

### 4.3. СПЕЦИФИКАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕО- И АУДИОМАТЕРИАЛОВ, СЛАЙДОВ, ЭСКИЗОВ, ПЛАКАТОВ И ДРУГИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В данном разделе приведен типовой пример оформления слайдов к разделам лекций по курсу «Сквозная поддержка жизненного цикла изделий приборостроения». На первой лекции необходимо ознакомить студентов с целью и задачами курса, а также дать краткую информацию по структуре курса. Рекомендуемая структуры для оформления схемы слайда приведен на рисунке 3.4.



Рис. 3.4. Концептуальная схема слайда к лекции

Примеры оформления слайдов к лекциям приведены на рисунках ниже.



## Математический аппарат

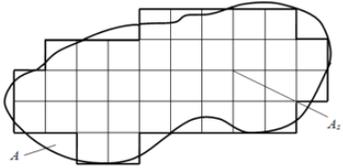
Уравнения, описывающие движение потока жидкости или газа:

**Уравнения Навье – Стокса в общем виде**  
(для ламинарных потоков)

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla p + \nabla \cdot \mathbf{T} + f$$

**Уравнения Навье – Стокса, осредненные по Рейнольдсу**  
(для турбулентных потоков)

$$\rho \bar{u}_j \cdot \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = \rho \bar{f}_j + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ -\bar{p} \delta_{ij} + \mu \left( \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{u'_i u'_j} \right]$$



Разбиение области пространства на дискретные элементы



Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства ЭА»



МГУ  
им. Н.Э. Баумана

**Рис. 3.7.** Пример слайда к лекции «Введение в расчет тепловых режимов изделий приборостроения с применением методов вычислительной гидро- и газодинамики»

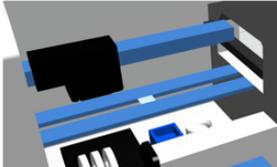
## Настройка кинематики блока сборочных головок

Создание путей анимации

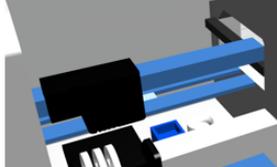
Вид	Тип	Добавить...
toFollower	Линей	Показать
toCamera	Линей	Показать
toFCS	Линей	Показать
toFollower	Линей	Показать
toStart	Линей	Показать

Тестовый путь  
Коэффициент: 1  назад  вперед

Начальное положение блока



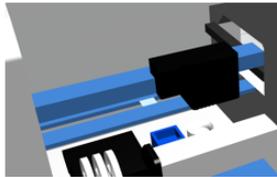
Движение блока к питателям



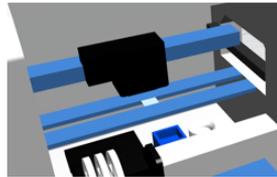
Обработка событий с помощью методов, написанных на языке Simtalk



Прохождение через камеры



Положение установки компонента





Кафедра ИУ4 «Проектирование и технология производства ЭА»



МГУ  
им. Н.Э. Баумана

**Рис. 3.8.** Пример слайда к лекции «Моделирование автоматизированного оборудования и оснащения»

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплект учебно-методического обеспечения по дисциплине «Поддержка жизненного цикла объектов приборостроения» подготовлен на основе единой концепции создания учебных пособий и методических материалов, входит в комплекс дисциплин подготовки бакалавров и магистров по программам высшего профессионального образования по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

Конспект лекций по дисциплине содержит рекомендации по организации и проведению лекционных и семинарских занятий, перечень слайдов, типовых плакатов и другие дидактические материалы, необходимые профессорско-преподавательскому составу для ее преподавания.

Структура и состав учебно-методического обеспечения соответствуют требованиям федеральных законов от 10.07.1992 г. № 3266-1-ФЗ «Об образовании» (с изменениями и дополнениями) и от 22.08.1996 г. № 125-ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» (с изменениями и дополнениями), Типового положения об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении), утвержденного постановлением Правительства РФ от 14 февраля 2008 г. № 71.

В заключение авторы выражают надежду на то, что представленные материалы будут полезны при подготовке к лекционным и семинарским занятиям и тем представителям профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений, которые уже освоили преподавание указанной дисциплины, и тем его представителям, которым еще предстоит это сделать.

Данный УМК разработан сотрудниками кафедры ИУ4 «Проектирование и технология производства электронной аппаратуры» и кафедры ИУК1 «Проектирование и технология производства электронных приборов» Калужского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана в соответствии с самостоятельно устанавливаемым образовательным стандартом (СУОС), основной профессиональной образовательной программой и учебным планом МГТУ им. Н.Э. Баумана по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение» (уровень бакалавриата).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры. Учебник для вузов под ред. В. А. Шахнова – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. 527 с.
2. Курносенко А.Е., Власов А.И., Демин А.А. Дискретное имитационное моделирование ручных операций сборки электронных модулей на печатных платах – Автоматизация в промышленности. 2022. № 5. С. 17-20.
3. Курносенко А.Е., Власов А.И. Применение многоуровневой декомпозиции для создания цифрового двойника сборочного производства электронной аппаратуры – Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2022. № 3 (27). С. 126-134.
4. Курносенко А.Е. Цифровые двойники и цифровое производство – В сборнике: Устойчивое развитие и новая индустриализация: наука, экономика, образование. Материалы конференции. Москва, 2021. С. 297-301.
5. Курносенко А.Е., Шахнов В.А. Цифровая трансформация при подготовке производства изделий электроники – Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 2. С. 51-56.
6. Курносенко А.Е., Шерстюк А.Е. Подготовка модели автомата установки компонентов на печатные платы для имитационного моделирования операции сборки – Автоматизация в промышленности. 2021. № 5. С. 28-32.
7. Курносенко А.Е., Левин И.В., Семенякина В.О., Захаров Е.Р., Шерстюк А.Е. Методы и средства имитационного моделирования при изучении технологической подготовки производства электронной техники – В сборнике: Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения. Сборник трудов Международного форума. 2020. С. 310-314.
8. Курносенко А.Е., Никольский Т.В., Ломаченко А.С. Подготовка модели оборудования к выполнению имитационного моделирования в САПР – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2020. № 2 (178). С. 24-30.
9. Шахнов В.А., Курносенко А.Е. Моделирование цифрового производства электронной аппаратуры в рамках концепции «Индустрия 4.0» – В сборнике: Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии. Материалы I Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор В.В. Акбердина. 2019. С. 585-594.
10. Никольский Т.В., Ломаченко А.С., Курносенко А.Е. Применение модуля Jack/Simulate human для имитационного моделирования операций сборки электроники – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2019. № 2 (174). С. 21-25.

11. Курносенко А.Е., Лошак Д.И. Анализ тепловых режимов электронной аппаратуры с помощью модулей CFD- анализа – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2019. № 3 (175). С. 44-50.
12. Левин И.В., Курносенко А.Е., Машина Н.А. Решения для проектирования, моделирования и оптимизации производств электронной аппаратуры – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2018. № 1 (169). С. 26-32.
13. Курносенко А.Е., Харитонов К.П. Применение PLM-системы Teamcenter для управления жизненным циклом электронных изделий – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2018. № 2 (170). С. 56-62.
14. Охломенко И.В., Курносенко А.Е. Анализ методов моделирования движений человека в виртуальной реальности – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2018. № 3 (171). С. 42-48.
15. Курносенко А.Е., Харитонов К.П. Применение системы управления данными об изделии Teamcenter при технологической подготовке производства – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2018. № 4 (172). С. 42-48.
16. Кокарев В.В., Курносенко А.Е. Анализ электронных модулей на механические воздействия средствами САПР NX Advanced Simulation – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2017. № 1 (165). С. 33-38.
17. Захаржевский С.Б., Качалова А.М., Курносенко А.Е., Соловьев В.А. Концепция построения специализированного пре- и постпроцессора для инженерного анализа моделей электронной аппаратуры в САЕ-системах (обзор) – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2016. № 3 (163). С. 56-63.
18. Захаржевский С.Б., Качалова А.М., Курносенко А.Е., Соловьев В.А. Анализ подходов к автоматизации инженерного анализа при сквозном проектировании электронной аппаратуры (обзор) – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2016. № 3 (163). С. 64-72.
19. Иванов Ю.В., Курносенко А.Е. Программный комплекс «Контур» для проектирования роботизированных комплексов сборки электронной аппаратуры в многономенклатурном производстве – Инженерный вестник. 2013. № 3. С. 4.
20. Иванов Ю.В., Курносенко А.Е. Основные задачи, решаемые программным комплексом «Контур» компьютерного проектирования роботизированных средств ГАСК сборки электронной аппаратуры в условиях многономенклатурного производства – Сборка в машиностроении, приборостроении. 2016. № 9. С. 36-46.
21. Гончаренко А.М., Курносенко А.Е., Костиков В.Г., Лавров А.В., Соловьев В.А. сквозное проектирование сборок на печатных платах с применением систем Altium Designer и Solidworks – Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 12. С. 62-71.
22. Курносенко А., Шулика Е. Отечественное оборудование для полного цикла мелкосерийного SMD- монтажа – Технологии в электронной промышленности. 2015. № 2 (78). С. 52-56.
23. Курносенко А.Е., Соловьев В.А., Арабов Д.И. программные модули для организации совместного проектирования электронной и механической составляющих изделия в САПР Solid Edge/NX – Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 3 (155). С. 85-89.

24. Курносенко А. Установщик SMP-330: многофункциональное эргономичное решение для ручной установки SMD-компонентов – Технологии в электронной промышленности. 2014. № 6 (74). С. 48-49.
25. Захаржевский С.Б., Курносенко А.Е. расчет изделий электроники на механические и тепловые воздействия в САПР Creo – Учебное пособие для студентов по направлению «Конструирование и технология электронных средств». Москва, МГТУ, 2013 – 56 с.: ил.
26. Иванов Ю.В., Курносенко А.Е. Специальное программное обеспечение автоматизированной разработки структур ГАСК многономенклатурного производства электронной аппаратуры – Москва, МГТУ, 2002.
27. Шахнов В.А., Зинченко Л.А., Соловьев В.А., Курносенко А.Е. Основы конструирования в Solid Edge. Пособие по проектированию изделий в приборостроении. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 272 с.: ил.
28. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002 – 320 с.: ил.
29. Хохленков Р. В. Solid Edge с синхронной технологией. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 376 с.: ил.
30. Группа компаний «ПЛМ Урал». Требования к электронным моделям изделия при работе по бесчертежной технологии, 2017. <https://www.plm-ural.ru/sites/default/files/2021-11/standart-po-rabote-s-em.pdf>
31. Группа компаний «ПЛМ Урал». Требования к оформлению технологических эскизов при бесчертежной технологии проектирования, 2019. <https://www.plm-ural.ru/sites/default/files/2021-11/standart-dlya-tekhnologov-pmi.pdf>
32. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.: ил.
33. Торон Д., Терликов В. Teamcenter. Начало работы – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с.: ил.
34. Буланов А., Шевченко О., Гусаров С. Wildfire 3.0. Первые шаги. – М.: Поматур, 2008. – 240 с.: ил.
35. Минеев М. Pro/Engineer Wildfire 2.0/3.0/4.0. Самоучитель. – М.: Наука и Техника, 2008. – 352 с.: ил.
36. Шимкович Д. Г. Femap & Nastran. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 702 с.: ил. (Серия «Проектирование»)
37. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 784 с.: ил.
38. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Леонидов В.В. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER // Датчики и системы. 2016. № 5 (203). С. 28-36.
39. Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Власов А.И., Карпунин А.А. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER: управление проектом // Датчики и системы. 2016. № 6 (204). С. 46-52.
40. Гриднев В.Н., Григорьев П.В., Емельянов Е.И., Камышина Э.Н. Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки посадочных мест // Датчики и системы. 2016. № 7 (205). С. 33-41.

41. *Арабов Д.И., Гриднев В.Н., Емельянов Е.И., Леонидов В.В.* Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Разработка библиотеки компонентов // Датчики и системы. 2016. № 8-9 (206). С. 42-51.
42. *Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И.* Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Схемотехническое проектирование // Датчики и системы. 2016. № 10 (207). С. 37-45.
43. *Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И.* Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Топологическое проектирование // Датчики и системы. 2016. № 11 (208). С. 28-39.
44. *Власов А.И., Гриднев В.Н., Жалнин В.П., Емельянов Е.И.* Методика автоматизированного проектирования электронных коммутационных структур в среде ALTIUM DESIGNER. Синтез проекта коммутационной структуры // Датчики и системы. 2016. № 12 (209). С. 34-45.
45. *Чемоданова Т.В.* Pro/Engineer: Деталь. Сборка. Чертеж. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.: ил.
46. *Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф. и др.* NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.
47. *Артамонов И.А., Гончаров П.С., Денисихин С.В. и др.* NX Advanced Simulation. Практическое пособие – М.: ДМК Пресс, 2014. – 112 с.: ил.
48. *Prof. Sham Tickoo.* Solid Edge ST6 for Designers. – CAD/CIM Technologies, 2014. – 752 p.
49. *Prof. Sham Tickoo.* NX10.0 for Designers. 9th edition. – CAD/CIM Technologies, 2016. – 800 p.
50. *Pazul Wyndorps.* 3D-Konstruktion mit Creo Parametric. – Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 2013. – 331 p.
51. *Randy Shih.* Introduction to Finite Element Analysis Using Creo Simulation 1.0 – SDC Publications, 2011. – 424 p.
52. *Roger Toogood.* Creo Simulate Tutorial Releases 1.0 & 2.0 – SDC Publications, 2012. – 296 p.
53. *Thomas Ebel, Manfred Vogel.* Creo Parametric und Creo Simulate. – Hanser Fachbuchverlag, 2012.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>5</b>
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ</b> .....	<b>7</b>
<b>ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b> .....	<b>9</b>
<b>1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ</b> .....	<b>14</b>
1.1. ВВЕДЕНИЕ В КОНЦЕПЦИЮ СКВОЗНОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ .....	15
1.1.1. Современные подходы к построению систем поддержки жизненного цикла .....	15
1.1.2. Спецификация конструкторской САПР как основа построения системы поддержки жизненного цикла .....	16
Тесты к лекции 1 .....	18
1.2. ОСНОВЫ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ПРИМЕРЕ PLM-СИСТЕМЫ TEAMCENTER .....	20
1.2.1. Краткое описание назначения системы teamcenter.....	20
1.2.2. Краткое описание отдельных модулей системы Teamcenter .....	22
1.2.3. Типовой алгоритм проектирования электронного устройства с применением системы Teamcenter .....	26
Тесты к лекции 2 .....	28
1.3. ГЕНЕРАТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	29
Тесты к лекции 3 .....	38
1.4. ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И ОБЪЕДИНЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	40
Тесты к лекции 4 .....	53
1.5. МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ФОРМ .....	54
Тесты к лекции 5 .....	63
1.6. БЕСЧЕРТЕЖНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ64	
Тесты к лекции 6 .....	80
1.7. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА В ECAD/MCAD-СИСТЕМАХ. ЭЛЕКТРОПРОВОДКА.....	82
Тесты к лекции 7 .....	87
1.8. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА В ECAD/MCAD-СИСТЕМАХ. КОММУТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ .....	88
Тесты к лекции 8 .....	97
1.9. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ .....	98
Тесты к лекции 9 .....	110
1.10. КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ В РАМКАХ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА .....	111
1.10.1. Анализ модели функционирования пре- и постпроцессора.....	113

1.10.2. Описание подхода к процессу моделирования изделий приборостроения	
118	
Тесты к лекции 10 .....	119
1.11. СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ .....	120
1.11.1. Анализ и улучшение сборочного состава .....	120
1.11.2. Упрощение геометрии .....	123
1.11.3. Задание материалов .....	127
1.11.4. Идеализация взаимосвязей .....	130
1.11.5. Задание граничных условий .....	133
1.11.6. Обозначение масс изделий .....	135
Тесты к лекции 11 .....	135
1.12. ПРОВЕДЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО И МОДАЛЬНОГО АНАЛИЗА .....	136
1.12.1. Анализ статического нагружения .....	136
1.12.2. Модальный анализ .....	139
Тесты к лекции 12 .....	140
1.13. РАСЧЕТ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРОВ И ВИБРАЦИЙ .....	141
1.13.1. Расчет на воздействие ударного импульса .....	141
1.13.2. Расчет на воздействие гармонических вибраций .....	148
1.13.3. Расчет на воздействие случайных вибраций .....	152
Тесты к лекции 13 .....	154
1.14. АНАЛИЗЫ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ .....	155
1.14.1. Анализ установившегося теплового состояния .....	155
1.14.2. Использование результатов теплового анализа для расчета температурных деформаций .....	158
Тесты к лекции 14 .....	159
1.15. ВВЕДЕНИЕ В РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРО- И ГАЗОДИНАМИКИ .....	160
1.15.1. Введение в проблематику .....	160
1.15.2. Математический аппарат анализа .....	161
1.15.3. Возможности модуля CFD .....	164
Тесты к лекции 15 .....	165
1.16. МЕТОДИКА CFD-АНАЛИЗА МОДЕЛИ .....	166
1.16.1. Подготовка 3D модели .....	166
1.16.2. Создание проекта расчета .....	167
1.16.3. Проведение вычислений .....	177
Тесты к лекции 16 .....	179
1.17. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ .....	180
Тесты к лекции 17 .....	183
1.18. ВВЕДЕНИЕ В СОВРЕМЕННУЮ КОНЦЕПЦИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА .....	184
1.18.1. Понятие цифрового двойника .....	184
1.18.2. Подходы к моделированию производственных процессов .....	188
Тесты к лекции 18 .....	190

1.19. Подготовка запуска нового изделия в производство.....	191
Тесты к лекции 19 .....	195
1.20. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	197
Тесты к лекции 20 .....	200
1.21. ОПИСАНИЕ МОДУЛЕЙ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА.....	201
Тесты к лекции 21 .....	213
1.22. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА СИНТЕЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	214
Тесты к лекции 22 .....	219
1.23. МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	220
Тесты к лекции 23 .....	223
1.24. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПОВОГО ИЗДЕЛИЯ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ .....	224
Тесты к лекции 24 .....	230
1.25. МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОСНАЩЕНИЯ.....	231
Тесты к лекции 25 .....	240
1.26. АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РУЧНЫХ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ .....	241
Тесты к лекции 26 .....	243
1.27. НАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ. 244	
1.27.1. Состав объектов .....	244
1.27.2. Подвижные объекты .....	245
1.27.3. Объекты материалопотока .....	249
1.27.4. Пользовательские объекты .....	252
Тесты к лекции 27 .....	256
1.28. СОЗДАНИЕ АНИМАЦИИ И ОБРАБОТКА СОБЫТИЙ .....	257
1.28.1. Анимация объектов .....	257
1.28.2. Буфер и групповые операции .....	259
Тесты к лекции 28 .....	262
1.29. НАСТРОЙКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	263
1.29.1. Рабочий персонал.....	263
1.29.2. Источник.....	265
Тесты к лекции 29 .....	266
1.30. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СБОРОЧНОЙ ЛИНИИ .....	267
Тесты к лекции 30 .....	269
<b>2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ .....</b>	<b>270</b>
2.1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. ГЕНЕРАТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	271
2.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И ОБЪЕДИНЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: ВОССТАНОВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАСЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ .....	274
2.3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ФОРМ: СОЗДАНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО ДИЗАЙНЕРСКИМ ЭСКИЗАМ .....	279

2.4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. БЕСЧЕРТЕЖНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ: СОЗДАНИЕ ВИДОВ МОДЕЛИ С PMI .....	282
2.5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА В ECAD/MCAD-СИСТЕМАХ. ЭЛЕКТРОПРОВОДКА: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА КОНСТРУКТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗДЕЛИЯ .....	289
2.6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА В ECAD/MCAD-СИСТЕМАХ. ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА КОНСТРУКТОРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗДЕЛИЯ .....	294
2.7. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: ЗАДАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХРАНИЛИЩА ДОКУМЕНТОВ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АТТРИБУТОВ.....	304
2.8. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: ЗАДАНИЕ ПРАВИЛ ИМЕНОВАНИЯ ДОКУМЕНТА И ПРАВИЛ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ДОКУМЕНТОВ .....	306
2.9. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: ОРГАНИЗАЦИЯ И ВЫПОЛНЕНИЕ ПОИСКА.....	309
2.10. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: РАБОТА С РЕВИЗИЯМИ .....	312
2.11 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: ВЫПОЛНЕНИЕ ГРУППОВЫХ ОПЕРАЦИЙ НАД ДАННЫМИ ПРОЕКТА .....	320
2.12 ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №12. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫМИ ДАННЫМИ: СОЗДАНИЕ ПОЛНОГО ПАКЕТА ПРОЕКТА.....	325
2.13. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №13. МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ: 2R-МОДЕЛИ.....	327
2.14. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №14. МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ: ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ВЕНТИЛЯТОРОВ.....	333
2.15. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №15. МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ: ТЕПЛОВЫЕ ТРУБКИ.....	343
2.16. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №16. МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ: ЭЛЕМЕНТЫ ПЕЛЬТЬЕ .....	348
2.17. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №17. МОДЕЛИ ИДЕАЛИЗИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ: ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ.....	350
2.18. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №18. МОДЕЛЬ ДЖОУЛЕВА НАГРЕВА .....	360
2.19. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №19. МОДЕЛЬ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОБМЕНА .....	364
2.20. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №20. МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОЙ ШИНЫ .....	370
2.21. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №21. МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	372
2.22. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №22. СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА И ЗАДАНИЕ ПАРАМЕТРОВ CFD-АНАЛИЗА .....	376
2.23. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №23. НАЗНАЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ.....	382
2.24. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №24. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ CFD-АНАЛИЗА .....	388
2.25. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №25. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛАСТИН .....	390
2.26. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №26. АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЛОКА С ЕСТЕСТВЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ В КОНСТРУКТОРСКОЙ САПР .....	397

2.27. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №27. АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА БЛОКА С ЕСТЕСТВЕННЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ В САПР ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	399
2.28. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №28. АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА БЛОКА С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ В САПР ГИДРОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	403
2.29. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №29. СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛИ СБОРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	405
2.30. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №30. ДЕКОМПОЗИЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РУЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ .....	411
2.31. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №31. ЭКСПОРТ МОДЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РУЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ В МОДУЛЬ PLANT SIMULATION И НАСТРОЙКА ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ И ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА .....	416
2.32. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №32. ЭКСПОРТ МОДЕЛИ В МОДУЛЬ JASC, НАСТРОЙКА МАНЕКЕНОВ И ВЫПОЛНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	422
2.33. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №33. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ .....	446
2.34. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №34. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РУЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ .....	453
2.35. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ .....	458
2.36. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ №1 .....	461
2.37. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ №2 .....	467
2.38. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РУБЕЖНОГО КОНТРОЛЯ №3 .....	480
<b>3. НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ .....</b>	<b>481</b>
3.1. ПРИМЕРНАЯ БАЗОВАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ .....	482
4.2. СТРУКТУРА И СОСТАВ ФОНДОВ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	495
4.3. СПЕЦИФИКАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕО- И АУДИОМАТЕРИАЛОВ, СЛАЙДОВ, ЭСКИЗОВ, ПЛАКАТОВ И ДРУГИХ ДИДАКТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ .....	509

Учебно-методический комплекс  
по укрупненным группам специальностей и направлений  
«Информатика и вычислительная техника» и «Приборостроение»

Алексей Евгеньевич Курносенко

## **ПОДДЕРЖКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Редакторы: xxx  
Технические редакторы: xxx  
Корректор: xxx  
Компьютерная графика: xxx  
Дизайн обложки: xxx

Оригинал-макет подготовлен  
в Издательстве МГТУ им. Н. Э. Баумана.  
Тел. xxx

Подписано в печать 14.09.2022. Формат 60×90/16. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 11. Тираж 500 экз. Заказ № xxx

Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана  
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.  
E-mail: [press@bmstu.ru](mailto:press@bmstu.ru)  
<http://www.press.bmstu.ru>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н. Э. Баумана  
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.  
Тел.: xxx