

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Н.Н. Кривин
Т.П. Кривунченко

**СИСТЕМЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Методические указания по практическим занятиям
и самостоятельной работе студентов специальности
«Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования»

Томск
2026

УДК 681.5:629.7.08:621.396(075.8)
ББК 39.58-08:32.965я73
К82

Рецензент:

Рябинин А.А., инженер 1 категории АО «НПФ «Микран»

Кривин, Николай Николаевич

К82 Системы и средства автоматизации технологических процессов: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» / Н.Н. Кривин, Т.П. Кривунченко. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2026. – 27 с.

Настоящие методические указания посвящены вопросам автоматизации технической эксплуатации наземного и бортового авиационного радиооборудования на всех этапах стадии технической эксплуатации, включая обслуживание, хранение и транспортировку. В основу пособия положен системный подход к анализу проблемных ситуаций (УК-1) и практическое проектирование сервисных средств (ПКС-6) с применением отечественной среды модельно-ориентированного проектирования Engее и микроконтроллерной платформы Arduino. Особенностью методических указаний является интеграция в учебный процесс вопросов информационной безопасности и защиты данных с помощью интеллектуальных «электронных пломб», что позволяет подготовить студентов к решению современных инженерных задач по созданию защищенных систем автоматизированного контроля и мониторинга авиационной техники. Авторами данных методических указаний являются представитель профессорско-преподавательского состава кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (Н.Н. Кривин, зав. каф. КИПР, к.т.н., доцент), а также сотрудник профильного предприятия, начальник отдела экспортно-импортного контроля АО «НПФ «Микран», г. Томск, Т.П. Кривунченко.

Методические указания предназначены для студентов специалитета «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

Одобрено на заседании кафедры КИПР протокол № 58 от 01.06.2026.

УДК 681.5:629.7.08:621.396(075.8)
ББК 39.58-08:32.965я73

© Кривин Н.Н., Кривунченко
Т.П. 2026
© Томск. гос. ун-т систем упр.
и радиоэлектроники, 2026

Оглавление

1	Введение.....	4
2	Содержание лекционной части курса.....	10
3	Практические занятия.....	17
4	Самостоятельная работа студентов	24
5	Источники информации.....	25

1 Введение

Целью освоения дисциплины является подготовка специалиста к разработке и эксплуатации систем автоматизации, обеспечивающих жизненный цикл наземного и бортового авиационного радиоэлектронного оборудования (АиРЭО) — от контроля технического состояния на борту до мониторинга условий его транспортировки и хранения.

Задачи дисциплины:

1. Освоение методологии системного анализа отказов и выработки стратегий технического обслуживания.
2. Изучение архитектуры и протоколов обмена данными в авиационных автоматизированных системах (ARINC 429, CAN).
3. Получение навыков проектирования вспомогательного сервисного оборудования с использованием модельно-ориентированного подхода в САПР Engae.
4. Формирование навыков прототипирования автоматики на базе микроконтроллеров Arduino в комплекте с набором разнообразных датчиков и исполнительных устройств.
5. Изучение методов защиты информации и обеспечения целостности данных в средствах автоматизации.

В результате изучения материалов курса студенты сформируют следующие компетенции:

- УК-1: Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;
- ПКС-6: Готовность к проектированию и разработке сервисного, вспомогательного оборудования, схемных решений и средств автоматизации процессов эксплуатации.

Распределение учебного времени дисциплины

Всего: 180 часов (5 з.е.)

Лекции: 18 часов

Практические занятия: 36 часов

Самостоятельная работа (СРС): 126 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

В методических указаниях представлен комплексный подход к изучению современных методов и средств автоматизации процессов технической эксплуатации авиационного радиоэлектронного оборудования (АиРЭО) на всех этапах жизненного цикла: от непосредственного обслуживания на борту воздушного судна до процессов хранения, транспортирования и ожидания.

Особое внимание уделено реализации сквозного проектирования вспомогательного и сервисного оборудования. Практическая часть базируется на использовании инновационной отечественной среды модельно-ориентированного проектирования **Engsee** и платформы микроконтроллерного управления **Arduino**. В рамках дисциплины рассматриваются актуальные вопросы информационной безопасности и киберзащиты авиационных систем, включая разработку интеллектуальных устройств контроля целостности оборудования («электронных пломб»).

Методические указания включают теоретический минимум, подробные планы проведения практических занятий, рекомендации по выполнению курсового проекта и перечень верифицированных образовательных ресурсов. Издание направлено на формирование у студентов компетенций в области системного анализа проблемных ситуаций (УК-1) и готовности к проектированию схемных решений и средств автоматизации (ПКС-6).

Предназначено для студентов 9-го семестра очной формы обучения, а также может быть полезно специалистам инженерно-технического состава авиапредприятий, занимающимся вопросами цифровизации технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: АиРЭО, техническая эксплуатация, автоматизация, системный анализ, САПР Engsee, Arduino, информационная безопасность, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР).

Краткая информация о реализуемой образовательной программе специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования».

Область профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», включает техническую эксплуатацию транспортного радиотехнического оборудования, в том числе радиолокационные, радионавигационные, связные системы и комплексы, обеспечивающие безопасность, регулярность и эффективность транспортных услуг.

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу специалитета, являются:

1. радиолокационные, радионавигационные и связные системы;

2. системы и средства контроля и диагностики технического состояния эксплуатируемого оборудования;

3. системы передачи информации о движении транспортных средств и внешних условиях их эксплуатации;

4. программно-насыщенные технические системы комплексной автоматизированной обработки, отображения, регистрации, хранения и защиты информации о движении авиационных транспортных средств и внешних условиях;

5. системы управления движением транспортных средств и системы предупреждения их опасных сближений;

6. сервисное вспомогательное оборудование и средства автоматизации технических процессов эксплуатации.

Виды профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники, освоившие данную образовательную программу:

1. эксплуатационно-технологический (основной вид);
2. организационно-управленческий;
3. производственно-технологический;
4. научно-исследовательский;
5. педагогический.

Выпускник, освоивший программу специалитета по специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» в соответствии с видами профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа, готов решать следующие профессиональные задачи:

эксплуатационно-технологический тип задач профессиональной деятельности:

- проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту транспортного радиоэлектронного оборудования, его силовых и энергетических систем;
- проведение контроля и определение работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования, прогнозирование его технического состояния;
- техническая эксплуатация транспортного радиоэлектронного оборудования в соответствии с требованиями нормативно-технической документации;
- сопровождение работ по модернизации транспортного радиоэлектронного оборудования при условии согласования с разработчиком аппаратуры, выбор и замена его элементов и систем;

- организация безопасного ведения работ по монтажу и наладке транспортного радиоэлектронного оборудования;
- проведение маркетинга сервисных услуг при эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования различных форм собственности;
- участие в осуществлении функций надзора за безопасной эксплуатацией транспортного радиоэлектронного оборудования;
- организация внутреннего аудита и подготовки к сертификации объектов технического обслуживания и ремонта транспортного радиоэлектронного оборудования;
- разработка технической и технологической документации по техническому обслуживанию и ремонту транспортного радиоэлектронного оборудования;
- эксплуатация систем и средств обеспечения информационной безопасности информационных и телекоммуникационных систем;
- осуществление технической эксплуатации информационных и телекоммуникационных систем;

организационно-управленческий тип задач профессиональной деятельности:

- организация и совершенствование системы учета и документооборота;
- обучение и аттестация обслуживающего персонала;
- осуществление управления и контроля качества и эффективности процессов технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования;
- долгосрочное и краткосрочное планирование деятельности в области технической эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования с учетом качества, безопасности, стоимости и сроков выполнения работ;
- разработка нормативов труда по техническому обслуживанию, ремонту и хранению транспортного радиоэлектронного оборудования;
- организация работы и руководство коллективом исполнителей: выбор, обоснование, принятие и реализация управленческих решений;
- совершенствование организационно-управленческой структуры предприятий по техническому обслуживанию, ремонту, транспортированию, хранению и списанию транспортного радиоэлектронного оборудования;

производственно-технологический тип задач профессиональной деятельности:

- участие в проектировании и разработке сервисного, вспомогательного оборудования, схемных решений систем автоматизации процессов эксплуатации;

- участие в разработке проектов технических условий, требований, технологической документации для новых объектов профессиональной деятельности;
- организация и осуществление метрологического обеспечения основных средств измерений;
- участие в монтаже и наладке транспортного радиоэлектронного оборудования, в авторском и инспекторском надзоре;
- организация и эффективное использование современных форм и методов контроля технологических процессов, качества продукции и услуг, контроля аутентичности и качества запасных частей, комплектующих изделий и материалов;
- обеспечение экологической безопасности эксплуатации, хранения, обслуживания и ремонта транспортного радиоэлектронного оборудования, безопасных условий труда персонала;
- внедрение эффективных инженерных решений в практику;
- эффективное использование материалов и оборудования, алгоритмов и программ расчета параметров технологических процессов;

научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности:

- формирование целей проектов и программ решения производственных задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учётом социальных аспектов деятельности и стратегических целей развития отрасли в государственном и мировом масштабах;
- разработка обобщённых вариантов решения проблем, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений;
- анализ результатов исследований и разработка предложений по их внедрению;
- информационный поиск и анализ информации по объектам исследований;
- разработка планов, программ и методик проведения исследований объектов профессиональной деятельности;
- техническое и организационное обеспечение исследований;
- анализ состояния и динамики показателей качества объектов профессиональной деятельности с использованием проблемно-ориентированных методов и средств исследований;
- решение оптимизационных задач по повышению эффективности использования транспортного радиоэлектронного оборудования;

- участие в выполнении опытно-конструкторских разработок;
- создание теоретических моделей, позволяющих прогнозировать свойства объектов профессиональной деятельности;

- участие в фундаментальных и прикладных исследованиях в области эксплуатации транспортного радиоэлектронного оборудования;

педагогический тип задач профессиональной деятельности:

- организация учебной деятельности в конкретной предметной области;
- планирование и осуществление педагогической деятельности с учётом специфики предметной области в образовательных организациях;
- обучение и аттестация обслуживающего персонала.

2 Содержание лекционной части курса

Модуль 1. Системный анализ и автоматизация жизненного цикла (4 ч)

Лекция 1. Введение. Автоматизация процессов ТОиР. Классификация процессов: эксплуатация, хранение, транспортирование, ожидание. Обоснование автоматизации: Safety, Economy, Traceability.

Лекция 2. Методология системного анализа (УК-1). Моделирование отказов. Понятие АТЕ (Automatic Test Equipment) и его роль в снижении человеческого фактора.

Модуль 2. Техническое и программное обеспечение (4 ч)

Лекция 3. Авиационные интерфейсы и протоколы (ARINC 429, AFDX, CAN). Особенности передачи данных в условиях ЭМП.

Лекция 4. Аппаратные средства автоматизации. От микроконтроллеров (Arduino-type) до промышленных решений. Датчиковая база мониторинга условий хранения и транспортировки.

Модуль 3. Модельно-ориентированное проектирование (4 ч)

Лекция 5. Проектирование в САПР Engae. Принципы создания цифровых двойников сервисного оборудования. Автогенерация кода.

Лекция 6. Алгоритмизация контроля параметров АиРЭО. Обработка сигналов и логика принятия решений (ВТЕ).

Модуль 4. Информационная безопасность и защита целостности (6 ч)

Лекция 7. Угрозы ИБ при транспортировке и ожидании. Риски несанкционированного доступа (НСД) к ПО блоков. Аппаратные закладки.

Лекция 8. Электронные интеллектуальные пломбировочные устройства (ЭИПУ). Технологии криптографической защиты данных на периферийных устройствах.

Лекция 9. Стандарты кибербезопасности авиационных систем (DO-326A, КТ-119). Принципы обеспечения целостности (Integrity) и подлинности (Authenticity).

Контрольные вопросы по теоретической части курса для самопроверки

Лекция №1. Введение. Автоматизация процессов эксплуатации АиРЭО

1. Какие основные этапы жизненного цикла авиационного радиооборудования подлежат автоматизации?
2. В чем разница между оперативным и периодическим техническим обслуживанием с точки зрения автоматизации?
3. Какие риски для АиРЭО возникают в процессе «ожидания» и как их минимизировать?

4. Какова роль автоматизации в снижении негативного влияния «человеческого фактора»?
5. Что такое АТЕ (Automatic Test Equipment) и из каких основных компонентов оно состоит?
6. Почему автоматизация процессов транспортировки критична для СВЧ-блоков авиационных систем?
7. Как автоматизированный учет наработки влияет на безопасность полетов?
8. В чем заключается экономическая эффективность автоматизации наземного контроля?
9. Какие параметры внешней среды необходимо мониторить при автоматизированном хранении РЭО?
10. Сформулируйте основную цель автоматизации процессов эксплуатации в рамках системного подхода.

Лекция №2. Методология системного анализа ситуаций (УК-1)

11. Что понимается под «системным подходом» при анализе отказов радиооборудования?
12. Чем отличается анализ дерева отказов (FTA) от анализа видов и последствий отказов (FMEA)?
13. Как выработка стратегии действий (УК-1) зависит от уровня автоматизации системы контроля?
14. Какие факторы учитываются при приоритизации процессов автоматизации ТОиР?
15. Что такое «скрытый отказ» и какими автоматизированными средствами он выявляется?
16. Опишите иерархическую структуру системы технической эксплуатации ВС как объекта управления.
17. Каким образом данные из систем автоматизации используются для перехода к «обслуживанию по состоянию»?
18. Какие критерии используются для оценки эффективности выбранной стратегии автоматизации?
19. Как взаимосвязаны надежность аппаратных средств и достоверность автоматизированного контроля?
20. Роль обратной связи в системе управления технической эксплуатацией АиРЭО.

Лекция №3. Авиационные интерфейсы и протоколы связи

21. Какова структура 32-битного слова в протоколе ARINC 429?
22. В чем преимущество использования дифференциальной пары в интерфейсах ARINC 429 и CAN?
23. Для чего в авиационных протоколах используется бит четности (Parity)?
24. Опишите основные отличия протокола AFDX (ARINC 664) от стандартного Ethernet.
25. Какие типы меток (Labels) используются в ARINC 429 для передачи навигационных данных?
26. Каковы особенности физического уровня интерфейса MIL-STD-1553 (МКИО)?
27. Почему в авиации ограничивается скорость передачи данных в интерфейсах типа «шина»?
28. Как автоматизированная система контроля идентифицирует конкретный блок на шине обмена данными?
29. Какие проблемы электромагнитной совместимости возникают при автоматизации контроля РЭО?
30. Роль шлюзов (Gateways) при интеграции старых интерфейсов (ARINC 429) в современные сети AFDX.

Лекция №4. Аппаратные средства автоматизации и микроконтроллеры

31. В чем преимущества архитектуры RISC, используемой в микроконтроллерах типа ATmega (Arduino)?
32. Какие типы памяти микроконтроллера используются для хранения программы, а какие — для логов эксплуатации?
33. Какие датчики необходимы для построения системы мониторинга условий транспортировки РЭО?
34. Как реализовать программную фильтрацию «дребезга контактов» при фиксации вскрытия пломбы?
35. Что такое АЦП и какова его роль в преобразовании сигналов от датчиков радиооборудования?
36. Как выбрать частоту дискретизации при автоматизированном съеме параметров радиосигнала?
37. Опишите принцип работы интерфейсов I2C и SPI при подключении периферии к Arduino.

38. Какие меры защиты цепей питания микроконтроллера необходимы в условиях аэродромного обслуживания?

39. Как организовать энергосберегающий режим работы автономного регистратора ударов?

40. Способы гальванической развязки при подключении автоматики к бортовым сетям ВС.

Лекция №5. Проектирование в среде Engee

41. В чем заключается концепция модельно-ориентированного проектирования (MBD)?

42. Какие типы математических моделей можно реализовать в среде Engee для анализа АиРЭО?

43. Как осуществляется взаимодействие между визуальными блоками и скриптами в Engee?

44. Что такое «цифровой двойник» процесса эксплуатации и как он создается в Engee?

45. Какие блоки Engee используются для анализа частотных характеристик радиосигналов?

46. Как провести верификацию разработанного алгоритма автоматизации в программной среде?

47. Опишите процесс импорта реальных данных с осциллографа или Arduino в среду Engee.

48. В чем преимущество автоматической генерации кода из модели Engee для встраиваемых систем?

49. Как смоделировать случайный процесс возникновения отказа в среде Engee?

50. Какие средства визуализации результатов моделирования доступны пользователю Engee?

Лекция №6. Алгоритмизация контроля и встроенные системы (BITE)

51. В чем разница между непрерывным контролем (С-BIT) и контролем по запросу (Р-BIT)?

52. Как формируется логика принятия решения «Годен/Не годен» в автоматизированном тестере?

53. Что такое «порог срабатывания» (Threshold) и как он выбирается при мониторинге параметров РЭО?

54. Опишите алгоритм мажоритарного голосования в отказоустойчивых системах автоматизации.

55. Как автоматика должна реагировать на кратковременные сбои датчиков (алгоритмы антидребезга)?

56. Роль сторожевого таймера (Watchdog) в обеспечении надежности систем автоматизации.

57. Какие алгоритмы используются для самодиагностики самих средств автоматизации?

58. Как реализовать запись «черного ящика» для сервисного оборудования на базе Arduino?

59. Чем отличаются алгоритмы поиска неисправностей на системном уровне и на уровне компонентов?

60. Принципы построения интерфейса «человек-машина» (HMI) для оператора наземного контроля.

Лекция №7. Информационная безопасность автоматизированных систем

61. Какие специфические угрозы ИБ существуют для авиационных систем наземного контроля?

62. Что такое «аппаратная закладка» и как она может повлиять на процесс эксплуатации РЭО?

63. Почему интерфейс ARINC 429 считается уязвимым с точки зрения кибербезопасности?

64. Каковы риски несанкционированного изменения ПО в процессе автоматизированной загрузки (Data Loading)?

65. Что такое «цепочка поставок» (Supply Chain) и какие угрозы ИБ возникают при транспортировке блоков?

66. Какие последствия может иметь подмена данных датчика мониторинга условий хранения?

67. В чем заключается угроза типа «отказ в обслуживании» (DoS) для бортовых сетей обмена данными?

68. Как разделение зон безопасности (домены безопасности) помогает защитить АиРЭО?

69. Какова роль человеческого фактора в обеспечении кибербезопасности автоматизированных систем?

70. Опишите модель нарушителя для системы автоматизированного контроля АиРЭО.

Лекция №8. Электронные пломбы и криптографическая защита

71. Чем интеллектуальная электронная пломба отличается от пассивного индикатора вскрытия?

72. Как работает функция хэширования (напр. ГОСТ Р 34.11) при проверке целостности журнала событий?

73. Какие методы аутентификации можно реализовать на микроконтроллерах с ограниченными ресурсами?

74. Что такое «соль» в криптографии и зачем она нужна при хранении паролей в сервисных устройствах?

75. Как обеспечить защиту от атаки типа «воспроизведение» (Replay attack) в беспроводной пломбе?

76. Опишите принцип формирования электронной цифровой подписи (ЭЦП) для отчета о диагностике.

77. Каким образом электронная пломба может детектировать попытку подмены данных в реальном времени?

78. Какие физические каналы связи наиболее безопасны для передачи ключей шифрования?

79. Ограничения программной реализации AES-шифрования на платформе Arduino Nano.

80. Как организовать безопасное хранение криптографических ключей в полевых условиях обслуживания АиРЭО?

Лекция №9. Стандарты и сертификация в области ИБ и автоматизации

81. Какова роль международного стандарта RTCA DO-326A в авиационной безопасности?

82. Какие требования предъявляет стандарт КТ-178С к разработке программного обеспечения?

83. В чем разница между уровнями критичности ПО (DAL — Design Assurance Level)?

84. Как стандарты ИКАО (ICAO) регламентируют защиту критически важной информации на воздушном транспорте?

85. Что такое «процесс аттестации» автоматизированного стенда контроля в авиации?

86. Какие требования предъявляет ГОСТ Р 56079 к защите информационных систем ВС от НСД?

87. Как соотносятся международные стандарты (ISO 27001) и отраслевые авиационные нормы ИБ?

88. Какие документы должны сопровождать автоматизированное средство контроля при его внедрении на предприятии?

89. Роль периодических аудитов кибербезопасности в системе эксплуатации АиРЭО.

90. Как стандартизация интерфейсов (ARINC) помогает в обеспечении безопасности автоматизированных процессов?

3 Практические занятия

Практический цикл аудиторных занятий составляет 36 часов за семестр и разбит на 6 работ, логически связанных между собой в рамках «сквозного» проектирования.

Работа №1. Системный анализ процессов эксплуатации АиРЭО (4 ч)

Анализ «узких мест» в цикле «хранение — транспортировка — ожидание» для конкретного блока РЭО (например, метеорадиостанция). Построение матрицы рисков (УК-1).

Задача: Выбрать конкретный блок АиРЭО (например, метеорЛС или радиостанцию МВ-диапазона). Провести анализ возможных критических ситуаций на этапах ТО, хранения и транспортировки.

Результат: Дерево отказов (FTA) и перечень параметров, подлежащих автоматизированному контролю.

Источники литературы к практическому занятию №1:

1. ICAO Doc 9859. Safety Management Manual (SMM). — 4-е издание, 2018.
2. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов. — М.: Юрайт, 2023.
3. Половко А. М., Гуров С. В. Основы теории надежности. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
4. ГОСТ Р 27.301-2011. Надежность в технике. Управление надежностью.
5. Справочная система Engee: Раздел «Проектирование систем и архитектура»
<https://engee.com/helpcenter/stable/ru/index.html>.

Работа №2. Проектирование логики авиационных интерфейсов (4 ч)

Разработка структурной схемы автономного модуля мониторинга условий транспортировки на базе наборов Arduino с датчиками.

Задача: Изучить протокол ARINC 429. Разработать на языке C++ (для Arduino) алгоритм формирования и разбора 32-битного слова данных (метка, данные, паритет).

Инструментарий: Среда разработки Arduino IDE.

Источники литературы к практическому занятию №2:

1. ARINC Report 429. Mark 33 Digital Information Transfer System (DITS).
2. Кузнецов П. Н., Куликов В. Н. Эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов. — Ульяновск: УИ ГА, 2016.

3. Шилдт Г. С++ для начинающих. — М.: ЭКОМ (Классическое руководство для работы с Arduino).
4. Микушин А. В., Седых С. П. Цифровые устройства и микропроцессоры. — СПб.: БХВ-Петербург, 2015.
5. Arduino Language Reference: Официальный справочник по функциям С++ для контроллеров (<https://www.arduino.cc/reference/en/>).

Работа №3. Модельно-ориентированное проектирование в САПР Engae (8 ч)

Engae: Моделирование. Разработка алгоритма детекции ударов и вибраций. Фильтрация полезного сигнала от шумов транспортного средства в среде Engae.

Задача: Создать цифровую модель системы автоматизированного контроля. Реализовать алгоритм фильтрации сигналов датчиков (например, акселерометра) для выделения опасных вибраций при транспортировке.

Инструментарий: Engae.

Источники литературы к практическому занятию №3:

1. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. — М.: Юрайт, 2023.
2. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Бином, 2013.
3. Документация Engae: Раздел «Физическое моделирование — Электрические системы».
4. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. — СПб.: Питер, 2011.
5. ГОСТ Р 57188-2016. Численное моделирование физических процессов.

Работа №4. Аппаратное прототипирование на Arduino (8 ч)

Arduino: Реализация. Сборка прототипа «Умной пломбы». Подключение датчиков (освещенности/геркона) и реализация алгоритма фиксации факта вскрытия тары.

Задача: Собрать схему устройства мониторинга. Подключить датчики температуры, влажности и вибрации. Обеспечить вывод данных на дисплей и запись в энергонезависимую память (EEPROM).

Инструментарий: Arduino Uno/Nano, набор датчиков.

Источники литературы к практическому занятию №4:

1. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. — СПб.: БХВ, 2015.
2. Фрейден Д. Современные датчики. Справочник. — М.: Техносфера, 2005.
3. Марголис М. Arduino. Большая книга рецептов. — СПб.: Питер, 2019.

4. ГОСТ 2.702-2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем.
5. Техническое описание (Datasheet): ATmega328P (основа Arduino Uno/Nano).

Работа №5. Информационная безопасность: «Электронная пломба» (4 ч)

ИБ-практикум. Реализация простейшего хеширования данных (или контрольных сумм с секретным ключом) на Arduino для защиты журнала событий «пломбы» от подмены.

Задача: Разработать механизм защиты сервисного устройства от несанкционированного доступа. Реализовать алгоритм хеширования (например, простейший контрольный код на основе секретного ключа) для верификации целостности лог-файла транспортировки.

Результат: Прототип устройства, фиксирующего факт вскрытия контейнера с защитой от подмены записи.

Источники литературы к практическому занятию №5:

1. Шнайер Б. Прикладная криптография. — М.: Триумф, 2002 (или переиздания).
2. RTCA DO-326A. Airworthiness Security Process Specification.
3. ГОСТ Р 34.11-2018. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования.
4. Фергюсон Н., Шнайер Б. Практическая криптография. — М.: Диалектика, 2004.
5. ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения.

Работа №6. Интеграция и верификация системы (8 ч)

Сквозная задача: Интеграция данных с Arduino-устройства в модель Engage для автоматизированного вынесения вердикта: «Блок пригоден к установке / Требуется дефектация».

Задача: Передать данные с реального Arduino-устройства в модель Engage через последовательный порт. Сравнить результаты физического эксперимента с результатами моделирования.

Результат: Отчет о пригодности разработанного средства автоматизации для эксплуатации.

Источники литературы к практическому занятию №6:

1. КТ-178С. Квалификационные требования. Требования к программному обеспечению бортовых систем и оборудования. (Российский аналог DO-178С).
2. Уоссон Ч. Системная инженерия. Принципы и практика. (Wasson C. S. System Engineering Analysis, Design, and Development).
3. ГОСТ Р 56920-2016. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем.
4. Документация Engee: Раздел «Интеграция с языком С и внешним кодом».
5. Батоврин В. К. Толковый словарь по системной и программной инженерии. — М.: ДМК Пресс.

Дополнительные открытые образовательные онлайн-курсы к практикам

Основы промышленной цифровизации

Доступ: <https://stepik.org/course/271376/promo?search=9437582216>

Описание курса:

Обучающий курс посвящен изучению основных направлений цифровизации нефтегазового, ядерного и др. секторов, которые в настоящий момент проходят новый этап своего развития, базируясь исключительно на собственном программном обеспечении и различных отечественных информационных системах. В материалах курса используется не только информация, основанная на многолетнем опыте использования информационных систем ведущими промышленными предприятиями России, но и основные направления современных и передовых информационных систем и технологий, которые находятся только на начальном пути своего развития, но уже зарекомендовали себя как востребованные цифровые инструменты и успешно применяются для повышения эффективности реализации комплексных проектов и оптимизации сложившихся бизнес-процессов различных компаний.

Модуль №1 - Информационные системы контроля, мониторинга и управления производственными процессами (АСУТП, SCADA, PCY, СУУТП, Подключенное производство);

Модуль №2 - Современные цифровые технологии для оптимизации бизнес-процессов, управления инженерными данными и повышения эффективности производств (Цифровые двойники, BIM, CAD системы);

Модуль №3 - Комплексный анализ данных и нейросети для бизнеса (ИИ, Искусственные нейронные сети, GenAI, Предиктивная аналитика);

Модуль №4 - Структуризация, анализ и управление большими данными (Современные БД, IoT, Blockchain, Cloud and Data Warehouse);

Модуль №5 - Современные информационные системы для повышения эффективности операционной деятельности

Модуль №6 - Цифровые технологии для образовательной деятельности (Симуляторы, LMS системы, тренажерные комплексы).

Данный курс будет наиболее актуальным для студентов технических специальностей, для технических специалистов, которые только начинают свой профессиональный путь в мире ИТ, менеджерам и топ-менеджерам для расширения своих профессиональных знаний, для сотрудников по подбору персонала, а также для всех, кто заинтересован данной тематикой

Для успешного освоения данного курса рекомендуется наличие следующих предварительных знаний и навыков:

1. Основы информационных технологий — знание базовых принципов работы информационных систем, операционных систем и баз данных. Умение работать с основными офисными программами (например, MS Office), а также понимание принципов функционирования компьютерных сетей и облачных технологий;

2. Базовые знания в области обработки данных — знание основ анализа данных и статистики, включая базовые методы работы с большими объемами данных, а также понимание принципов работы с системами управления базами данных (СУБД);

3. Базовые знания основных бизнес-процессов промышленных производств.

Базовый курс по СКАДА Симп Лайт 4.7.x

Доступ: <https://stepik.org/course/97143/promo?search=9437700169>

Описание курса:

Данный базовый курс знакомит пользователей с ярким представителем склада-систем, призванных автоматизировать, контролировать и управлять технологическими процессами в реальном времени. Система СИМП Лайт позволяет легко и удобно собирать, обрабатывать, отображать и надежно сохранять информацию об объекте мониторинга или управления. СИМП Лайт может являться частью АСУ ТП, АСКУЭ, системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д.

SCADA Симплайт 5. Ознакомительный курс

Доступ: <https://stepik.org/course/242422/promo?search=9437582215>

Описание курса:

Курс поможет участникам получить базовые знания о SCADA-системах, используемых протоколах для систем сбора данных, основных подходах при разработке проектов. Также рассматривается SCADA Симплайт 5, место продукта в современных системах автоматизации и сбора данных, основные возможности и преимущества, обзор UI.

Курс предназначен для ознакомления слушателей с вводной информацией о SCADA-системах, а также программным обеспечением SCADA Симплайт 5, его ключевыми возможностями, преимуществами и областями применения. В рамках обучения будут рассмотрены следующие аспекты:

1. Вводная информация о классификации HMI-систем – различия SCADA и DCS.
2. Пирамида автоматизации – информация об уровнях управления технологическими процессами на предприятиях.
3. Используемые протоколы – различия и подходы при разработки проектов.
4. Вводная информация о SCADA-системе Симплайт 5– основные функции, сферы использования в промышленности и автоматизации.
5. Преимущества программного обеспечения – сильные стороны в плане производительности, удобства работы, интеграции с другим оборудованием и системами.
6. Типовые решения на базе SCADA Симплайт 5 – рассмотрены различные комбинации внедрений на предприятии.
7. Общая архитектура ПО – основные компоненты системы, принципы взаимодействия модулей, требования к аппаратному обеспечению.
8. Обзор интерфейса (UI) – визуальное знакомство со средой разработки проектов и инструментами мониторинга.

Теоретические основы информационных процессов и систем

Доступ: <https://stepik.org/course/225816/promo?search=9437700151>

Описание курса: данный курс направлен на изучение и анализ основных теоретических, методических и технологических принципов построения информационных систем и получение практических навыков создания и использования информационных систем для решения прикладных задач.

Программно-аппаратная защита информации

Доступ: <https://stepik.org/course/183327/promo?search=9437700145>

Программа курса

- Актуальность и проблемы защиты информации в АС
- Требования к системам и средствам защиты информации
- Разработка модели разграничения доступа к информации
- Средства защиты информации
- Управление доступом в компьютерных системах
- Задачи контроля и обеспечения безопасности информации
- Разрушающие программные воздействия и защита от них
- Обеспечение целостности информации
- Программно-аппаратные средства шифрования
- Программно-аппаратные средства защищенности (кибербезопасности)

4 Самостоятельная работа студентов

Трудоемкость самостоятельной работы студентов составляет 126 часов за семестр. Самостоятельная работа направлена на углубление теоретических знаний и выполнение итогового аттестационного проекта.

4.1. Индивидуальный расчётный проект (50 часов)

Примерные формулировки темы проекта: «Разработка автоматизированного средства [название: контроля/диагностики/мониторинга/измерения...] для [название блока АиРЭО]», «Разработка автоматизированной системы [название: контроля/диагностики/мониторинга/измерения...] технического состояния [название блока АиРЭО]» и т.п.

Требования к содержанию пояснительной записки проекта:

1. Обоснование актуальности (на основе системного анализа УК-1).
2. Разработка принципиальной схемы вспомогательного оборудования.
3. Программная реализация алгоритма на Arduino.
4. Математическое обоснование алгоритмов обработки сигналов в Engae.
5. Раздел по информационной безопасности: описание мер защиты данных устройства.

4.2. Работа с онлайн-курсами и литературой (60 часов)

Студентам рекомендуется пройти модули курсов по выбору (см. раздел 3) для получения дополнительных навыков в программировании и ИБ.

4.3. Подготовка к промежуточной аттестации (16 часов)

Изучение теоретического материала по лекциям, подготовка к зачёту.

5 Источники информации

При изучении дисциплины необходимо использовать следующие источники информации.

5.1. Нормативно-технические стандарты

1. ARINC 429. Digital Information Transfer System. (Международный стандарт авиационных интерфейсов).
2. ARINC 615A (Software Loading Over Ethernet).
3. ISO/IEC 15408 (Общие критерии оценки безопасности ИТ).
4. RTCA DO-326A / EUROCAE ED-202A (Airworthiness Security Process Specification).
5. ГОСТ Р 56079-2014 / RTCA DO-326A. Защита информационных систем воздушных судов от преднамеренных несанкционированных воздействий.
6. ГОСТ Р 54085-2010. Воздушный транспорт. Техническая эксплуатация авиационной техники.
7. ГОСТ 34.11-2018 (Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования).
8. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Разработка и верификация.
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15026-1-2016. Системная и программная инженерия. Гарантирование систем и программного обеспечения.

5.2. Основная литература

1. Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования. Технические средства контроля при эксплуатации радиоэлектронного оборудования ВТ : учебное пособие / М. А. Ушаков, А. Н. Ушаков, Р. О. Арефьев, Н. Г. Арефьева. — Иркутск : ИФ МГТУ ГА, 2021. — 146 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/365942> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.).
2. Педро Альбертос, Ивен Мариэлс. Обратная связь и управление для всех / пер. с англ. Ю. В. Ревича. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 354 с.
3. Денисенко, В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. — 606 с. — ISBN 978-5-9912-0060-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/111051> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Марголис, М. Arduino. Большая книга рецептов / М. Марголис, Б. Джепсон, Н. Р. Уэлдин ; Пер. с англ. — 3-е изд. — СПб. : БХВ-Петербург, 2021. — 896 с.
5. Елисеев, Б. П. Воздушное право : учебник для студентов транспортных вузов / Б. П. Елисеев, В. А. Сvirкин. — М. : Дашков и К°, 2013. — 434 с.
6. Документация Engее. [Электронный ресурс]. URL: <https://engее.com/helpcenter/stable/ru/index.html> (Разделы: Физическое моделирование, Анализ данных) (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: свободный.
7. Безопасность и надежность технических систем : учебное пособие / Л. Н. Александровская, И. З. Аронов, В. И. Круглов [и др.] - Москва : Логос, 2020. - 376 с: ил. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1211589> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: по подписке. (База для УК-1).
8. Киншт, Н. В. Диагностика электрических цепей / Н. В. Киншт, Г. Н. Герасимова, М. А. Кац. — М. : Энергоатомиздат, 1983. — 192 с.
9. Cary R. Spitzer. The Avionics Handbook. — CRC Press, 2014.
10. Шангина, Е. А. Общие принципы построения и обеспечения надежности технических систем (космических систем) : учебное пособие / Е. А. Шангина, М. И. Толстомятов, А. А. Зуев. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. - 96 с. - ISBN 978-5-7638-4671-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2091399> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: по подписке.
11. Тетеревков, И.В. Надежность систем автоматизации : учеб. пособие / И.В. Тетеревков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 356 с. - ISBN 978-5-9729-0308-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1048725> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: по подписке.
12. Садыхов, Г. С. Модели и методы оценки остаточного ресурса изделий радиоэлектроники : монография / Г. С. Садыхов, В. П. Савченко, Н. И. Сидняев. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2015. - 383 с. - ISBN 978-5-7038-4006-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1953625> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: по подписке.
13. Мещерякова, А. А. Диагностика и надежность автоматизированных систем: Учебное пособие / Мещерякова А.А., Глухов Д.А. - Воронеж:ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2016. - 124 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/858265> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: по подписке.

14. Хазин, М. Л. Надежность, оптимизация и диагностика автоматизированных систем : учебник / М. Л. Хазин. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 248 с. - ISBN 978-5-9729-0890-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903137> (дата обращения: 15.06.2026). – Режим доступа: по подписке.

15. Руппель, А. А. Автоматизированная система управления технологическим процессом : учебно-методическое пособие / А. А. Руппель, Р. Ю. Сухарев. — Омск : СибАДИ, 2025. — 47 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/479039> (дата обращения: 15.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.