

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаранин Максим Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 12.01.2026 15:36:56
Уникальный программный ключ:
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Гидравлические передачи локомотивов

рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
Специализация Локомотивы

Квалификация **инженер путей сообщения**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Виды контроля на курсах:
зачеты 4

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	4		Итого	
	УП	П		
Вид занятий				
Лекции	4	4	4	4
Практические	4	4	4	4
Конт. ч. на аттест.	0,4	0,4	0,4	0,4
Конт. ч. на аттест. в период ЭС	0,15	0,15	0,15	0,15
В том числе в форме практ.подготовки	4	4	4	4
Итого ауд.	8	8	8	8
Контактная работа	8,55	8,55	8,55	8,55
Сам. работа	59,6	59,6	59,6	59,6
Часы на контроль	3,85	3,85	3,85	3,85
Итого	72	72	72	72

Программу составил(и):

д.т.н., профессор, Росляков А.Д.; к.т.н., Доцент, Курманова Л.С.

Рабочая программа дисциплины

Гидравлические передачи локомотивов

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 215)

составлена на основании учебного плана: 23.05.03-25-5-ПСЖДл.plz.plx

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ Направленность (профиль) Локомотивы

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Тяговый подвижной состав

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Балакин А.Ю.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения учебной дисциплины «Гидравлические передачи тепловозов» является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с федеральными
1.2	государственными образовательными стандартами по специальности «Подвижной состав железных дорог» и приобретение ими:
1.3	- знаний теории лопастных гидромашин, методов расчета новых тепловозных гидротрансформаторов и гидромуфт; методики расчета условий совместной работы
1.4	дизеля и гидроаппаратов тяговой передачи на тепловозе; - умений выбирать типы гидротрансформаторов и гидромуфт для совместной работе в
1.5	передаче локомотива в конкретных условиях эксплуатации, производить расчеты тягово-экономических характеристик проектируемой гидродинамической передачи;
1.6	- навыков проведения учебных исследований, связанных с проектирование новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.05

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-1 Способен определять основные типы и модели железнодорожного подвижного состава, их назначение и особенности применения; определять основные технико-экономические параметры подвижного состава	
ПК-1.12 Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)	
ПК-7 Способен разрабатывать конструкторские решения при проектировании подвижного состава (локомотивов), технологического оборудования и проведения исследовательских работ с использованием современных информационных технологий	
ПК-7.2 Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	теорию лопастных гидромашин, методов расчета новых тепловозных гидротрансформаторов и гидромуфт.
3.2	Уметь:
3.2.1	выбирать типы гидротрансформаторов и гидромуфт для совместной работе в
3.2.2	передаче локомотива в конкретных условиях эксплуатации, производить расчеты тягово-экономических характеристик проектируемой гидродинамической передачи.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками проведения учебных и инженерных исследований, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава, навыками проведения инженерных исследований, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)				
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
	Раздел 1. Практика применения гидропередач			
1.1	Исторический обзор применения гидропередачи /Ср/	4	6	
1.2	Типы тяговых передач /Ср/	4	4	
1.3	Сведения из гидравлики. Рабочие жидкости /Ср/	4	6	
1.4	Классификация и принцип действия гидравлических передач /Ср/	4	4	
	Раздел 2. Устройство и принципы работы локомотивных гидропередач			
2.1	Общее устройство, принцип работы и характеристики тепловозных гидротрансформаторов /Лек/	4	2	
2.2	Общее устройство, принцип работы и характеристики тепловозных гидромуфт /Лек/	4	2	
2.3	Конструкции элементов гидравлических передач /Ср/	4	4	
2.4	Основы теории лопастных гидромашин /Ср/	4	4	

2.5	Виды потерь в лопастных системах и круге циркуляции гидромашины и методы их определения /Ср/	4	3	
2.6	Определение активного диаметра гидротрансформатора. Определение передаточного числа корректирующей зубчатой пары. Приведение внешней характеристики дизеля к валу насосных колес гидроаппаратов. Расчет и построение нагрузочных характеристик гидроаппаратов. Согласование характеристик дизеля гидроаппаратов. Определение зон самой выгодной работы гидроаппаратов. /Пр/	4	2	Практическая подготовка
2.7	Определение передаточных чисел механической части передачи. Составление кинематической схемы гидропередачи. Расчет и построение тяговой характеристики тепловоза. Расчет и построение экономических характеристик тепловоза. /Пр/	4	2	Практическая подготовка
2.8	Расчет проектируемой гидромашины методом подобия /Ср/	4	2	
2.9	Ознакомление с основными неисправностями при работе передач /Ср/	4	2	
2.10	Способы устранения неисправностей гидропередач /Ср/	4	2	
2.11	Методы построения треугольников скоростей в лопаточных каналах /Ср/	4	4	
2.12	Выбор размеров насоса и турбины регулируемого гидротрансформатора /Ср/	4	4	
Раздел 3. Самостоятельная работа				
3.1	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	4	4	
3.2	Подготовка к лекциям /Ср/	4	2	
3.3	Выполнение контрольной работы /Ср/	4	8,6	
Раздел 4. Контактная работа				
4.1	Контрольная работа /КА/	4	0,4	
4.2	зачет /КЭ/	4	0,15	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.

Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля) в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Замалеев З. Х., Посохин В. Н., Чефанов В. М.	Основы гидравлики и теплотехники	Санкт-Петербург: г: Лань, 2018	https://e.lanbook.com/bc

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Калекин В. С., Михайлец С. Н.	Гидравлика и теплотехника: Учебное пособие для вузов	Москва: Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/457

6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

6.2.1.1	Microsoft Office
6.2.1.2	Microsoft Windows

6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

6.2.2.1	База данных совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества - www.sovetgt.ru
6.2.2.2	База данных Объединения производителей железнодорожной техники - www.opzt.ru
6.2.2.3	База данных Некоммерческого партнерства производителей и пользователей железнодорожного подвижного состава «Объединение вагоностроителей» - www.ovsr.rf
6.2.2.4	База данных Росстандарта –
6.2.2.5	https://www.gost.ru/portal/gost/
6.2.2.6	База данных Государственных стандартов:
6.2.2.7	http://gostexpert.ru/
6.2.2.8	База данных «Железнодорожные перевозки»
6.2.2.9	https://cargo-report.info/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).
7.2	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное)
7.3	Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.
7.4	Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Гидравлические передачи локомотивов

(наименование дисциплины(модуля))

Направление подготовки / специальность

23.05.03 Подвижной состав железных дорог

(код и наименование)

Направленность (профиль)/специализация

Локомотивы

(наименование)

Содержание

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Форма промежуточной аттестации: зачет (4курс заочная форма и 7семестр очной формы обучения)

Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции
ПК-1: Способен определять основные типы и модели железнодорожного подвижного состава, их назначение и особенности применения; определять основные технико-экономические параметры подвижного состава	ПК-1.12: Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)
ПК-7: Способен разрабатывать конструкторские решения при проектировании подвижного состава (локомотивов), технологического оборудования и проведения исследовательских работ с использованием современных информационных технологий	ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов

Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные материалы (д/ф -7 семестр, з/ф-4 курс)
ПК-1.12: Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)	Обучающийся знает: теорию лопастных гидромашин	Вопросы (1 – 5)
	Обучающийся умеет: выбирать типы гидротрансформаторов и гидромуфт для совместной работы в передаче локомотива в конкретных условиях эксплуатации	Задания (1-3)
	Обучающийся владеет: навыками проведения учебных, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.	Задания (1-3).
ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов.	Обучающийся знает: методы расчета новых тепловозных гидротрансформаторов и гидромуфт	Вопросы (6 – 12)
	Обучающийся умеет: производить расчеты тягово-экономических характеристик проектируемой гидродинамической передачи	Задания (1-4)
	Обучающийся владеет: навыками проведения инженерных исследований, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.	Задания (1-2)

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение и/или размещение заданий в ЭИОС университета.

2. Типовые¹ контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций

2.1 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

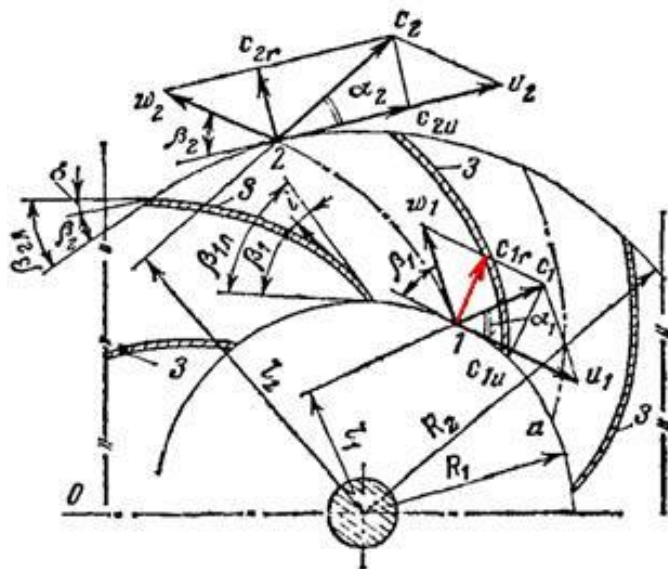
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-1.12: Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)	Обучающийся знает: теорию лопастных гидромашин
<i>Примеры вопросов/заданий</i> Вопрос 1: Что такое гидромеханика? Варианты ответа: наука о движении жидкости; наука о равновесии жидкостей; наука о взаимодействии жидкостей; наука о равновесии и движении жидкостей. Вопрос 2: Что такое жидкость? Варианты ответа: физическое вещество, способное заполнять пустоты; физическое вещество, способное изменять форму под действием сил; физическое вещество, способное изменять свой объем; физическое вещество, способное течь. Вопрос 3 Идеальной жидкостью называется Варианты ответа: жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение; жидкость, подходящая для применения; жидкость, способная сжиматься; жидкость, существующая только в определенных условиях. Вопрос 4: Какие силы называются поверхностными? Варианты ответа: вызванные воздействием объемов, лежащих на поверхности жидкости; вызванные воздействием соседних объемов жидкости и воздействием других тел; вызванные воздействием давления боковых стенок сосуда; вызванные воздействием атмосферного давления. Вопрос 5: Линейные потери вызваны Варианты ответа: местными сопротивлениями; длиной трубопровода; вязкостью жидкости;	

¹ Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

силой трения между слоями жидкости.	
ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов	Обучающийся знает: методы расчета новых тепловозных гидротрансформаторов и гидромуфт
<i>Примеры вопросов/заданий</i> Вопрос 6 Гидравлическими машинами называют Варианты ответа: машины, вырабатывающие энергию и сообщаемые ее жидкости; машины, способные работать только при их полном погружении в жидкость с сообщением им механической энергии привода; машины, которые сообщают проходящей через них жидкости механическую энергию, либо получают от жидкости часть энергии и передают ее рабочим органам; машины, соединяющиеся между собой системой трубопроводов, по которым движется рабочая жидкость, отдающая энергию. Вопрос 7: Гидропередача - это Варианты ответа: система трубопроводов, по которым движется жидкость от одного гидроэлемента к другому; механическая передача, работающая посредством действия на нее энергии движущейся жидкости; система, основное назначение которой является передача механической энергии от двигателя к исполнительному органу посредством рабочей жидкости; передача, в которой жидкость под действием перепада давлений на входе и выходе гидроаппарата, сообщает его выходному звену движение. Вопрос 8: Какая из групп перечисленных преимуществ не относится к гидропередачам? Варианты ответа: плавность работы, бесступенчатое регулирование скорости, высокая надежность, малые габаритные размеры; меньшая зависимость момента на выходном валу от внешней нагрузки, приложенной к исполнительному органу, возможность передачи больших мощностей, высокая надежность; бесступенчатое регулирование скорости, малые габаритные размеры, возможность передачи энергии на большие расстояния, плавность работы; безопасность работы, надежная смазка трущихся частей, легкость включения и выключения, свобода расположения осей и валов приводимых агрегатов. Вопрос 9: Насос, в котором жидкость перемещается под действием центробежных сил, называется Варианты ответа: лопастной осевой насос; лопастной центробежный насос; поршневой насос центробежного действия; дифференциальный центробежный насос. Вопрос 10: Объемный КПД насоса - это Варианты ответа: отношение его теоретической подачи к действительной; отношение его действительной подачи к теоретической; разность его теоретической и действительной подачи; отношение суммы его теоретической и действительной подачи к частоте оборотов.	

Вопрос 11:

Вектор какой скорости выделен красным цветом?

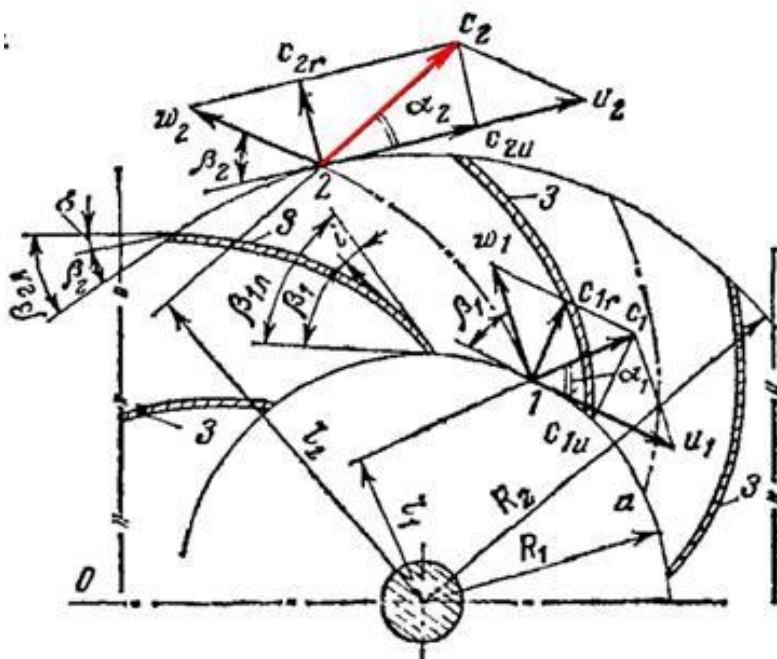


Варианты ответа

1. Окружная скорость при попадании на лопатку.
2. Относительная скорость при попадании на лопатку.
3. Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
4. Абсолютная скорость при выходе с колеса.
5. Радиальная скорость при попадании на лопатку.

Вопрос 12:

Вектор какой скорости выделен красным цветом?



Варианты ответа:

1. Окружная скорость при выходе с колеса.
2. Относительная скорость при попадании на лопатку.
3. Абсолютная скорость при попадании на лопатку.
4. Радиальная скорость при выходе с колеса.
5. Абсолютная скорость при выходе с колеса.

2.2 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-1.12: Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)	Обучающийся умеет: выбирать типы гидротрансформаторов и гидромуфт для совместной работы в передаче локомотива в конкретных условиях эксплуатации
<i>Примеры заданий</i> <i>Задание 1 Изучение конструкции и принцип работы гидроаппаратов</i> 1) Привести классификацию гидроаппаратов; 2) Изучить основные элементы гидроаппаратов; 3) Изучить свойства гидромуфт. 4) Изучить свойства гидротрансформаторов <i>Задание 2 Изучение конструкции и принципа работы основных узлов и систем гидропередач, их параметры</i> 1) Основные требования к гидропередачам; 2) Принципы выбора тягового оборудования гидропередачи; 3) Изучить кинематические схемы гидропередач. <i>Задание 3 Изучение мощностных характеристик гидравлической передачи</i> Рассчитать мощность, передаваемую передачей, по зависимости используя расчетную схемы $N_{\text{пер.}} = Dp \times Q \times 10^{-3}, \text{ кВт},$ где $Dp = p_n - p_v$ - перепад давления между всасывающим и напорным трубопроводами, МПа; Q – расход рабочей жидкости, м³/с. Передача в общем случае состоит из насоса 2 (рис. 1), приводимого в движение двигателем 1, и гидромотора 5, вращающего колеса 6. Насос и мотор соединены напорным 3 и всасывающим 4 трубопроводами, по которым циркулирует рабочая жидкость. Рис. 1. Схема гидравлической передачи	
ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов	Обучающийся умеет: производить расчеты тягово-экономических характеристик проектируемой гидродинамической передачи
<i>Задание 1 Расчет насосного колеса</i> Мощность (в кВт) насосного колеса гидротрансформатора определяется уравнением $N_H = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_H}{102 \eta_n}, = 800 \cdot 0.075 \cdot 88.6 / 102 \cdot 0.9 = 57.9 \text{ кВт}$ где Q - расход жидкости через насосное колесо, м³/с;	

H_H - действительный напор жидкости в насосном колесе, м;

γ - удельный вес жидкости, кг/м³;

η_H - КПД насосного колеса с учетом потерь в реакторе; $\eta_H \approx 0,9$.

Коэффициентом быстроходности колеса n_s называют частоту вращения эталонного колеса, геометрически подобного во всех элементах основному, с теми же гидравлическим и объемным коэффициентами полезного действия, но с напором $H=1$ м и расходом жидкости $Q=0,075$ м³/с. Коэффициент быстроходности определяют по формуле, содержащей основные параметры колеса

$$n_s = 3,65 n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = 3,65 \cdot 12,5 \frac{\sqrt{0,075}}{88,6^{3/4}} = 0,43$$

С учетом вышеприведенных зависимостей определяют действительный напор жидкости (м) в насосном колесе:

$$H_H = \left(\frac{1360 N_e \cdot n^2 \cdot \eta_H}{\gamma \cdot n_s^2} \right)^{0,4} = \left(\frac{1360 \cdot 600 \cdot 156,25 \cdot 0,9}{800 \cdot 1,94} \right)^{0,4} = 88,6 \text{ м}$$

Коэффициент быстроходности для гидротрансформаторов определяется из зависимости

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,7^2 - 28,379 \cdot 0,7 + 13,86 = 1,94$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,7^2 - 28,379 \cdot 0,7 + 13,86 = 2,01$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,6^2 - 28,379 \cdot 0,6 + 13,86 = 2,7$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,5^2 - 28,379 \cdot 0,5 + 13,86 = 3,81$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,4^2 - 28,379 \cdot 0,4 + 13,86 = 5,06$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,3^2 - 28,379 \cdot 0,3 + 13,86 = 6,82$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,2^2 - 28,379 \cdot 0,2 + 13,86 = 8,83$$

$$n_s = 16,255i^2 - 28,379i + 13,86 = 16,226 \cdot 0,1^2 - 28,379 \cdot 0,1 + 13,86 = 11,19$$

Задание 2 Расчет турбинного колеса

Частоту вращения турбинного колеса n_T на расчетном режиме определяют по частоте вращения насосного колеса n_H и передаточному числу ГП i :

$$n_T = \frac{n_H}{i} = 12,5 / 0,7 = 17,85$$

Окружная скорость на входе турбинного колеса равна, м/с:

$$U_{1T} = \pi \cdot D_{1T} \cdot n_T = 3,14 \cdot 0,744 \cdot 17,85 = 41,70 \text{ м/с}$$

Ширину канала на входе в турбинное колесо находят по формуле, м:

$$b_{1T} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{1T} \cdot C_M} = 0,075 / (3,14 \cdot 0,744 \cdot 3,1) = 0,01 \text{ м}$$

Найдем угол наклона лопатки на входе в турбинное колесо β_{1T} , считая проекции абсолютных скоростей на окружные скорости C_{U2H} и меридиональные скорости C_{M2H} при выходе из насосного колеса и при входе в турбинное колесо C_{U1T} и C_{M1T} равными

$$\operatorname{tg} \beta_{1T} = \frac{C_M}{U_{1T} - \left(U_{2H} - \frac{C_M}{\operatorname{tg} \beta_{2H}} \right)} = \frac{3,1}{33,17 - \left(31,5 - \frac{3,1}{0,811} \right)} = 0,564$$

Используя выражения для определения моментов насосного и турбинного колес и пренебрегая утечками, которые по сравнению с расходом жидкости обычно малы, запишем уравнение для расчёта проекции абсолютной скорости на окружную скорость на выходе из турбинного колеса

$$C_{U2T} = \frac{R_{1T} \cdot C_{U1T} - \frac{1}{i} (R_{2H} \cdot C_{U2H} - R_{1H} \cdot C_{U1H})}{R_{2T}} =$$

$$\frac{0.447 \cdot 41.7 - \frac{1}{0.8}(0.5 \cdot 27.6 - 0.5 \cdot 0.142)}{0.6} = -1.02 \text{ м/с}$$

Часто величина C_{U2T} , определяемая из представленного уравнения, оказывается отрицательной. Это означает, что при построении треугольника скоростей значение C_{U2T} следует откладывать в сторону, обратную окружной скорости.

Окружная скорость на выходе из турбинного колеса равна, м/с:

$$U_{2T} = \pi \cdot D_{2T} \cdot n_T = 3.14 \cdot 0.59 \cdot 17.85 = 33.06 \text{ м/с}$$

Ширину канала на выходе из турбинного колеса находят по формуле, м:

$$b_{2T} = \frac{Q}{\pi \cdot D_{2T} \cdot C_M} = 0.075 / (3.14 \cdot 0.744 \cdot 3.1) = 0.01 \text{ м}$$

Угол наклона лопатки на выходе из турбинного колеса β_{2T} :

$$\operatorname{tg} \beta_{2T} = \frac{C_M}{U_{2T} - C_{U2T}} = 3.1 / (41.7 - (-1.02)) = 0.072$$

Задание 3 Изучение мощностных характеристик гидравлической передачи

Рассчитать мощность, передаваемую передачей, по зависимости используя расчетную схемы

$$N_{\text{пер.}} = Dp \times Q \times 10^{-3}, \text{ кВт,}$$

где $Dp = p_n - p_v$ - перепад давления между всасывающим и напорным трубопроводами, МПа;

Q – расход рабочей жидкости, м³/с.

Передача в общем случае состоит из насоса 2 (рис. 1), приводимого в движение двигателем 1, и гидромотора 5, вращающего колеса 6. Насос и мотор соединены напорным 3 и всасывающим 4 трубопроводами, по которым циркулирует рабочая жидкость.

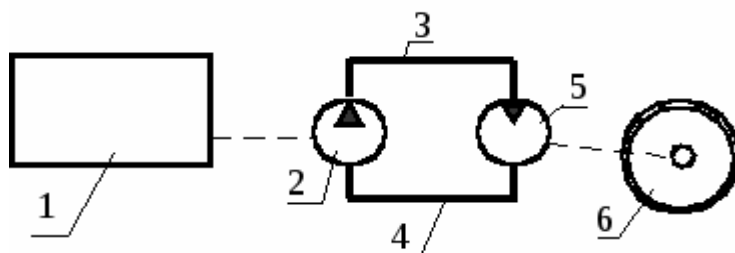


Рис. 1. Схема гидравлической передачи

ПК-1.12:
конструкции
различного
применяемые
на
локомотивах
(электрические передачи,
гидравлические передачи)

Поясняет
передач
типа,
на

Обучающийся владеет: навыками проведения учебных, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.

Задание 1 Расчет внешних размерных характеристик дизеля: мощность, момент и удельный расход топлива ($P_d = f(n_d)$; $M_d = f(n_d)$; $g_d = f(n_d)$;))

Мощность дизеля, кВт, определяем по исходным данным: по заданным номинальной мощности дизеля $P_{e \text{ ном}}$ и номинальным оборотам дизеля $n_{d \text{ ном}}$ определим текущее значение мощности и оборотов по формулам

$$P_d = k_p P_{e \text{ ном}}$$

$$n_d = k_n n_{d \text{ ном}},$$

где $k_p = f(k_n)$ - определяется по безразмерной характеристике дизеля.

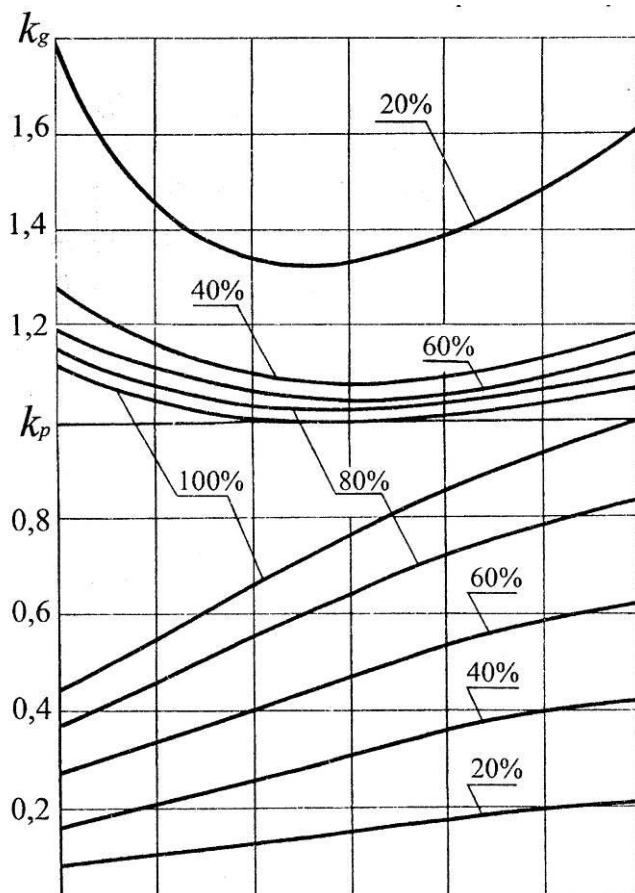


Рисунок 1 Безразмерная характеристика дизеля

Задание 2 Определение передаточного числа повышающего редуктора.

Максимальные обороты отечественных тепловозных дизелей

$n_{Д\max} = 750 \dots 1500 \text{ мин}^{-1}$. Для уменьшения габаритов гидроаппаратов обороты насосных колес должны быть как можно больше. Максимальная скорость вращения насосных колес ограничивается их прочностью. Для литых стальных и алюминиевых колес максимальное число оборотов назначается в пределах $n_{Н\max} = 1800 \dots 2500 \text{ мин}^{-1}$, для чего необходимо ставить между валом дизеля и насосным валом гидропередачи повышающий редуктор с передаточным числом

$$u_{пр} = \frac{n_{Д\max}}{n_{Н\max}}$$

Задаваясь максимальными оборотами насосного вала $n_{Н\max}$, определяется $u_{пр}$. $u_{пр} = 0,5$

Задание 3 Выбор рабочего диапазона работы гидроаппарата

Рабочий диапазон гидроаппаратов выбирается исходя из экономических соображений. Считается, что переход в работе с гидротрансформатора на другой гидротрансформатор или гидромufту должен быть в момент уменьшения КПД трансформатора после максимального до 0,8.

Таким образом, рабочие диапазоны (по передаточному отношению i) гидротрансформаторов (согласно исходным данным) будут следующими:

- для пускового трансформатора ТП1000М I $i = 0 \dots 0,93$

Задание 4 Построение характеристики совместной работы дизеля с гидроаппаратами

Рассчитаем нагрузочные параболы насосного колеса всех гидроаппаратов, приведенные к валу дизеля по формуле:

$$M_{НД} = \rho g \lambda_m 10^{-3} \frac{n_{Ди}^2}{u_{пр}^3 \eta_{пр}} D_a^5$$

По приведенной формуле определим семейство нагрузочных кривых для прозрачных гидроаппаратов и одну для непрозрачного гидротрансформатора в зависимости от оборотов дизеля $n_{Д}$ для различных значений $\rho g \lambda_m 10^{-3}$ в функции от i .

ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов.	Обучающийся владеет: навыками проведения инженерных исследований, связанных с проектированием новых гидравлических передач для отечественного подвижного состава.
<i>Примеры заданий</i> <i>Задание 1 Определение скорости перехода и передаточных чисел механической части</i> Начнем расчет с гидроаппарата, который работает при максимальной скорости. <i>Работа на втором гидроаппарате.</i> Общее передаточное число передачи от дизеля до колес, обеспечивающее максимальную скорость тепловоза при работе на втором гидроаппарате найдем по формуле: $u_2 = 0.188 \frac{D_k n_{Д\max}}{V_{\max}},$ где $n_{Д\max}=885 \text{ мин}^{-1}$, $D_k=1,05\text{м}$, $V_{\max}=40\text{км/ч}$. $u_2=4,37$. Передаточное число механической части передачи $u_{\text{мех}2} = \frac{u_2}{u_{\text{пр}} u_{\text{га}2}^{\min}},$ где $u_{\text{га}2}^{\min}=1/i_{\text{га}2}^{\max}$, $i_{\text{га}2}^{\max}$ определяется по приведенной характеристике третьего гидроаппарата. Для гидротрансформатора $i_{\text{га}2}^{\max}=0,85$. $u_{\text{мех}2}=7,43$. Передаточное число механической ступени скорости в передаче тепловоза $u_{\text{см}2} = \frac{u_{\text{мех}2}}{u_{\text{рк}} u_{\text{пп}} u_{\text{ор}}}$, $u_{\text{см}2}=0,874$ $V_{2-1} = 0,188 \frac{D_k n_{Д\min}}{u_{\text{пр}} u_{\text{мех}2} u_{\text{га}2}^{\max}}, V_{2-1}=20,9\text{км/ч}$ <i>Работа на первом гидроаппарате.</i> В тепловозе ТГМ6 применяются два гидроаппарата (гидротрансформатора) с одинаковыми характеристиками, тогда $u_{\text{мех}1} \neq u_{\text{мех}2}$. $u_1 = 0.188 \frac{D_k n_{Д\max}}{V_{2-1}}$ $u_1=8,39$ Передаточное число механической части $u_{\text{мех}1} = \frac{u_1}{u_{\text{пр}} u_{\text{га}1}^{\min}}$, $u_{\text{мех}1}=7,55$. Передаточное число механической ступени, обеспечивающей скорость $0 \leq V_1 \leq V_{1-2}$: $u_{\text{см}1} = \frac{u_{\text{мех}1}}{u_{\text{рк}} u_{\text{пп}} u_{\text{ор}}}, u_{\text{см}1}=0,89.$ <i>Задание 2 Расчет тягово-экономических характеристик тепловоза</i> <i>Крутящий момент на колесах тепловоза, $H^*_{\text{м}}$</i>	

$$M_{ki} = M'_{di} u_{np} u_{gai} u_{mexi} \eta_{gai} \eta_{\eta}^{z1} \eta_{\eta}^{z2} \eta_{kn},$$

где M'_{di} - момент дизеля с учетом затрат на вспомогательные нужды,

η_{η}^{z1} -КПД цилиндрических зубчатых колес

η_{η}^{z2} -КПД конических зубчатых колес

η_{kn} -КПД карданной передачи

Касательная сила тяги, Н

$$F_{ki} = 2M_{ki}/D_k = A M'_{di} u_{gai} \eta_{gai} u_{mexi},$$

где $A = 2u_{np} \eta_{\eta}^{z1} \eta_{\eta}^{z2} \eta_{kn}/D_k$ постоянная величина

Скорость движения, км/ч

$$V_i = 0,188 \frac{D_k n_{di}}{u_{np} u_{mexi} u_{gai}^{max}},$$

Касательная мощность, кВт

$$P_{ki} = \frac{F_{ki} V_i}{3600},$$

Мощность дизеля, кВт

$$P_{di} = \frac{1}{\beta} \frac{M_{di} n_{di}}{9600}$$

КПД передачи

$$\eta_{mi} = \eta_{gai} \eta_{\eta}^{z1} \eta_{\eta}^{z2} \eta_{kn} \eta_{cn}$$

Часовой расход топлива, кг/ч

$$G_{ei} = P_{di} g_e,$$

где g_e - удельный расход топлива на единицу мощности дизеля, берется для каждого гидроаппарата в зависимости от пд по размерному графику расхода топлива.

КПД тепловоза

$$\eta_{mi} = \frac{3600 P_{ki}}{G_e Q_H} = 0,0847 \frac{P_{ki}}{G_{ei}},$$

2.3. Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации

Вопросы к зачету

ПК-1.12: Поясняет конструкции передач различного типа, применяемые на локомотивах (электрические передачи, гидравлические передачи)

- 1 Устройство и принцип действия гидродинамической передачи мощности.
- 2 Устройство и принцип действия гидростатической передачи мощности.
- 3 Требования предъявляемые к передаче мощности.
- 4 Рабочие жидкости гидродинамических передач мощности.
- 5 Устройство и принцип действия гидромуфты. Основные уравнения. Универсальная и тяговая характеристики гидромуфты.
- 6 Устройство и принцип действия гидротрансформатора. Основные уравнения. Классификация гидротрансформаторов.

- 7 Комплексный гидротрансформатор. Назначение, устройство и принцип действия.
- 8 Механизмы свободного хода комплексных гидротрансформаторов. Устройство и принцип действия роликового и сухарикового механизмов свободного хода.
- 9 Гидродинамические передачи мощности. Основные определения и классификация.
- 10 Одно и двухциркуляционные гидродинамические передачи мощности. Схемы и тяговые характеристики.
- 11 Трехциркуляционные гидродинамические передачи мощности. Возможные схемы и их тяговые характеристики.
- 12 Классификация гидромеханических передач мощности. Схемы гидромеханических передач с одним гидротрансформатором.
- 13 Устройство и принцип действия гидромеханической передачи с двумя гидротрансформаторами.
- 14 Однопоточная гидромеханическая передача.
- 15 Краткая техническая характеристика, устройство и принцип действия (по кинематической схеме) универсальной гидропередачи УГП750-1200.
- 16 Устройство и действие главного вала УГП750-1200.
- 17 Устройство и действие вторичного вала УГП750-1200.
- 18 Устройство и принцип действия вала реверса УГП750-1200.
- 19 Системы автоматического регулирования гидропередач. Основные определения. Достоинства и недостатки различных систем.
- 20 Гидравлическая САР. Устройство и принцип действия.
- 21 Электрогидравлическая САР. Устройство и принцип действия.
- 22 Система автоматического управления УГП750-1200. Устройство и принцип действия.
- 23 Размещение элементов на тягового привода локомотивов с гидропередачей.
- 24 Карданные валы.
- 25 Осевые редуктора. Построение универсальной характеристики гидротрансформатора.
- 26 Построение универсальной характеристики гидромуфты.
- 27 История развития гидравлических передач.
- 28.Необходимость тяговой передачи и её назначение.
29. Типы тяговых передач.
30. Классификация и типы гидравлических и гидромеханических передач локомотивов. Назначение и особенности применения.
- 31.Гидродинамические и гидростатические передачи мощности и сфера их применения на тепловозах.
- 32.Общее устройство, принцип работы и характеристики тепловозных гидротрансформаторов.
- 33.Общее устройство, принцип работы и характеристики тепловозных гидромуфт.
- 34.Гидропривод вспомогательного оборудования тепловозов, основные схемы, особенности конструкции.
- 35.Рабочие жидкости, применяемые в гидравлических передачах, их характеристики и теплофизические свойства. Требования к чистоте полостей аппаратов и рабочих жидкостей. Методы и средства контроля и обеспечения чистоты жидкости.
- 36.Загрязнения в машинах и их виды. Требования к чистоте рабочей жидкости
- 37.Перспективные направления развития гидропередач локомотивов.

ПК-7.2: Проектирует и рассчитывает различные передачи локомотивов

- 1.Гранулометрический анализ.
- 2.Основные закономерности очистки жидкости.
- 3.Основы теории лопаточных гидромашин. Уравнение Эйлера.
- 4.Расчёт проектируемой гидромашин методом подобия.
- 5.Уравнение баланса энергии гидромашин.
- 6.Виды потерь в отдельных элементах и в круге циркуляции гидромашин. Методы их определения.
- 7.Методика расчёта вновь проектируемого гидротрасформатора.

8. Совместная работа дизеля и гидротрасформатора или гидромуфты.
9. Выбор количества и типов гидроаппаратов для проектной передачи тепловоза.
10. Методика расчёта тягово-экономических характеристик локомотива с гидropередачей.

3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий

- оценка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объёма заданных вопросов;
- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60 % от общего объёма заданных вопросов.

Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий/РГР

«Отлично/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

«Удовлетворительно/зачтено» – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

«Неудовлетворительно/не зачтено» – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

Виды ошибок:

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*
- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*
- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

Критерии формирования оценок по зачету

«Зачтено» - студент демонстрирует знание основных разделов программы изучаемого курса, его базовых понятий и фундаментальных проблем; приобрел необходимые умения и навыки, не допустил фактических ошибок при ответе, последовательно и логично излагает теоретический материал, допуская лишь незначительные нарушения последовательности изложения и некоторые неточности.

«Не зачтено» - студент демонстрирует фрагментарные знания основных разделов программы изучаемого курса, его базовых понятий и фундаментальных проблем; слабо выражена способность к самостоятельному аналитическому мышлению, имеются затруднения в изложении материала, отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки и незнание терминологии.