

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ФЭАТ  
Баранов

А.С.

## **Рабочая программа дисциплины**

**Код и наименование дисциплины: Б1.В.9 «Комбинированные и гибридные силовые установки»**

**Код и наименование направления подготовки (специальности): 13.04.03  
Энергетическое машиностроение**

**Направленность (профиль, специализация): Котельные установки и тепловые двигатели**

**Статус дисциплины: часть, формируемая участниками образовательных отношений**

**Форма обучения: очная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
Разработал	доцент	М.Э. Брякотин
Согласовал	Зав. кафедрой «ДВС»	А.Е. Свистула
	руководитель направленности (профиля) программы	Е.Б. Жуков

г. Барнаул

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций**

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-2	Способен проводить анализ объектов профессиональной деятельности	ПК-2.2	Анализирует существующие решения при создании продукции энергомашиностроения с учетом требований к уровню качества и безопасности
		ПК-2.3	Способен обосновывать принятые проектные и технические решения для объектов энергетического машиностроения

**2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Практика по получению первичных навыков научно-исследовательской работы, Современные системы двигателей, Теория и практика инженерного исследования, Теория тепловых двигателей (семинар)
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Выпускная квалификационная работа, Преддипломная практика, Проектная практика

**3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	14	0	14	116	45

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Форма обучения: очная

Семестр: 3

## Лекционные занятия (14ч.)

1. Предмет и задачи дисциплины "Комбинированные и гибридные силовые установки" как объектов энергетического машиностроения {беседа} (2ч.) [3,4,5,6] Проводится анализ терминологии, связанной с комбинированными энергетическими установками (КЭУ), внедряющихся в последнее время в качестве силовых установок транспортных средств. Представлена структура электроэнергетики России. Краткая история электромобилей
2. Классификация комбинированных энергетических установок и накопителей электрической энергии КЭУ. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,6] Классификация по функциям. Классификация по формам передачи энергии. Рассмотрены накопители энергии в комбинированных энергетических установках.
3. Конструктивное исполнение КЭУ в различными формами передачи энергии. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,6] Анализируются технические решения конструктивного исполнения комбинированных энергетических установок: - последовательная схема передачи энергии; - параллельная схема передачи энергии; - дифференциальная схема передачи энергии; - последовательно-параллельная схема передачи энергии.
4. Механические трансмиссии и расширенные функции комбинированных энергетических установок. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,6] Обосновывается применение тягового электропривода в трансмиссиях КЭУ. КЭУ со вспомогательным электроприводом на валу ДВС и автоматической коробкой передач. КЭУ с полноразмерным тяговым электродвигателем. КЭУ с электромашинами, встроенными в ветви механической трансмиссии. Расширенные функциональные возможности КЭУ.
5. Комбинированные энергетические установки на базе двигателей внутреннего и внешнего сгорания. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,6] КЭУ на базе двигателей внутреннего сгорания: кривошипно-шатунные двигатели, роторно-поршневые двигатели, роторно-лопастные двигатели, свободно-поршневые двигатели. КЭУ на базе двигателей внешнего сгорания. Классификация и особенности конструкции двигателей с внешним подводом теплоты. ДВПТ с приводным механизмом. Свободнопоршневые ДВПТ. Современный уровень и тенденции развития двигателей с внешним подводом теплоты.
6. КЭУ на базе топливных элементов, возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.) [3,4,5,6] Устройство и основы работы топливного элемента. Классификация топливных элементов. Области применения и характеристики топливных элементов. Уровень развития автомобильных установок на базе топливных элементов. Прогноз

развития бортовых электрогенерирующих установок на базе топливных элементов. Применение возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива в автомобильных энергоустановках. Классификация возобновляемых источников энергии. Классификация альтернативных видов топлива. Применение возобновляемых источников энергии в бортовых электрогенерирующих установках. Применение альтернативных топлив в автомобильных энергоустановках на базе ДВС. Уровень развития бортовых электрогенерирующих установок, использующих возобновляемые источники энергии и альтернативные виды топлива. Прогноз развития бортовых электрогенерирующих установок, использующих возобновляемые источники энергии и альтернативные виды топлива.

7. Повышение эффективности автомобильных комбинированных энергетических установок. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[3,4,5,6] Обосновывается способ повышения эффективности энергоустановок автомобилей. Системы, работающие по циклу Ренкина. Термоэлектрические генераторы. Применение турбоагрегатов.

#### Практические занятия (14ч.)

1. Оценка количества автопарка гибридных автомобилей с комбинированной энергетической установкой. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Оценка объемов продаж автомобилей и автобусов с комбинированной энергетической установкой. Производство автомобилей с КИГУ в России. Оценка автопарка автомобилей с комбинированной энергетической установкой. Состояние инфраструктуры для технического обслуживания и ремонта гибридных автомобилей в России.

2. Особенности конструкции и диагностируемые элементы гибридного привода. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Двигатель, работающий по циклу Аткинсона-Миллера. Накопители электрической энергии. Конструкция Ni-MH аккумуляторов. Емкость аккумуляторов. Сохранность и срок службы Ni-MH аккумуляторов. Зарядка Ni-MH аккумуляторов. Основные неисправности и существующие методы выявления накопителей электрической энергии. Потери в электрических проводниках. Электромоторов и силовое управляющее устройство. Устройство распределения мощности.

3. Анализ эксплуатационной надежности гибридных силовых установок. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Анализ возникающих отказов и неисправностей гибридных силовых установок. Оценка закономерности изменения технического состояния комбинированной энергетической установки по пробегу автомобиля. Вероятностная оценка отказов ДВС и его систем. Поддержание работоспособности элементов комбинированной энергетической установки.

4. Методика оценки технического состояния комбинированной энергетической установки автомобиля. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Выбор параметров оценки технического состояния комбинированной энергетической установки. Диагностическая матрица выявления отказов и неисправностей элементов комбинированной энергетической установки. Способы определения параметров оценки технического состояния комбинированной энергетической установки на автомобиле.

5. Алгоритм расчёта параметров оценки технического состояния комбинированной энергетической установки. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Особенности тягово-мощностного баланса автомобиля с комбинированной энергетической установкой. Передаваемая мощность в электроприводе с учётом потерь. Мощность с учётом потерь в электроприводе, передаваемая через накопитель энергии. Передаваемая мощность с учётом потерь в механической передаче. Средняя мощность рекуперации с учётом потерь в приводе. Вычисления эталонных значений параметров оценки технического состояния комбинированной энергетической установки.

6. Оценка технического состояния комбинированной энергетической установки автомобиля с применением ездовых циклов. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Стандартный ездовой цикл ЕС 2004. Исходные данные к применению Европейского городского ездового цикла. Факторы, влияющие на периодичность технического обслуживания и ремонта комбинированной энергетической установки: температурный режим, транспортные условия, дорожные условия, загрузка автомобиля, влияние климата.

7. Эксплуатационные и стендовые испытания комбинированных и стендовых испытаний комбинированных энергетических установок. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (2ч.)[1,2] Модель оптимизация процесса диагностирования автомобиля с комбинированной энергетической установкой. Средства диагностирования для оценки технического состояния комбинированных энергетических установок. Методика проведения стендовых испытаний. Определение эффективных показателей. Определение потерь в механической передаче. Определение эффективности рекуперации. Определение энергетического КПД при различных схемах передачи энергии. Исследование и анализ работы электропривода.

#### Самостоятельная работа (116ч.)

1. Курсовой проект {разработка проекта} (80ч.)[1,2,3,4,5,6,7] Тягово-мощностной баланс автомобиля с комбинированной энергетической установкой. Передаваемая мощность в электроприводе с учётом потерь. Мощность с учётом потерь в электроприводе, передаваемая через

накопитель энергии. Передаваемая мощность с учётом потерь в механической передаче. Средняя мощность рекуперации с учётом потерь в приводе. Вычисления эталонных значений параметров оценки технического состояния комбинированной энергетической установки. Определение эффективных показателей. Определение потерь в механической передаче. Определение эффективности рекуперации. Определение энергетического КПД при различных схемах передачи энергии. Исследование и анализ работы электропривода.

2. Подготовка к зачету и защите курсового проекта.(36ч.)[1,2,3,4,5,6,7]

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Брякотин, М.Э. Расчет колебаний силового агрегата на подвеске. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2013. – 29 с. Режим доступа: <http://elib.altstu.ru/eum/download/dvs/Brjakotin-silag.pdf>

2. Епифанов, В. С. Силовые агрегаты : практикум / В. С. Епифанов. – Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2012. – 119 с. – ISBN 2227-8397. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/46323.html>

## 6. Перечень учебной литературы

### 6.1. Основная литература

3. Епифанов, В. С. Силовые агрегаты : конспект лекций / В. С. Епифанов. – Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2012. – 100 с. – ISBN 2227-8397. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/46322.html>

4. Алхасов, А.Б. Возобновляемая энергетика / А.Б. Алхасов ; ред. В.Е. Фортов. – Москва : Физматлит, 2010. – 256 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82940>.

### 6.2. Дополнительная литература

5. Уханов, А. П. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Голубев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 188 с. – ISBN 978-5-8114-4582-0. – Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/122188>.

6. Кукис, В. С. Вихревые трубы в силовых установках транспортной энергетики : монография / В. С. Кукис, А. Г. Савиновских, Д. А. Новикова. – Челябинск : Южно-Уральский институт управления и экономики, 2017. – 270 с. – ISBN 978-5-9909865-5-8. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/81294.html>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7. Журнал Автомобильных инженеров. <http://www.aae-press.ru/index.htm>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	Acrobat Reader
2	Chrome
3	LibreOffice
4	Mathcad 15
5	Windows
6	Антивирус Kaspersky
7	7-Zip

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	IEEE Xplore - Интернет библиотека с доступом к реферативным и полнотекстовым статьям и материалам конференций. Бессрочно без подписки ( <a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a> )
2	Springer - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг ( <a href="https://www.springer.com/gp">https://www.springer.com/gp</a> )

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a> )
3	Wiley - Издательство с доступом к реферативным и полнотекстовым материалам журналов и книг. Содержит большой раздел Computer Science & Information Technology, содержащий pdf-файлы с полными текстами журналов и книг издательства. Фиксируется пользователь информации на уровне вуза (Access by Polzunov Altai State Technical University) ( <a href="https://www.wiley.com/en-ru">https://www.wiley.com/en-ru</a> <a href="https://www.onlinelibrary.wiley.com/">https://www.onlinelibrary.wiley.com/</a> )
4	ГОСТ-эксперт - база ГОСТОВ РФ (GostExpert.ru)
5	Научные ресурсы в открытом доступе ( <a href="http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0607.ssi">http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0607.ssi</a> )
6	Национальная электронная библиотека (НЭБ) – свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )
7	Российский морской регистр судоходства и раздел издания РС ( <a href="https://rs-class.org/">https://rs-class.org/</a> и раздел издания РС - <a href="https://lk.rs-class.org/regbook/rules">https://lk.rs-class.org/regbook/rules</a> )
8	Российский Речной Регистр раздел документы ( <a href="https://www.rivreg.ru/docs/">https://www.rivreg.ru/docs/</a> )
9	Электронный фонд правовой и научно-технической документации - ( <a href="http://docs.cntd.ru/document">http://docs.cntd.ru/document</a> )

#### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».