

## 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<br>ПРИБОРОСТРОЕНИЯ .....                                 | 15        |
| 1.1.1. Современные подходы к построению систем поддержки жизненного<br>цикла .....   | 15        |
| 1.1.2. Спецификация конструкторской САПР как основа построения системы<br>поддержки жизненного цикла .....                     | 16        |
| Тесты к лекции 1 .....   | 18        |
| 1.2. ОСНОВЫ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ<br>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<br>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<br>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<br>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<br>температурных деформаций .....                                    | 158 |
| Тесты к лекции 14 .....  | 159 |
| 1.15. ВВЕДЕНИЕ В РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ С<br>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<br>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<br>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<br>ПРОЦЕССА СБОРКИ.....   | 224        |
| Тесты к лекции 24 .....   | 230        |
| 1.25. МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО<br>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:<br>ТОПОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ .....  | 271        |
| 2.2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ И ОБЪЕДИНЕННОЕ<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ: ВОССТАНОВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ И<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАСЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ..... | 274        |
| 2.3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОБОДНЫХ ФОРМ: СОЗДАНИЕ<br>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 ЕСAD/МСAD-СИСТЕМАХ. ЭЛЕКТРОПРОВОДКА: ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА КОНСТРУКТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ ИЗДЕЛИЯ ..... | 289 |
| 2.6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА В ЕСAD/МСAD-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        |