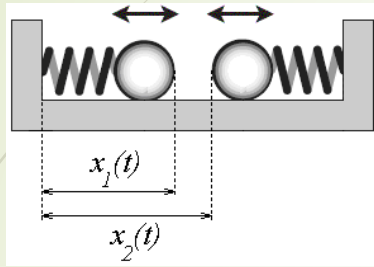
Simulating model of longwall coalmining (mine “Polysaevskaya”, Kuzbass, Russia). Experiments on model allowed to get rational technical and organizational solutions for improvement productivity of coalmine.

Applications of Hybrid Systems

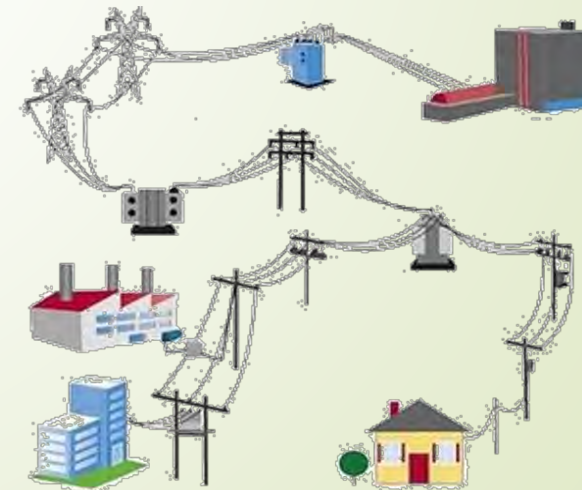
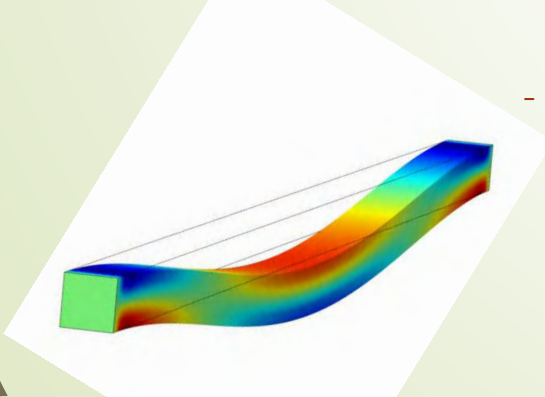
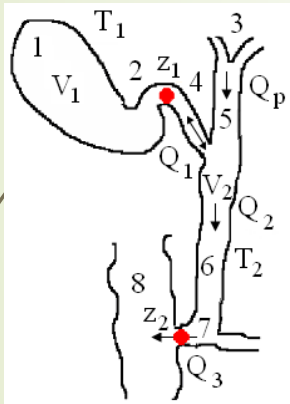
4

ISMA

1



- Mechanics;
- Electromechanics;
- Biosystems;
- Power Engineering;
- Chemical Kinetics;
- Solid Mechanics;
- etc.



Specification in ISMA

ISMA

56

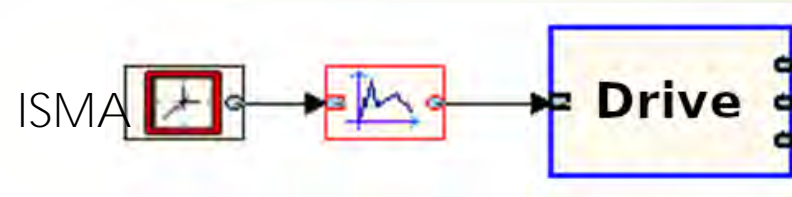
- Textual Language of States

```

st1 [ (h1<=hv3) ] is
  V3~=0;
  h1'=(1/S)*( Qp - Q1 - Q2 - V3*Q3 );
  h2'=(1/S)*( Q2 + V3*Q3 - V4*Q4 );
from init, st2;

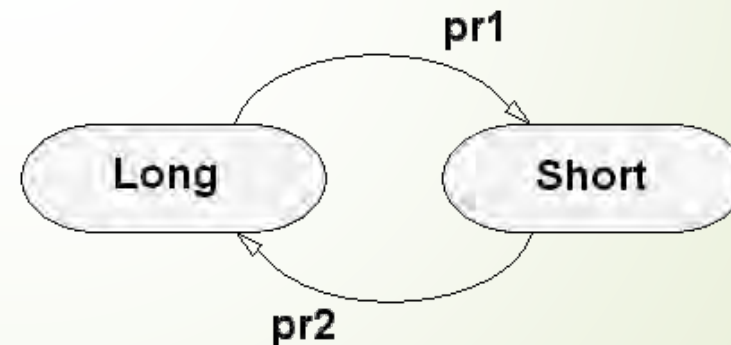
```

- Block-Textual Language



- Statecharts
- Textual and Visual Domain-Specific Languages:

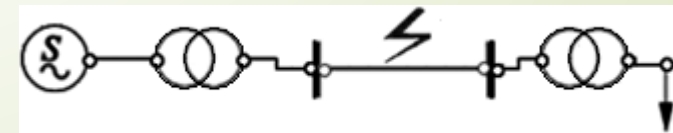
- Chemical Kinetics
- Power Engineering



```

C2H6=k1=>CH3+CH3;
CH3+C2H6=k2=>CH4+C2H5;

```



Publications

- ▶ Shornikov Yu. V. *Teoriia i praktika iazykovykh protsessorov : ucheb. posobie* [Theory and Practice of Language Processors : Textbook]. Novosibirsk: NSTU Publ., 2004. 203 p. Available at: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000044379 [In Russian]
- ▶ Novikov E. A., Shornikov Yu. V. *Komp'iuternoe modelirovanie zhestkikh gibridnykh sistem: monografiia* [Computer Modeling and Simulation of Stiff Hybrid Systems : Monograph]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2012. 451 p. Available at: https://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000174515 [In Russian]
- ▶ Shornikov Yu. V., Tomilov I. N., Dostovalov D. N. *Instrumental'noe modelirovanie gibridnykh sistem : ucheb. posobie* [Computer-Aided Modeling of Hybrid Systems : Textbook]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2014. 70 p. Available at: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000202756 [In Russian]
- ▶ Shornikov Yu. V., Dostovalov D. N. *Komp'iuternoe modelirovanie dinamicheskikh sistem : ucheb. posobie* [Computer-Aided Modeling of Dynamic Systems : Textbook]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2017. 68 p. Available at: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000236114 [In Russian]
- ▶ Shornikov Yu. V., Dostovalov D. N. *Fundamentals of event-continuous system simulation theory : textbook*. Novosibirsk, NSTU Publ., 2018. 175 p. Available at: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000239747
- ▶ Novikov E. A., Shornikov Yu. V. *Modelirovanie zhestkikh gibridnykh sistem : ucheb. posobie* [Modeling and Simulation of Stiff Hybrid Systems : Textbook]. Saint Petersburg, Lan Publ., 2019. 420 p. Available at: <https://lanbook.com/catalog/informatika/modelirovanie-zhestkikh-gibridnykh-sistem/> [In Russian]



DVCompute Simulator, <https://aivikasoft.com>

5

- This is a collection of general-purpose Rust programming libraries (Linux, Windows, macOS) for discrete event simulation
- The simulator uses an unified approach (based on functional programming)
- The simulator supports different modes (ordinary sequential simulation, distributed simulation, nested simulation)
- The simulator implements the most popular simulation paradigms (event-oriented, process-oriented, GPSS-like blocks of transacts, partially agents) and also reactive programming based on the Observable pattern (to process the signals)



DVCompute Simulator,

<https://aivikasoftware.com>

- ▶ The simulation model is a composition of computations (monads, arrows, streams, continuations)
- ▶ The implementation uses so called “zero cost abstractions” (the computations are created on stack of the computer and then transferred to dynamic memory by demand)
- ▶ These computations are unified for all simulation modes, but we can choose any implementation of the event queue and mutable references
- ▶ GPSS-like blocks are defined via discontinuous processes, which are expressed in terms of discrete event handlers in its turn (everything works through the event queue)



DVCompute Simulator,

<https://aivikasoftware.com>

- ▶ The module of distributed simulation supports both the optimistic Time Warp method and the conservative one (MPI, super-computers)
- ▶ The nested simulation is related to Theory of Games (imagine something like a chess play, where “moves” change the state of the discrete event simulation model)
- ▶ Earlier the author, David E. Sorokin david.sorokin@gmail.com, created Aivika for the Haskell programming language. Now the goal is a higher speed of simulation with better portability among computer platforms

6

System of modelling of industrial and technological processes of functioning of the ship-building enterprises.

AS «Sirius» 2.0



General characteristics of the AS «Sirius» 2.0

Automated system Sirius (AS «Sirius» 2.0) is purposed for carrying out complete cycle of simulation surveys of shipyards functioning processes.

A simulation study includes inputting initial data, generating simulation models, setting up and conducting experiments, preparing reporting documentation based on the results of experiments in MS Word format.

The general purpose system of imitation (discrete-event) modeling GPSS World is used as a modeling core of AS «Sirius».

The formation of models is fully automated - the initial data entered by the user is converted by the model generator according to specially written algorithms into code in the GPSS World language, which is executed by the modeling kernel.

The supported types (technology) modeling – discrete-event.

System functionality

Use of AS allows:

- To define whether production program of yard can be accomplished with set parameters of production system and construction technology
- **To define duration of main vessel's construction stages and** comparison of the same with new scheduled dates of construction
- **To detect yard production system's bottlenecks**
- **To define manufacturing facility's workload indexes (workload of** technological, crane and transportation equipment, sections, shops, building berths) when accomplishing production program
- To assess consequences of temporary de-commissioning of separate facilities, included in scope of simulation model (equipment/section/shop)
- To assess efficiency of setting into work of separate facilities, included in scope of simulation model (equipment/section/shop);
- To make up production schedules: delivery of sheet and profiled steel from steel store (steel launch), delivery of equipment from mechanical facility, delivery of pipes from pipe processing facility.

Input data for the AS «Sirius» 2.0

Composition of initial data of AS «Sirius», required for simulation modeling:

- Yard production program
- Yard plan, including layout diagram, layouts and specifications of shops, sections and composition of their equipment
- Description and specifications of vessels under construction
- Split of vessels into assembly units and large-scaled assembly-installation units
- Data on binding of assembly and assembly-installation units to construction areas
- Principal production technologies as applied to main production branches
- Description and specifications of used crane, transport and technological equipment
- Equipment maintenance schedule
- Yard operation schedule, including shift-work (plant-schedule) of yard and its separate facilities
- External deliveries schedule of assembly and assembly-installation

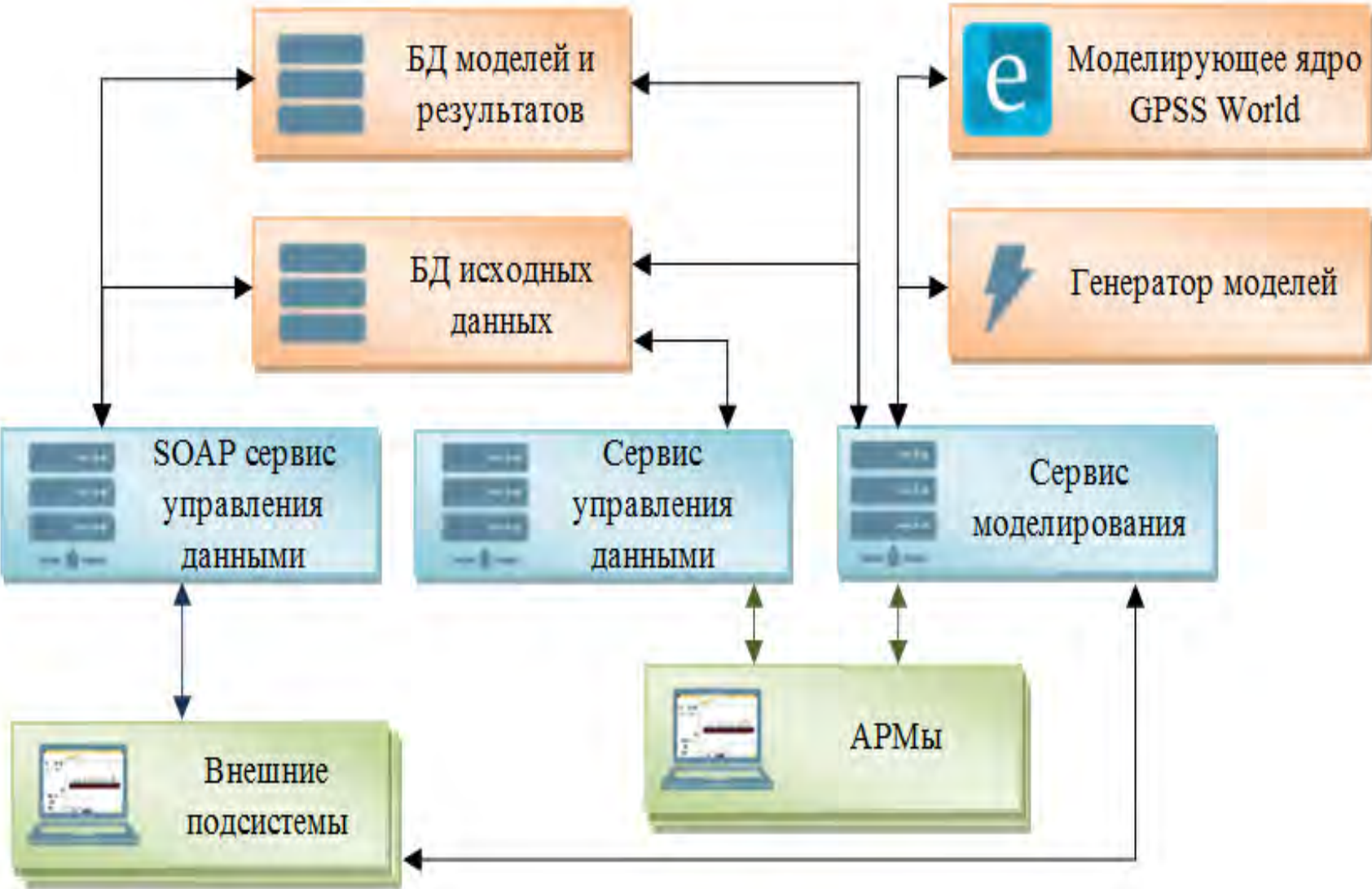
Output data of AS «Sirius» 2.0

The composition of the output data based on the simulation results:

- Data on the timing of the production program
- Diagram of the feasibility of the production program - comparison of the planned date with the simulation results
- Data on loading and utilization of production areas
- Data on loading and use of crane, transport and technological equipment
- Schedule of deliveries of rolled metal from the warehouse (including the required daily volumes of rolled metal start-up)
- Data on required buffer zones (to estimate the need for intermediate storage sites)
- Summary graphs of results (for a series of experiments)
- 2D animation of the process of building products
- Event log

AS «Sirius» 2.0 architecture

Service oriented architecture



AS «Sirius» 2.0 user interface

Production program data

0122	Тральщик	12700	17.04.2014	10.04.2021	2551	12700 - Работы на СЕ/СМЕ	Начало программы: 17.04.2014
4037	Тральщик	12700	17.04.2014	10.04.2021	2551	12700 - Работы на СЕ/СМЕ	Окончание программы: 29.12.2023
4728	Тральщик	12700	17.04.2014	10.04.2021	2551	12700 - Работы на СЕ/СМЕ	Количество заказов: 34

Data on ships under construction

Заказ	Начало строительства по актуальным данным	Окончание строительства по актуальным данным	Длительность строительства по актуальным данным	Планируемый период	Запланированный период	Календарный период
0122 - Тральщик № 12700	09.12.2013 23:56	09.12.2013 23:56	00:23:00:00	17.04.2014 00:00 - 18.06.2014 02:00 (812000:00)	18.06.2014 02:00 - 29.06.2014 22:00 (812000:00)	18.06.2014 02:00 - 29.06.2014 22:00 (812000:00)
4037 - Тральщик № 12700	17.04.2014 08:15	15.12.2013 07:59	402:07:23:00	17.04.2014 00:00 - 18.06.2014 02:00 (812000:00)	18.06.2014 08:45 - 30.06.2014 04:40 (812000:00)	18.06.2014 08:45 - 30.06.2014 04:40 (812000:00)
4728 - Тральщик № 12700	03.03.2013 18:30	27.08.2016 14:51	405:200:14:00	03.03.2013 18:30 - 06.03.2013 18:30 (812000:00)	06.03.2013 18:30 - 18.03.2013 12:00 (812000:00)	06.03.2013 18:30 - 18.03.2013 12:00 (812000:00)
0123 - Тральщик № 12700	03.03.2013 23:00	27.08.2016 23:06	402:40:06:00	03.03.2013 23:00 - 06.03.2013 23:00 (812000:00)	06.03.2013 23:00 - 18.03.2013 18:30 (812000:00)	06.03.2013 23:00 - 18.03.2013 18:30 (812000:00)
0124 - Тральщик № 12700	22.08.2011 09:30	16.08.2017 05:46	476:330:00:00	22.08.2011 09:30 - 23.11.2011 07:00 (812000:00)	23.11.2011 07:00 - 31.12.2011 09:30 (812000:00)	23.11.2011 07:00 - 31.12.2011 09:30 (812000:00)
0125 - Тральщик № 12700	22.09.2013 18:30	18.03.2017 13:51	402:00:23:00	22.09.2013 18:30 - 23.11.2013 12:00 (812000:00)	23.11.2013 12:00 - 05.12.2013 07:30 (812000:00)	23.11.2013 12:00 - 05.12.2013 07:30 (812000:00)
4729 - Тральщик № 12700	16.06.2014 00:15	01.05.2015 00:21	405:20:06:00	16.06.2014 00:15 - 16.08.2014 23:45 (812000:00)	16.08.2014 23:45 - 20.08.2014 18:45 (812000:00)	16.08.2014 23:45 - 20.08.2014 18:45 (812000:00)
4730 - Тральщик № 12700	11.04.2014 04:00	02.02.2015 04:21	402:20:22:00	11.04.2014 04:00 - 11.08.2014 02:00 (812000:00)	11.08.2014 02:00 - 22.08.2014 21:15 (812000:00)	11.08.2014 02:00 - 22.08.2014 21:15 (812000:00)
0126 - Тральщик № 12700	24.02.2017 18:45	21.10.2018 11:01	401:28:16:00	24.02.2017 18:45 - 26.04.2017 13:15 (812000:00)	26.04.2017 13:15 - 11.05.2017 09:31 (812000:00)	26.04.2017 13:15 - 11.05.2017 09:31 (812000:00)
026 - Тральщик № 12700	24.02.2017 18:45	21.10.2018 15:54	401:28:16:00	24.02.2017 18:45 - 26.04.2017 17:06 (812000:00)	26.04.2017 17:06 - 11.05.2017 13:06 (812000:00)	26.04.2017 17:06 - 11.05.2017 13:06 (812000:00)
027 - Тральщик № 12700	15.11.2017 09:00	13.01.2018 02:04	401:20:09:00	15.11.2017 09:00 - 16.12.2017 08:00 (812000:00)	16.12.2017 08:00 - 18.01.2018 02:04 (812000:00)	16.12.2017 08:00 - 18.01.2018 02:04 (812000:00)
4042 - Тральщик № 12700	15.11.2017 10:00	10.07.2018 10:06	401:20:06:00	15.11.2017 10:00 - 16.12.2017 08:00 (812000:00)	16.12.2017 08:00 - 18.01.2018 10:06 (812000:00)	16.12.2017 08:00 - 18.01.2018 10:06 (812000:00)
4043 - Тральщик № 12700	09.08.2013 20:45	27.03.2014 17:06	403:20:12:00	09.08.2013 20:45 - 10.08.2013 20:45 (812000:00)	10.08.2013 20:45 - 27.03.2014 17:06 (812000:00)	10.08.2013 20:45 - 27.03.2014 17:06 (812000:00)
4734 - Тральщик № 12700	04.06.2015 00:00	28.01.2016 01:21	402:09:15:00	04.06.2015 00:00 - 04.06.2015 00:00 (812000:00)	04.06.2015 00:00 - 28.01.2016 01:21 (812000:00)	04.06.2015 00:00 - 28.01.2016 01:21 (812000:00)
028 - Тральщик № 12700	22.04.2013 13:45	14.12.2013 08:06	401:20:12:00	22.04.2013 13:45 - 22.04.2013 13:45 (812000:00)	22.04.2013 13:45 - 14.12.2013 08:06 (812000:00)	22.04.2013 13:45 - 14.12.2013 08:06 (812000:00)
4044 - Тральщик № 12700	22.04.2013 13:30	14.12.2013 16:21	402:00:53:00	22.04.2013 13:30 - 22.04.2013 13:30 (812000:00)	22.04.2013 13:30 - 14.12.2013 16:21 (812000:00)	22.04.2013 13:30 - 14.12.2013 16:21 (812000:00)
4737 - Тральщик № 12700	08.03.2013 02:41	01.09.2013 22:41	401:20:06:00	08.03.2013 02:41 - 08.03.2013 02:41 (812000:00)	08.03.2013 02:41 - 01.09.2013 22:41 (812000:00)	08.03.2013 02:41 - 01.09.2013 22:41 (812000:00)
4048 - Тральщик № 12700	08.03.2013 08:50	07.09.2013 06:51	402:00:23:00	08.03.2013 08:50 - 08.03.2013 08:50 (812000:00)	08.03.2013 08:50 - 07.09.2013 06:51 (812000:00)	08.03.2013 08:50 - 07.09.2013 06:51 (812000:00)
4054 - Тральщик № 12700	28.08.2013 18:45	21.05.2013 13:51	401:20:06:00	28.08.2013 18:45 - 28.08.2013 18:45 (812000:00)	28.08.2013 18:45 - 21.05.2013 13:51 (812000:00)	28.08.2013 18:45 - 21.05.2013 13:51 (812000:00)

Production environment data

Тральщик	12700 (1 серийный)	12700	ЦВКБ «Алмаз»	61.6	10.3	2.68	0	800
Тральщик	12700 (10 серийный)	12700	ЦВКБ «Алмаз»	61.6	10.3 <td>2.68</td> <td>0</td> <td>800</td>	2.68	0	800
Тральщик	12700 (11 серийный)	12700	ЦВКБ «Алмаз»	61.6	10.3 <td>2.68</td> <td>0</td> <td>800</td>	2.68	0	800
Тральщик	12700 (12 серийный)	12700	ЦВКБ «Алмаз»	61.6	10.3 <td>2.68</td> <td>0</td> <td>800</td>	2.68	0	800

Production layouts

Итоговые показатели

Номер бригады	Наименование бригады	Общее время работы	Ежемесячная загрузка в часах						
			Дек. 2020	Янв. 2021	Фев. 2021	Март 2021	Апр. 2021	Май 2021	Июнь 2021
2091.1	Степановой Ю.Г.	89127.0	207.5	695.6	672.0	743.4	720.0	744.0	719.9
2091.10	Задерчука А.С.	29186.4	207.5	410.2	672.0	744.0	703.3	744.0	719.5
2091.11	Зяблицовой Н.Ю.	23139.4	207.5	727.4	554.2	743.4	720.0	743.5	371.3
2091.12	Иванова А.В.	27787.9	207.5	573.9	672.0	744.0	720.0	744.0	720.0
2091.13	Китаева Е.А.	21633.0	207.2	744.0	671.4	744.0	720.0	744.0	720.0
2091.14	Козлов Е.В.	26750.8	207.2	661.3	656.2	744.0	720.0	744.0	720.0
2091.15	Куббе И.Н.	38899.5	207.0	744.0	672.0	743.5	720.0	744.0	720.0
2091.16	Куча А.В.	18250.3	207.0	686.7	639.7	744.0	720.0	744.0	543.5
2091.17	Максимова В.С.	16170.3	206.7	744.0	628.2	743.4	720.0	744.0	539.1
2091.18	Минвалеевой Е.В.	22413.3	206.7	613.1	78.7	61.0	528.9	658.7	217.9
2091.19	Назарова Д.В.	25140.5	206.5	687.2	173.3	61.0	184.4	0.0	217.8

The certificate
№ 2018614213
about the state registration of
the computer program from
от 03.04.2018 г.

It is given out by Federal
Agency of intellectual property,
patents and trade marks.

Copyright holder:
**JSC «Shipbuilding & Shiprepair
Technology Center»**
(St.-Petersburg, Russia)

