

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О. Сухого

_____ О.Д. Асенчик

_____ 28.06. _____ 2019 г.

Регистрационный № УД – 24 – 45 /уч.

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного
производства»

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-36 01 03-2013 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства», учебных планов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» специализации 1-36 01 03 01 «Металлорежущие станки» № I 36 -1-23/ уч. от 17.09.13, №2 36-1-12/уч. от 12.02.2014, типовой программы дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» № ТД-I.1483 от 23.04.2018

СОСТАВИТЕЛЬ :

М.И. Михайлов, заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 10 от 15.05.2019 г.)

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 18.06.2019 г.)

УД МР-269/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 26.06.2019 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

3

Учебная программа по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования» составлена на основании типовой программы дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» № ТД-1 483 от 23.04.2018 и учебных планов специальности.

Цель учебной дисциплины - формирование у студентов компетентности в области автоматизированного проектирования технологического оборудования и инструментов машиностроительного производства.

Основными задачами учебной дисциплины являются: изучение способов решения типовых задач автоматизации проектирования технологического оборудования и управления машиностроительным производством; освоение основных возможностей универсальных и специализированных пакетов в области автоматизированного проектирования технологического оборудования и инструментов.

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин государственного компонента цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин: «Технологическое оборудование», «Инструментальные системы» и дисциплин компонента учреждения высшего образования: «Тепловые процессы в технологических системах», «Проектирование технологических систем», «Машинная графика», «Математическое моделирование оборудования и инструментов».

Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения дисциплин специализаций, связанных с проектированием технологического оборудования и инструментов, таких как: «Конструирование и расчет технологического оборудования», а также выполнении студентами курсовых проектов, научно-исследовательских работ, дипломного проекта.

В результате освоения учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» студент должен:

знать:

- принципы построения и функционирования САПР технологического оборудования;
- принципы автоматизированного проектирования типовых узлов технологического оборудования;
- возможности средств автоматизированного проектирования и управления при производстве и эксплуатации технологического оборудования;

уметь:

- формировать расчетные модели для автоматизированного проектирования технологического оборудования;

- осуществлять оценку точности и адекватности расчетных моделей технологического оборудования;
- использовать пакеты компьютерных программ при автоматизированном проектировании технологического оборудования;
- организовать свою работу в САПР технологического оборудования при участии в коллективном проекте;

владеть:

- методикой автоматизированного проектирования технологического оборудования с использованием пакетов компьютерных программ;
- методами использования технических средств САПР технологического оборудования.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующих компетенций:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.
- ПК-1. Формулировать цели проекта при заданных критериях и ограничениях.
- ПК-3. Выполнять расчеты проектируемых изделий.
- ПК-21. Создавать математические и физические модели процессов и оборудования.
- ПК-24. Выполнять исследования процессов обработки деталей на металлорежущем оборудовании.

На изучение учебной дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» отведено всего 124 часа, из них аудиторных - 68 час. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции — 34 ч.; лабораторные занятия - 34 ч.

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» связана с дисциплинами, «Конструирование и расчет технологического оборудования» и «Проектирование технологических систем».

Форма получения высшего образования: дневная.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 4,5 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам

5

Виды занятий, курсы, семестры, и формы текущей аттестации	Форма получения высшего образования
	Дневная
Курс	5
Семестр	9
Лекции (час.)	34
Лабораторные занятия (час)	34
Всего аудиторных часов	68
Форма текущей аттестации	
Экзамен (семестр)	9

Библиотека ГГТУ им. П.О.Семюго

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

6

Раздел I. **БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (ТО)**

Тема 1.1. Основные задачи САПР ТО

Основные задачи и особенности автоматизированного проектирования технологического оборудования. Критерии качества и способы их оценки при проектировании. Преобразования математических моделей в процессе получения расчетных САЕ программ. Взаимосвязь между параметрами станка.

Тема 1.2. Принципы моделирования упругих систем ТО

Основные виды анализа технологического оборудования. Универсальные и специализированные пакеты для моделирования ТО. Общие подходы специализированных пакетов при моделировании станков. Достоинства и недостатки универсальных и специализированных пакетов. Выбор численных методов для задач анализа в САПР.

Тема 1.3. Примеры специализированных программ для моделирования ТО

Типовые результаты и их анализ при моделировании направляющих и упругой системы станка в целом. Моделирование параметров монтажа оборудования. Моделирование шумовых характеристик станков. Моделирование оборудования с учетом термодинамических процессов. Моделирование тепловых процессов. Автоматизация проектирования инструментальной оснастки.

Тема 1.4. Вибрации при механической обработке

Классификация вибраций при механообработке. Влияние вибраций на ресурс оборудования, инструментов и качество обработки. Характеристики, причины возникновения и способы предупреждения вынужденных колебаний. Характеристика и причины возникновения автоколебаний (chatter) при резании. Автоматизация формирования Lobe-диаграммы и ее использование для определения допустимых режимов резания. Рекомендации по снижению вибраций при резании и их теоретическое объяснение. Моделирование виброустойчивости процесса резания. Оптимизация режимов резания.

Раздел II. **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ УЗЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Тема 2.1. Общие сведения о моделировании шпиндельных узлов

Методика подготовки модели шпиндельного узла ШУ. Типы конечных элементов. Порядок моделирования типовых конструктивных элементов СПИД. Принципы задания нагрузок при моделировании ШУ на максимальных нагрузках и частотах вращения (силовой и вибрационный расчет).

Тема 2.2. Анализ результатов статического расчета шпиндельного узла Статическая жесткость переднего конца ШУ, порядок расчета и типовые значения. Оценка допустимой деформации СПИД, исходя из точности обработки. Углы поворота оси шпинделя, граничные значения. Оценка нагрузок на подшипники. Влияние компоновки шпинделя на жесткость. Математическое моделирование параметрического синтеза шпиндельного узла по критерию жесткости.

Тема 2.3. Анализ результатов динамического расчета шпиндельного узла Показатели динамического качества ШУ. Использование значений собственных частот и форм колебаний, распределения модального демпфирования по упругим элементам, АЧХ, АФЧХ, ФЧХ по дисбалансу для оценки качества шпинделя и безопасных режимов обработки. Математическое моделирование динамики шпиндельных узлов с использованием передаточной функции. Математическое моделирование динамики валов (мотор-шпинделей). Метод переходных матриц при изгибных колебаниях.

Тема 2.4. Общие сведения о моделировании крутильных систем приводов

Общий порядок моделирования крутильной системы. Порядок моделирования типовых конструктивных элементов. Анализ результатов статического и динамического анализа крутильной системы. Метод переходных матриц при крутильных колебаниях. Моделирование крутильных систем приводов механическими цепями.

Тема 2.5. Моделирование динамики привода подачи

Особенности высокоскоростной обработки (HSM) на современных станках. Расчет кинематических и динамических параметров привода подачи при движении по сложной траектории. Пакет программ для расчета параметров и выбора стандартных шариковинтовых передач (ШВП). Подготовка исходных данных и типовые шаги при автоматизированном выборе ШВП.

Тема 2.6. Общие сведения об автоматизированном выборе направляющих качения

Пакет для расчета параметров и выбора стандартных направляющих качения. Подготовка исходных данных и типовые шаги при автоматизированном выборе направляющих. Оценка влияния различных параметров нагрузки и самих направляющих на их долговечность. Моделирование «каретка - рельса» посредством стандартных МКЭ- контактов. Моделирование контакта посредством вставки из модельного материала. Моделирование контакта посредством двух пружин. Сравнительный анализ достоинств и недостатков различных методов.

Тема 2.7. САПР зубчатых передач и редукторов

Примеры САПР зубчатых передач. Типовые возможности. Порядок подготовки данных для автоматизированного проектирования зубчатых передач и редукторов. Методы решения задач оптимизации.

Однопараметрическая оптимизация. Оптимизация функции с ограничениями. Принцип максимума Понтрягина⁸. Метод динамического программирования.

Тема 2.8. САПР шпиндельных коробок

САПР шпиндельных коробок агрегатных станков. Задачи и результаты работы пакета. Порядок подготовки данных для автоматизированного проектирования шпиндельных коробок.

Раздел III. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Тема 3.1. Состав и задачи автоматизированных систем управления предприятием в машиностроении

Задачи и структура автоматизированной системы управления современным машиностроительным предприятием (АСУП). Примеры эффекта от реализации АСУП. Задачи ERP как верхнего уровня АСУП. Информационная структура планирования ресурсов предприятия. Задачи и результаты работы модулей автоматизации укрупненного планирования (MRP II), цепочек поставок (SCM), совместной разработки (CPC), управления взаимоотношениями с заказчиками (CRM), управления продажами и обслуживанием (S&SM), управления персоналом (HRM), стратегического планирования (BPM). Примеры ERP.

Тема 3.2. Автоматизация управления производством и оборудованием

Подсистема ERP по управления производственной деятельностью (MES), ее задачи и структура. Типовые процедуры функционирования MES-системы. Задача оптимизации расписания работы оборудования, примеры критериев и ограничений. Типовые результаты работы MES-системы. Примеры MES.

Подсистемы ERP по автоматизации управления производственными технологическими процессами (SCADA), ее структура и задачи. Модули автоматизации процедур хранения и передачи на станок управляющих программ, управления инструментом (TMS), диспетчеризации (MDA), организации технического обслуживания (TPM).

Метод ручного обучения и автономного программирования при разработке управляющих программ (УП) для роботов. Достоинства и недостатки. Типовые шаги при автономном программировании. Особенности УП для роботов.

Тема 3.3. Автоматизация управления проектированием

Цели и задачи подсистемы ERP по автоматизации хранения, обмена и управления данными об изделии (PDM). Типовые процедуры PDM по автоматизации управления: документами (электронный архив, TDMS), движения документов в рамках бизнес-процессов (Workflow Management; EDM), структурой изделия (PIM), планирования работ над проектом. Примеры PDM.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Очная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	6	7	8	9
I.	Базовые понятия автоматизированного проектирования технологического оборудования (ТО)	10	8			
1.1	Основные задачи САПР ТО	2				Э
1.2	Принципы моделирования упругих систем ТО	2				Э
1.3	Примеры специализированных программ для моделирования ТО	4	4			ЗЛР, Э
1.4	Вибрации при механической обработке	2	4			ЗЛР, Э
II.	Моделирование типовых узлов технологического оборудования	18	26			
2.1	Общие сведения о моделировании шпиндельных узлов	2	4			ЗЛР, Э
2.2	Анализ результатов статического расчета шпиндельного узла	2	4			ЗЛР, Э
2.3	Анализ результатов динамического расчета шпиндельного узла	2	4			ЗЛР, Э
2.4	Общие сведения о моделировании крутильных систем приводов	4	4			ЗЛР, Э
2.5	Моделирование динамики	2	2			ЗЛР, Э

	привода подачи					
2.6	Общие сведения об автоматизированном проектировании направляющих качения	2				Э
2.7	САПР зубчатых передач и редукторов	2	8			ЗЛР, Э
2.8	САПР шпиндельных коробок	2				Э
III.	Автоматизация управления в машиностроении	6				
3.1	Состав и задачи автоматизированных систем управления предприятием в машиностроении	2				Э
3.2	Автоматизация управления производством и оборудованием	2				Э
3.3	Автоматизация управления проектированием	2				Э
ВСЕГО		34	34			

Сокращения – Э - экзамен, ЗЛР – защита лабораторных работ;

Перечень основной литературы

1. Берлинер, Э.М. САПР в машиностроении / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. - М.: Форум, 2011.- 448 с.
2. Михайлов М.И. Математическое моделирование и САПР процессов резания, станков и инструментов / М.И. Михайлов, Гомель, ГГТУ им.П.О.Сухого, 2004.-274с.
3. Черепашков, А.А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Черепашков, Н.В. Носов. - Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. - 640 с.

Перечень дополнительной литературы

4. Васильев Г.Н. Автоматизация проектирования металлорежущих станков / Г.Н. Васильев. – М.: Машиностроение, 1987.-280с.
5. САПР. Математическое моделирование технических объектов. 4 кн./ В.А. Трудошин, И.В. Пивоварова. - Мн.: Выш.шк., 1988.-159с.
6. Дьячко А.Г. ЭВМ кн.8. Решение прикладных задач / А.Г.Дьячко, Н.М. Когдов. – М.: Высш.шк., 1987.-146с.
7. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем / В.П. Тарасик. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997.-640с.

Перечень учебно-методической литературы

8. Михайлов М.И. Математическое моделирование и САПР процессов резания, станков и инструментов. – Гомель: ГГТУ, 1998.-34с.
9. Михайлов М.И. Алгоритмизация расчётов типовых механизмов станков. /Практ.пособие по дисциплине «Математическое моделирование и САПР ПР, СиИ» - Гомель: ГГТУ, 1998.-35с.
10. Мурахвер А.С. Автоматизированные методы расчётов узлов и деталей металлорежущих станков. /Метод.указ. курса «Промышленное оборудование автоматических производств» / А.С.Мурахвер, М.И. Михайлов, А.П. Лепший. - Гомель: ГПИ, 1989.-37с.

Средства диагностики, процедур оценки уровня знаний
Для диагностики компетентности результатов учебной деятельности
применяются следующие формы контроля:

1. Устная форма в виде собеседования на лабораторных занятиях;
2. Письменная форма в виде письменных отчетов по лабораторным занятиям;
3. Устно-письменная форма в виде экзамена.

Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

12

- проведение текущих контрольных опросов по изучаемым темам;
- текущая аттестация по успеваемости;
- сдача экзамена.

Перечень методов (технологий) обучения

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- чередование теоретических лекционных занятий с лабораторными занятиями;
- использование во время теоретических занятий современных средств, презентаций и обучающих программ;

Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение студентами индивидуальных заданий во время проведения лабораторных занятий;
- подготовка к экзамену.

Перечень тем лабораторных занятий

1. Исследование статических характеристик шпиндельных узлов (4ч).
2. Оценка виброустойчивости шпиндельного узла станка (4ч)
3. Оценка деформаций шпиндельной бабки токарного станка МКЭ (4ч).
4. Моделирование динамики привода подач станка (2ч).
5. Анализ крутильных колебаний привода станка (4ч).
6. Оптимизация цилиндрической зубчатой передачи по статической точности (4)
7. Оптимизация конической зубчатой передачи по статической точности(2).
8. Оптимизация червячной зубчатой передачи по статической точности (2).
9. Оптимизация режимов резания методом линейного программирования. (4ч).
10. Автоматизация проектирования протяжек с оптимизацией параметров (4).

Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний студента в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. №09-10/53-ПО).

1. Анализ виброустойчивости процесса резания
2. Моделирование крутильных колебаний привода
3. Моделирование виброустойчивости с учётом конструктивных элементов шпинделя
4. Моделирование виброустойчивости с учётом дисбаланса
5. Оценка виброустойчивости привода подач
6. Анализ виброустойчивости шпинделя передаточными функциями
7. Моделирование линейных колебаний переходными матрицами
8. Моделирование колебаний переходными матрицами суппорта станка
9. Моделирование колебаний переходными матрицами с учётом демпфирования в суппорте станка
10. Методика кинематического расчёта привода станка. Привести примеры
11. Методика расчёта прочности шпиндельного узла. МКЭ
12. Метод конечных разностей при решении тепловых задач
13. МКЭ при решении тепловых задач
14. Однопараметрическая оптимизация (оптимизация периода стойкости инструмента)
15. Оптимизация методами случайного поиска и множителей Лагранжа
16. Оптимизация методом линейного программирования параметров режима резания при точении.
17. Оптимизация параметров протяжки методом линейного программирования
18. Моделирование линейных колебаний механических систем механическими цепями.
19. Моделирование динамических показателей суппорта станка механическими цепями.
20. Моделирование крутильных колебаний механическими цепями.
21. Моделирование динамических параметров фрикционных муфт механическими цепями.
22. Моделирование динамических параметров многошпиндельных головок механическими цепями.
23. Моделирование монтажа оборудования
24. Моделирование изгибных колебаний переходными матрицами
25. Восходящее и нисходящее проектирование в САПР. Анализ, примеры.
26. САПР многошпиндельных насадок
27. САПР инструментальных блоков
28. Моделирование с использованием термодинамических законов
29. Моделирование размещения в САПР
30. Использование в САПР методов наращивания и удаления
31. Моделирование механическими цепями рычажного механизма
32. Моделирование механическими цепями с источником скорости. Пример
33. Моделирование шумовых параметров технологического оборудования.
34. Моделирование динамических характеристик методом конечных элементов.

35. Выбор численных методов для задач анализа в САПР.
36. Моделирование собственных колебаний приводов станков.
37. Принцип максимума Понтрягина.
38. Метод динамического программирования.
39. Технология быстрого прототипирования.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название ¹⁵ кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Конструирование и расчет технологического оборудования	МРСиИ	Нет М.И. Михайлов	
Автоматическое управление процессами и системами	МРСиИ	Нет А.А. Карпов	