

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.03 Современные проблемы автоматизации и управления

Учебный план: ФГОС3++m150404ПИСС-1_26-12.plx

Кафедра: 32 Автоматизации технологических процессов и производств

Направление подготовки:
(специальность) 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль подготовки:
(специализация) Прикладные информационные системы в сфере автоматизированных систем управления технологическими процессами

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
1	УП	34	17	56,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	3	
2	УП	17	17	38	36	3	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	17	17	38	36	3	
Итого	УП	51	34	94,75	36,25	6	
	РПД	51	34	94,75	36,25	6	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утверждённым приказом Минобрнауки России от 25.11.2020 г. № 1452

Составитель (и):

старший преподаватель

Игнатьева
Юрьевна

Татьяна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой автоматизации
технологических процессов и производств

Ковалев Д.А.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Ковалев Д.А.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Формирование у магистрантов системного научно-практического мировоззрения в области методологии исследования, проектирования и оптимизации сложных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на основе современных информационных технологий.

1.2 Задачи дисциплины:

Изучить современные методологии научного поиска и инструментарий исследования АСУ ТП.

Систематизировать знания о трендах развития вычислительных средств и технологий сбора/обработки данных в промышленности

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки результатов исследований;
Знать: методы проведения исследований в области автоматизации технологических процессов и производств.
Уметь: сформулировать цель и задачи исследования, составить план работ, в котором предусмотреть приоритеты решения задач, разработать критерии оценки результатов научных работ.
Владеть: навыками работы с техническими средствами научных исследований.
ОПК-6: Способен осуществлять научно-исследовательскую деятельность, используя современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы;
Знать: приёмы, способы и методы применения средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных.
Уметь: оптимально, с учетом вида профессиональной деятельности, подбирать технические средства информационных технологий.
Владеть: навыками работы в сети интернет при подборе необходимых технических средств информационных технологий.
ОПК-12: Способен разрабатывать и оптимизировать алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования технологических процессов, создавать программы изготовления деталей и узлов различной сложности на станках с числовым программным управлением, проектировать алгоритмы функционирования гибких производственных систем.
Знать: основные технологии, применяемые для автоматизированного проектирования технологических процессов.
Уметь: применять и совершенствовать алгоритмы технологий для повышения эффективности проектирования гибких производственных систем.
Владеть: методами оптимизации управления дискретными процессами.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Методология научных исследований в автоматизации	1				О
Тема 1. Современные проблемы автоматизации Анализ вызовов Индустрии 4.0/5.0, классификация методов исследования (эмпирические, теоретические), роль системного подхода в автоматизации ЦБП и теплоэнергетики.		2		3	
Тема 2. Постановка научной задачи Формулировка цели, гипотезы, дерева целей. Выбор критериев оптимальности и ограничений. Разработка технического задания на НИР.		2	2	3	
Тема 3. Планирование эксперимента в АСУ ТП Активный и пассивный эксперимент, полный факторный эксперимент (ПФЭ). Построение матриц планирования для технологических процессов.		2	2	3,75	
Тема 4. Обработка результатов эксперимента Регрессионный анализ, проверка адекватности моделей по критерию Фишера, оценка значимости коэффициентов.		2		4	
Тема 5. Технические средства научных исследований Измерительные комплексы, цифровые осциллографы, анализаторы сигналов. Применение для диагностики оборудования (насосы, котлы).		2	2	4	
Тема 6. Оценка погрешностей и фильтрация данных Методы обнаружения выбросов (критерий Граббса), сглаживание шумов (скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание).		4	2	6	
Раздел 2. Технические и программные средства современных АСУ ТП					О
Тема 7. Эволюция архитектур АСУ ТП От монолитных PLC к распределённым системам (Edge/Cloud), концепция IIoT. Особенности для ЦБП и ТЭЦ.		3		4	

Тема 8. Средства сбора данных и промышленные протоколы. Обзор датчиков нового поколения, протоколы OPC UA, MQTT, Profinet, Modbus. Выбор протокола для удалённого мониторинга.		2	2	4	
Тема 9. Средства хранения и обработки больших данных. Промышленные исторические базы данных (PI System, Historian), потоковая обработка (Stream Processing).		3		4	
Тема 10. Приёмы работы с Big Data в автоматизации. Предиктивная аналитика, методы машинного обучения для диагностики оборудования (насосы, турбины).		2	2	4	
Тема 11. SCADA-системы: обзор и принципы построения. Сравнение отечественных (MasterSCADA, Orion) и зарубежных решений. Разработка мнемосхем и привязка к тегам.		2	2	4	
Тема 12. Вычислительные средства АСУ ТП. Промышленные ПК, серверы резервирования. Критерии выбора (надёжность, климатическое исполнение).		2		3	
Тема 13. Интернет-подбор оборудования и работа с каталогами. Методика поиска аналогов, использование online-каталогов производителей.		2	2	3	
Тема 14. Сравнительный анализ и импортозамещение. Оценка отечественной компонентной базы (Микрон, Проксима) против импортной, составление карт замены.		2	1	4	
Тема 15. Интеграция АСУ ТП с MES и ERP. Стандарт ISA-95, обмен данными между уровнями, роль в управлении производством на целлюлозном заводе.		2		3	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
Раздел 3. Автоматизация проектирования и гибкие производственные системы	2				О
Тема 16. Основы САПР технологических процессов. Структура САПР ТП, классификация CAD/CAE/CAM-систем. Роль в проектировании линий ЦБП и теплоэнергетического оборудования.		2		3	

Тема 17. Технологии моделирования (цифровые макеты) Создание 3D-моделей оборудования (роботы, станки), совместное проектирование мехатронных систем в среде КОМПАС-3D / T-FLEX.		2	4	
Тема 18. Гибкие производственные системы (ГПС) Определение, архитектура, роль автоматических транспортных средств (AGV). Применимость в целлюлозно-бумажной промышленности.	2		2	
Тема 19. Алгоритмы быстрой переналадки (SMED) и адаптивного управления Методы сокращения времени переналадки, адаптивные алгоритмы для управления потоками сырья и полуфабрикатов.	2	2	4	
Тема 20. Совершенствование алгоритмов с использованием нечёткой логики Построение базы правил для управления приоритетами загрузки оборудования (на примере варочных котлов).	2	2	2	
Тема 21. PLM-системы и управление жизненным циклом Интеграция данных между проектированием, производством и эксплуатацией. Применение для модернизации ТЭЦ.		2	2	
Раздел 4. Методы оптимизации управления дискретными процессами				О
Тема 22. Математическая постановка задач дискретной оптимизации Классификация задач (Job-shop, Flow-shop), критерии оптимальности ($C_{\max}$, $L_{\max}$, сумма штрафов). Привязка к планированию ремонтов.	1		3	
Тема 23. Точные методы (ветви и границы) Решение задачи Джонсона для двух станков, построение дерева решений. Пример для последовательности операций на БДМ.	2	2	4	
Тема 24. Эвристические методы (правила приоритетов) Изучение SPT, EDD, FIFO, сравнение эффективности для задач диспетчеризации оборудования ТЭЦ.		1	3	
Тема 25. Метаэвристики (генетические алгоритмы) Кодирование хромосом, операторы скрещивания и мутации. Реализация ГА для оптимизации расписания загрузки котлов.	2	2	4	

Тема 26. Имитационное моделирование и оптимизация. Совместное применение имитации (AnyLogic) и оптимизационных методов для поиска наилучших параметров системы.		2		2	
Тема 27. Цифровые двойники (Digital Twin). Калибровка модели по реальным данным, предиктивное управление. Пример построения двойника теплообменника в Simulink.		1	2	2	
Тема 28. Анализ чувствительности и робастности. Оценка устойчивости оптимального расписания к сбоям (отказ оборудования, изменение сырья).		1	2		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	35	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)		2,5		33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		87,75		125,25	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): Целью типового курсового проекта является самостоятельно формулировать цель и задачи исследования, разрабатывать критерии оценки эффективности решений, выбирать технические средства и алгоритмы управления для объектов с непрерывными и дискретными процессами

Задачами курсового проекта являются:

1. Провести аналитический обзор современного состояния автоматизации выбранного технологического объекта.
2. Сформулировать проблему управления или проектирования, требующую решения.
3. Предложить и обосновать выбор технических средств с учётом импортозамещения.
4. Разработать алгоритм или метод оптимизации.

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): - Автоматизация процесса варки целлюлозы в непрерывном варочном котле .

- Разработка системы управления промывкой целлюлозной массы.
- Автоматизация отбелного производства.
- Совершенствование АСУ ТП сушильной части бумагоделательной машины.
- Автоматизация приготовления бумажной массы.
- АСУ ТП процесса регенерации щелоков.
- Автоматизация котельного агрегата (парового или водогрейного).
- АСУ ТП тепловых пунктов.
- Система автоматизации водоподготовки и химводоочистки для ТЭЦ

4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):

Курсовой проект выполняется с использованием компьютерной графической системы.

Результаты курсового проекта представляются в виде текстовой и графической частей объемом до 50 страниц, содержащих следующие обязательные элементы:

1. Ведомость проекта.
2. Реферат.
3. Пояснительная записка.
4. Графическая часть

5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

6. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
-----------------	--

ОПК-1	Способен применять методы проведения исследований в области автоматизации технологических процессов и производств для формулирования цели и задач исследования, составления плана работ с определением приоритетов решения задач и разработки критериев оценки результатов научных работ, владеет навыками работы с техническими средствами научных исследований.
ОПК-6	Способен применять приёмы, способы и методы использования средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных для оптимального подбора технических средств информационных технологий с учётом вида профессиональной деятельности, владеет навыками работы в сети интернет при подборе необходимых технических средств информационных технологий.
ОПК-12	Способен применять знание основных технологий, применяемых для автоматизированного проектирования технологических процессов, для совершенствования алгоритмов с целью повышения эффективности проектирования гибких производственных систем, владеет методами оптимизации управления дискретными процессами.

6.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание основных документов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных терминов и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала. Получил правильный ответ на практическое задание и может его интерпретировать.	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов проекта соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемого процесса. Даны исчерпывающие выводы на поставленные вопросы. Проект представлен к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных документов, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя. Получил правильный ответ на практическое задание, но испытывает затруднения с его интерпретацией.	Проект выполнен в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в проекте или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления проекта или нарушены сроки представления проекта к защите. Проект выполнен в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в проекте или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления проекта или нарушены сроки представления проекта к защите.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать понятия и определения, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя. Обучающийся вникает в смысл условия практического задания, понимает план его решения, однако, не может в полной мере реализовать ее решение.	Задание выполнено полностью, но в проекте есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления проекта низкое, либо проект представлен с опозданием.
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо

	сформулировать основные понятия и термины; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека. Не правильное решение практического задания, представление чужой работы, отказ от выполнения задания.	многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные методы решения задач, предусмотренные учебной программой, и способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной задачи. При правильном ответе на практическое задание.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки. Не способен излагать материал последовательно. Не способен продолжить обучение без дополнительных занятий. При неправильном ответе на практическое задание.	

6.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 1	
1	Дайте определение современным проблемам автоматизации. Назовите основные вызовы Индустрии 4.0 и 5.0 для ЦБП и теплоэнергетики.
2	Классификация методов научных исследований. Приведите примеры эмпирических и теоретических методов для исследования процесса варки целлюлозы
3	Этапы постановки цели и задач научного исследования. Как сформулировать критерии оценки эффективности автоматизации варочного котла?
4	Планирование эксперимента в АСУ ТП: активный и пассивный эксперимент. Приведите пример полного факторного эксперимента для оптимизации режимов отбелки.
5	Обработка экспериментальных данных: регрессионный анализ, проверка адекватности модели (критерий Фишера). Как применить к данным по расходу пара в сушильной части БДМ?
6	Методы фильтрации шумов и оценки погрешностей измерений (скользящее среднее, экспоненциальное сглаживание, критерий Граббса). Пример для сигнала давления в деаэраторе.
7	Технические средства научных исследований: измерительные комплексы, осциллографы, анализаторы сигналов. Какие приборы применяют для диагностики насосного оборудования в ЦБП?
8	Эволюция архитектур АСУ ТП: от PLC/DCS к Edge/Cloud решениям. Преимущества распределённых систем для управления ТЭЦ.

9	Промышленные протоколы передачи данных: OPC UA, MQTT, Profinet, Modbus. Сравнение, область применения. Какой протокол предпочтителен для удалённого мониторинга котельной?
10	Технологии хранения и обработки больших данных в промышленности (PI System, Historian). Роль в предиктивной аналитике оборудования ЦБП.
11	Выбор технических средств автоматизации: критерии (надёжность, температурный диапазон, виброустойчивость). Обоснование выбора контроллера для содорегенерационного котла.
12	Методы подбора оборудования с использованием сети Интернет: работа с каталогами и системами поиска аналогов. Приведите пример поиска замены импортного датчика давления.
13	Отечественная компонентная база для АСУ ТП (Микрон, Проксима, Овен) – перспективы и ограничения.
14	Интеграция АСУ ТП с MES и ERP-системами. Стандарт ISA-95. Как это реализуется на целлюлозном заводе?
15	Приёмы и способы применения средств вычислительной техники для сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных (на примере SCADA-системы тепловых сетей).
Семестр 2	
16	Структура САПР ТП. Классификация CAD/CAE/CAM-систем. Как САПР применяется для проектирования технологических линий ЦБП?
17	Цифровые макеты и мехатронное моделирование в САПР. Пример создания модели бумагоделательной машины.
18	Гибкие производственные системы (ГПС): определение, архитектура, роль роботизированных транспортных систем (AGV). Применимость ГПС в целлюлозно-бумажном производстве?
19	Алгоритмы быстрой переналадки (SMED) и адаптивного управления потоком деталей. Как это трансформируется для управления потоками щепы и массы?
20	Применение нечёткой логики для управления приоритетами в ГПС. Разработка базы правил для загрузки варочных котлов.
21	PLM-системы и управление жизненным циклом изделия. Интеграция данных между проектированием и эксплуатацией оборудования ТЭЦ.
22	Математическая постановка задач дискретной оптимизации. Критерии оптимальности (C_{max} , L_{max} , сумма штрафов). Применительно к расписанию ремонтов котлоагрегатов.
23	Точные методы оптимизации: метод ветвей и границ. Решение задачи Джонсона для двух станков (аналог – две стадии обработки массы).
24	Эвристические методы: правила приоритетов (SPT, EDD, FIFO). Пример составления расписания технического обслуживания насосного парка.
25	Метаэвристические алгоритмы: генетические алгоритмы. Кодирование хромосом, операторы скрещивания и мутации. Применение для планирования загрузки сушильных цилиндров БДМ.
26	Имитационное моделирование vs оптимизация. Совместное применение при создании цифрового двойника участка регенерации щёлока.
27	Концепция цифрового двойника (Digital Twin). Калибровка модели по реальным данным, предиктивное управление. Пример для теплообменника подогрева сетевой воды.
28	Анализ чувствительности и робастности оптимальных решений. Оценка устойчивости расписания к сбоям оборудования (отказ насоса, изменение качества сырья).
29	Методы оптимизации управления дискретными процессами в ЦБП: применение к планированию сортировки и размола массы.
30	Современные методы диагностики и прогнозирования состояния оборудования на основе данных (машинное обучение). Пример для содорегенерационного котла.

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Выбор технических средств для АСУ ТП котельной.
2. Планирование эксперимента для оптимизации процесса отбелки целлюлозы.
3. Моделирование логистики щепы в цехе подготовки древесной щепы в AnyLogic.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☒ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- Время на подготовку ответа на зачете - 15 минут;
- Время на подготовку ответа на экзамене - 30 минут;
- Время, отводимое на защиту курсового проекта, не должно превышать 15 мин, включая краткий доклад по результатам курсового проекта и ответы на вопросы.
- Возможность пользоваться справочными материалами, калькулятором.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				
Гайдук, А. Р., Пьявченко, Т. А.	Применение программного пакета SimInTech для изучения теории автоматического управления	Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета	2021	https://www.iprbooks.hop.ru/121884.html
Шишов, О. В.	Современные средства АСУ ТП	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия	2021	http://www.iprbookshop.ru/115172.html
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
М. В. Головицына	Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов : учебное пособие	Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа	2025	https://www.iprbooks.hop.ru/146348.html

7.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

AutoCADDesign
MicrosoftWindows 8
MicrosoftOfficeProfessional 2013

7.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду