

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ
_____ О.Ю. Долматов
« ___ » _____ 2015г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ТЕРМО-
ЯДЕРНЫХ УСТАНОВКАХ**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ ООП 14.05.04 – Электроника и автоматика физиче-
ских установок**

**СПЕЦИАЛИЗАЦИИ Системы автоматизации физических установок и их
элементы**

Квалификация (степень) Инженер-физик
Базовый учебный план приема 2015 г.
Курс 5 семестр 9
Количество кредитов 3
Код дисциплины С1.БМ5.1.5

Виды учебной деятельно- сти	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	16
Практические занятия, ч	-
Лабораторные занятия, ч	16
Аудиторные занятия, ч	32
Самостоятельная работа, ч	76
ИТОГО, ч	108

Вид промежуточной аттестации зачет
Обеспечивающее подразделение **кафедра Электроники и автоматике фи-
зических установок**

Заведующий кафедрой _____ Горюнов А.Г.

Руководитель ООП _____ Горюнов А.Г.

Преподаватель _____ Павлов В.М.

2015г.

1. Цели освоения модуля (дисциплины)

Техника, масштабы и условия проведения современного физического эксперимента непрерывно усложняются. Сегодня специалистам в области автоматизации приходится готовиться к участию в проектах, выполнение которых силами одной, даже самой развитой, страны невозможно. К таким международным проектам, в которых участвуют российские специалисты, можно отнести, например, ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Высокие скорости протекания исследуемых процессов, требующих управления, и значительные потоки измерительной информации, характерные для современных экспериментальных физических установок, приводят к необходимости создания эффективных систем автоматизации научных исследований.

В этой связи, среди комплекса задач, решение которых позволит достичь поставленной цели, важное место занимает задача подготовки кадров в области автоматизации физического эксперимента, способных активно участвовать в реализации международных исследовательских проектов, а также, в создании и эксплуатации систем автоматизации сложных электрофизических установок и систем обработки экспериментальных данных в информационно-аналитических центрах.

В результате освоения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей Ц1, Ц2 и Ц3 основной образовательной программы «Электроника и автоматика физических установок»:

Ц1 - Подготовка выпускника к научно-исследовательской работе и творческой инновационной деятельности в области разработки алгоритмических и программно-технических средств АСУТП высокотехнологических и наукоемких производств атомной промышленности и энергетики, связанной с выбором необходимых методов исследований, модификацией существующих и разработкой новых методов.

Ц2 - Подготовка выпускника к проектной работе в области разработки алгоритмических и программно-технических средств АСУТП производств атомной промышленности и энергетики.

Ц3 - Подготовка выпускника к производственно-технологической деятельности, обеспечивающей эксплуатацию существующих и внедрение новых наукоемких разработок в области автоматизации технологических процессов предприятий ЯТЦ.

2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина «Системы автоматизации экспериментов на термоядерных установках» (С1.ВМ5..1.5) относится к вариативным дисциплинам и входит в состав специализации «Системы автоматизации физических установок и их элементы» основной образовательной программы по специальности 14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок».

Дисциплине «Системы автоматизации экспериментов на термоядерных установках» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Физика (С1.ВМ2.6)
- Микропроцессорные системы (С1.ВМ4.17)
- Теория информации и ее приложение в автоматизированных системах (С1.ВМ4.19)
- Современные электрофизические комплексы (С1.ВМ5..1.1)
- Цифровые системы управления (С1.ВМ4.20)

3. Результаты освоения дисциплины (модуля)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т. ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р9 (ПК – 11, 16, 19)	3.9.15	установки удержания высокотемпературной плазмы, математическое описание плазмо - физических процессов, принципы построения систем автоматизации экспериментов на термоядерных установках	У.9.15	проводить полноценный анализ технологических процессов протекающих в блоках и подсистемах установки	В.9.15	проектирования программного обеспечения автоматизированных систем управления быстропротекающими физическими процессами
Р15 (ПК - 12, 13, 15, 22, 34)	3.15.7	технические информационные и программные особенности построения систем автоматизации экспериментов для установок управляемого термоядерного синтеза	У.15.7	оценивать интенсивность информационных потоков измерительной и диагностической информации, разрабатывать планы и программы физических экспериментов	В.15.7	реализации функций сбора, регистрации, обработки и передачи потоков измерительной информации.

В результате освоения дисциплины «Системы автоматизации экспериментов на термоядерных установках» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Владеть методами, способами и средствами построения систем автоматизации экспериментов на термоядерных установках.
РД2	Владеть математическим аппаратом описания технологических и плазмо - физических процессов.

РД3	Знать технические, информационные и программные особенности построения систем автоматизации экспериментов для установок управляемого термоядерного синтеза.
РД4	Проектировать архитектуру системы при условии интенсивных потоков измерительной и управляющей информации.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Введение и общие положения

Лекции:

Особенности установок управляемого термоядерного синтеза с точки зрения автоматизации. Состав установок и технологических подсистем. Режимы работы установок. Требования к системе автоматизации и перечень решаемых задач. Требования к видам обеспечения системы автоматизации. – 2 час.

Раздел 2. Система управления процессом подготовки установки к эксперименту.

Лекции:

Автоматизация процессов высоковакуумной откачки рабочей камеры, процессов прогрева, очистки и нанесения защитных покрытий на внутренней поверхности камеры, процессов охлаждения элементов камеры и обмоток электромагнитной системы. Функции системы управления, входные и выходные сигналы, требования к технической структуре и программному обеспечению. - 2 час.

Раздел 3. Системы управления параметрами плазмы установок для управляемого термоядерного синтеза.

Лекции:

Анализ контуров управления формой, положением, плотностью, энергосодержанием и током плазменного тора, технические решения по реализации описанных контуров. Состав датчиков, алгоритмы предварительной обработки сигналов, определение параметров плазмы по сигналам датчиков. Электромагнитная система установки, оборудование дополнительного нагрева плазмы. - 4 час.

Лабораторные работы:

Тема 1. Система управления конфигурацией электромагнитного поля в токамаке. -8 час.

Раздел 4. Система цифрового управления источниками питания.

Лекции:

Алгоритм работы системы электропитания (СЭП) токамака. Расчет параметров нагрузки для источников питания обмоток ЭМС токамака. Математическая модель электромагнитной системы обмоток. Структурные решения по системам цифрового управления СЭП. Система управления источниками питания обмоток управления формой, обмоток быстрого управления, высо-

ковольтных источников системы дополнительного нагрева. - 2 час.

Раздел 5. Система синхронизации и система противоаварийной защиты.

Лекции:

Противоаварийная защита и сигнализация. Технологические параметры, плазмо-физические параметры, алгоритм работы системы в пусковом и предпусковом режиме работы установки, структурно – функциональная схема системы. Система синхронизации, принципы синхронизации пусковых операций в токамаке, временная и событийная синхронизация, синхронные и асинхронные события, кодирование событий, структурно – функциональная схема системы. - 2 час.

Лабораторные работы:

Тема 2. Система синхронизации исследовательской установки - 8 час.

Раздел 6. Информационно-измерительная система.

Лекции:

Диагностический комплекс токамака, перечень измеряемых параметров, функции и режимы работы ИИС, информационные потоки, структуры входных и выходных массивов данных и сообщений системы, структура базы данных результатов экспериментов, техническая структура подсистем сбора и регистрации данных и ИИС в целом. - 4 час.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, контрольным работам и зачету.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетно-графических работ.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя.

Самоконтроль зависит от определенных качеств личности, ответствен-

ности за результаты своего обучения, заинтересованности в положительной оценке своего труда, материальных и моральных стимулов, от того насколько обучаемый мотивирован в достижении наилучших результатов. Задача преподавателя состоит в том, чтобы создать условия для выполнения самостоятельной работы (учебно-методическое обеспечение), правильно использовать различные стимулы для реализации этой работы (рейтинговая система), повышать её значимость, и грамотно осуществлять контроль самостоятельной деятельности студента (фонд оценочных средств).

Контроль текущей СРС осуществляется на лабораторных занятиях во время защиты лабораторной работы, во время лекции в виде краткого опроса.

Контроль за проработкой лекционного материала и самостоятельного изучения отдельных тем осуществляется во время рубежного контроля (контрольные работы) и также во время защиты лабораторных работ в том числе, и во время конференц-недель.

Проведение конференц-недель (две недели в семестре в соответствии с линейным графиком учебного процесса) позволяет повысить результативность и качество самостоятельной деятельности студентов.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ	РД1, РД2, РД3, РД4
Контрольные работы на лекционных занятиях, завершающих изучение раздела.	РД1, РД2, РД3
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	РД1, РД2, РД3
Тестирование	РД1, РД2, РД3, РД4
Зачет	РД1, РД2, РД3, РД4

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

7.1. Вопросы текущего контроля

1. Покажите структуру распределенной системы автоматизации токамака. Какую топологию имеет эта система?
2. Какие подсистемы работают в режиме подготовки токамака к разрядам?

3. Приведите характеристики информационных потоков в пусковом режиме работы токамака.
4. Приведите характеристику интерфейсов, используемых для организации межсистемных взаимодействий.
5. Назовите основные компоненты (подсистемы) современных распределенных систем управления и контроля? Приведите структурную схему, поясняющую ответ.
6. В чем преимущество иерархического многоуровневого построения распределенной системы автоматизации?
7. Приведите структуру вычислительного устройства, используемого для построения распределенной системы управления. Какие элементы для организации информационных связей она содержит?
8. Какие общие характеристики обычно имеют системные интерфейсы? К какому типу они относятся? Назовите известные Вам характеристики системных интерфейсов.
9. Какие типы интерфейсов выделяются в зависимости от обеспечиваемых ими режимов передачи данных? Поясните особенности интерфейсов соответствующих типов. Приведите примеры.

7.2. Вопросы выходного контроля

1. Опишите состав систем, оборудования, устройств и режимы работы электрофизической установки типа токамак.
2. Опишите основные стадии базового сценария разряда плазмы в токамаке.
3. Назовите режимы работы установки токамак, какими временными параметрами они описываются.
4. Покажите алгоритм технологической подготовки рабочей камеры к эксперименту.
5. Приведите структурную схему системы управления технологическим процессом подготовки.
6. Покажите структуру комплекса прикладного программного обеспечения системы управления технологическим процессом подготовки.
7. Обобщенная структура системы управления параметрами плазмы. Изобразите общую схему взаимодействия системы с другими подсистемами САЭ.
8. Блок расчета параметров плазмы. Алгоритмы расчета параметров по показаниям датчиков электромагнитной диагностики.
9. Состав обмоток токамака. Назначение и характеристики обмоток токамака.
10. Расчёт параметров обмоток полоидального поля (взаимная индуктивность обмоток полоидального поля).
11. Расчет параметров плазменного шнура (индуктивность, сопротивление, взаимная индуктивность с обмотками полоидального поля).

12. Структура контура управления формой поперечного сечения плазменного шнура.
13. Опишите порядок включения/отключения источников питания обмоток ЭМС в штатном и аварийном режиме.
14. Перечень контролируемых и управляемых параметров источников питания обмоток ЭМС токамака.
15. Опишите алгоритмы оперативной диагностики и противоаварийной защиты источников питания обмоток ЭМС токамака.
16. Контур управления током тороидальной обмотки. Назначение и режимы работы.
17. Контур управления током полоидальных обмоток. Назначение и режимы работы.
18. Опишите алгоритмы совместного и отдельного управления реверсивными тиристорными преобразователями.
19. Перечислите типы первичных измерительных преобразователей, используемых для измерения токов и напряжений в обмотках электромагнитной системы токамака. Объясните их принцип действия.
20. Опишите назначение и функции системы синхронизации САЭ токамака. Синхронизация в астрономическом и в экспериментальном масштабе времени.
21. Назовите группы синхронизируемого оборудования токамака. Признаки группировки оборудования с точки зрения синхронизации.
22. Перечислите основные состояния комплекса токамак. При каких условиях выполняются переходы из одного состояния в другое.
23. Покажите структуру и перечислите структурные элементы системы синхронизации.
24. Назовите известные Вам методы кодирования данных при их передаче по последовательным линиям связи.
25. Какие методы кодирования обеспечивают возможность совместной передачи синхросигнала и данных по последовательной линии связи?
26. Назовите характеристики кодов, используемых для передачи информации в системе синхронизации.
27. Топология сети передачи синхросигналов в системе синхронизации токамака.
28. Назовите действующие термоядерные установки типа токамак. Какие их параметры необходимо учитывать при проектировании системы синхронизации?
29. Приведите схему информационных потоков системы синхронизации, назовите состав потоков и их характеристики.
30. Перечислите задачи временной и событийной синхронизации. Какими элементами системы синхронизации токамака они обеспечиваются?
31. Приведите классификацию событий в токамака: по источнику их возникновения, по функциональному назначению, по способу формирования.

32. Назовите группы асинхронных событий в токамаке и примеры событий основных типов.
33. Перечислите узлы и модули системы синхронизации токамака, опишите требования к их техническим характеристикам.
34. Приведите схемотехническое решение по синхронизации комплекса токамак с сетью силового питания. В каких целях выполняется данная синхронизация.
35. Перечислите структуру и основные функции системы противоаварийной защиты.
36. Приведите основные виды аварий (аварийных ситуаций), в пусковом режиме работы токамака.
37. Методы кодирования аварийных сигналов и команд противоаварийной защиты в каналах СПЗ.
38. Параметры, контролируемые системой противоаварийной защиты и основные действия СПЗ в пусковом режиме.
39. Приведите перечень режимов штатного и аварийного отключения установки токамак.
40. Опишите назначение и функциональные возможности структурных элементов системы противоаварийной защиты.
41. Опишите состав диагностического комплекса токамака приведите состав измеряемых параметров плазмы.
42. Перечислите основные требования, которым должна соответствовать ИИС установки типа токамак.
43. Покажите структуру информационно-измерительной системы токамака КТМ.
44. Приведите характеристики информационных потоков в пусковом режиме работы токамака.
45. Опишите назначение, функции, технические характеристики блоков сбора и регистрации измерительной информации.
46. Опишите схему программного обеспечения подсистем сбора данных ИИС, состав модулей и их назначение.
47. Покажите логическую структуру базы данных результатов измерений.
48. Стойка серверов ИИС, технический состав, функциональные возможности, системное программное обеспечение.
49. Приведите перечень алгоритмов оперативной обработки измерительной информации в ИИС.
50. Охарактеризуйте особенности алгоритмов после экспериментальной обработки измерительной информации в ИИС.
51. Опишите техническое обеспечение пультов оператора токамака ведущего физика и панели коллективного пользования.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководя-

щими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на зачете студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Сковорода А.А. Магнитные ловушки для удержания плазмы / А. А. Сковорода. — Москва: Физматлит, 2009. — 216 с.
2. Миямото, Кенро Основы физики плазмы и управляемого синтеза : пер. с англ. / К. Миямото. — Москва: Физматлит, 2007. — 424 с.
3. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике : учебное пособие / М. И. Пергамент. — Долгопрудный: Интеллект, 2010. — 300 с.
4. J. WESSON TOKAMACS //Clarendon Press, Oxford, 2004
5. Система управления плазмой : учебное пособие / В. М. Павлов [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 152 с.
6. Павлов В.М. Система синхронизации и противоаварийной защиты : учебное пособие / В. М. Павлов, К. И. Байструков, С. В. Меркулов; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 143с.
7. Павлов В.М. Информационно-измерительная система : учебное пособие / В. М. Павлов, А. В. Шарнин, Г. А. Майструк; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 180 с.
8. Система цифрового управления источниками питания токамака КТМ : учебное пособие / В. М. Павлов [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 124 с.
9. Система управления процессом подготовки к эксперименту : учебное пособие / В. М. Павлов [и др.]; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — 147 с.

10. Инженерные проблемы установок ТОКАМАК: сборник статей / ред. В. А. Чуянов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 143с.
11. Самойленко Ю.И. Управление быстропротекающими процессами в термоядерных установках. – М.: Наука 1989г.
12. Сенченков А.П. Техника физического эксперимента. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
13. Глазков А.А., Саксаганский Г.Д. Вакуум электрофизических установок и комплексов. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
14. Арцимович Л.А. Управляемые термоядерные реакции. – М.: Госиздат физ.-мат. лит., 1963.

Дополнительная литература:

1. Голубчиков Л.Г. ИТЭР: Решающий шаг /под ред. В.А. Курнаева. - М: МИФИ, 2004 – 148с.
2. Пергамент М.И. Как задавать вопросы природе. М: МИФИ, 2003 – 180с.
3. Мирнов С.В. Энергия из воды. Популярно о термоядерном синтезе. - М: Тривант, 2008-128с.
4. ITER CODAC <http://www.iter.org/org/team/chd/cid/codac>
5. Основы физики управляемого термоядерного синтеза : учебное пособие / Ф. Б. Баимбетов [и др.]; Изд-во НИИ экспериментальной и теоретической физики КазНУ им. аль-Фараби, 2004. — 232 с.
6. ТОКАМАК: начальная стадия разряда : учебное пособие / В. А. Беляков [и др.]. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 175 с.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные работы по курсу «Системы автоматизации экспериментов на термоядерных установках» проводятся в специализированной лаборатории автоматизации научных исследований, аудитория № 129, 127 ФТИ. В составе лаборатории:

1. Компьютерный класс на 12 рабочих мест со следующим установленным программным обеспечением: Microsoft Visual Studio 2008; Matlab R2008; Программный комплекс подготовки IT-специалистов в сфере управляемого термоядерного синтеза и атомной энергетики (DASPLUS-2006).
2. Лабораторные стенды, перечень которых приведен в таблице ниже.

№	Наименование стенда	Обозначение	Место разм-я, поз. обозн.	Обозначение технической документации
1.	Стенд «Система управления технологическим процессом»	СУТП-6530	129, стойка S7	36296714. 420000.65.00.РЭ. - Руководство по эксплуатации
2.	Стенд «ПК-совместимый модульный контроллер»	БВМ-0130	129, стойка S4	36296714.343230.01-004.РЭ - Руководство по эксплуатации
3.	Стенд «Источник питания обмотки ТФ»	СЦУ-02tf	127, стойка S1	КТМ.06.03-008.РД Ведомость чертежей
4.	Стенд «Источник питания обмотки НФС»	СЦУ-09hfc	126, стойка S2	КТМ.09.03-014.РД-1 Ведомость чертежей
5.	Стенд многосвязного цифрового управления	СМЦУ	129, стойка S5	36296714. 4218-101-2007.РЭ
6.	Стенд «Система синхронизации исследовательской установки»	СС-0230	127, стол S8	36296714.421722. 02-030.РЭ. - Руководство по эксплуатации

№	Наименование стенда	Обозначение	Место разм-я, поз. обозн.	Обозначение технической документации
7.	Стенд многоканальной диагностики	СМД	129, стойка S6	36296714.4231-102-2007 РЭ.- Руководство по эксплуатации.
8.	Стенд «Устройство сбора данных с рефлектометрических диагностик»	УСДМ-rf	129, стойка S9	Субмодуль аналогового ввода ADM212X10M/25M/40M Руководство пользователя. Плата ADP60PCI v4.0 на процессоре SHARC ADSP-21062. Руководство пользователя. Модуль процессора ЦОС ADP60PCI. ПАСПОРТ. SKYU.467459.002 ПС Субмодуль аналогового ввода ADM212x40M. ПАСПОРТ. SKYU.468155.001 ПС
9.	Лабораторный стенд системы метрологических испытаний	СМИ-01а	127, стойка S12	36296714.408110.01-053.РЭ. - Руководство по эксплуатации
10.	Электродинамический испытательный стенд	ЭДИС	127, стойка S12	36296714.408110.70-00.РЭ. - Руководство по эксплуатации
11.	Лабораторный комплекс проектирования пультов управления	СПУ-02л	129, панель S14, стол S15.8	36296714. 423651.06-030. РЭ. - Руководство по эксплуатации
12.	Стенд «Пульт оператора АСУ» - 12 шт	ПО-АСУ	129, столы S15.1 – S15.12	36296714. 423641.50-009. РЭ. - Руководство по эксплуатации

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по специальности **14.05.04 «Электроника и автоматика физических установок».**

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроника и автоматика физических установок» ФТИ.

(протокол № ___ от «___» _____ 2015г.).

Автор:

Доцент каф. ЭАФУ ФТИ _____ Павлов В.М.