МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Факультет автоматизированных систем, транспорта и вооружений

УТВЕРЖДЕНО
Факультет автоматизированных систем, транспорта и вооружений
Декан Косов О.Д.
г.

Термодинамика и теплопередача

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой	**Теплотехника и гидравлика**
Учебный план	Специальность 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов
Профиль	**Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства**
Квалификация	**специалист**
Срок обучения	**5 года 6 месяцев**

Форма обучения **очная** Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: экзамены 5

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**5(3.1)**		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	32	32	32	32
Практические	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64.35	64.35	64.35	64.35
Сам. работа	44	44	44	44
Часы на контроль	35.65	35.65	35.65	35.65
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	144	144	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

профессор Федянов Евгений Алексеевич дтн

Рецензент(ы):
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Термодинамика и теплопередача

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (приказ Минобрнауки России от 12.08.2020 г. № 964)

составлена на основании учебного плана:

Специальность 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Профиль: Пусковые устройства, транспортно-установочное

утвержденного учёным советом вуза от 26.05.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Теплотехника и гидравлика

номер протокола 2021 г.
Зав. кафедрой Салыкин Евгений Александрович

СОГЛАСОВАНО:
Факультет автоматизированных систем, транспорта и вооружений
Председатель НМС факультета: Косов О.Д.

Протокол заседания НМС от
г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

Целью изучения дисциплины является получение студентами знаний в области технической термодинамики и теплопередачи. Освоение настоящей дисциплины позволит получить практические навыки в расчетах, проектировании, эксплуатации различных тепловых машин и теплотехнических устройств, используемых в ракетно-космических комплексах, пусковых устройствах и их средствах обслуживания.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Математика (специальные главы)
2.1.2	Гидромеханика и гидропривод
2.1.3	Физика
2.1.4	Высшая математика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Междисциплинарный курсовой проект
2.2.2	Проектирование агрегатов стартовых комплексов
2.2.3	Тепло- и массообмен в конструкциях
2.2.4	Физические основы устройства вооружения
2.2.5	Гидрогазоаэродинамика
2.2.6	Математические модели функционирования ракетной техники

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности;

ОПК-1.1: Знать: основные математические понятия, методы и факты, обеспечивающие широкий спектр их применения, разумную точность формулировок математических свойств изучаемых объектов; основные физические явления и основные законы физики, физические величины и константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения; строение и химические свойства простых веществ и их соединений, основные закономерности процессов, протекающих в электрохимических системах; структуру, механические, эксплуатационные и технологические свойства материалов

Результаты обучения: Знать основные законы термодинамики и тепломассообмена

ОПК-1.2: Уметь: логически мыслить, оперировать с абстрактными объектами и использовать полученные знания для решения стандартных задач; объяснять основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; выполнять основные химические лабораторные операции, рассчитывать основные характеристики веществ и параметры химических реакций; выполнять выбор материала для изготовления деталей машиностроения в зависимости от условий их эксплуатации, требований обеспечения надежности и долговечности

Результаты обучения: Уметь применять законы термодинамики и тепломассообмена для анализа процессов получения, передачи и преобразования энергии в технических объектах.

ОПК-1.3: Владеть: методами математического анализа и синтеза для решения технических расчетных задач; методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; методами анализа причинно-следственных связей в рассматриваемых процессах; основными методами изучения структуры и свойств материалов

Результаты обучения: Владеть методами расчета процессов изменения состояния реальных и идеальных газов в технических системах.

ОПК-5: Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач;

ОПК-5.1: Знать: основные математические понятия, методы и факты, обеспечивающие широкий спектр их применения, разумную точность формулировок математических свойств изучаемых объектов; основные физические явления и основные законы физики, физические величины и константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения; строение и химические свойства простых веществ и их соединений, основные закономерности процессов, протекающих в электрохимических системах; структуру, механические, эксплуатационные и технологические свойства

Результаты обучения: Знать основные законы термодинамики и тепломассообмена

ОПК-5.2: Уметь: логически мыслить, оперировать с абстрактными объектами и использовать полученные знания для решения стандартных задач; объяснять основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; выполнять основные химические лабораторные операции, рассчитывать основные характеристики веществ и параметры химических реакций; выполнять выбор материала для изготовления деталей машиностроения в зависимости от условий их эксплуатации, требований обеспечения надежности и долговечности

Результаты обучения: Уметь применять законы термодинамики и тепломассообмена для анализа процессов получения, передачи и преобразования энергии в технических объектах.

ОПК-5.3: Владеть: методами математического анализа и синтеза для решения технических расчетных задач; методами физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач; методами анализа причинно-следственных связей в рассматриваемых процессах; основными методами изучения структуры и свойств материалов

Результаты обучения: Владеть навыками термодинамического анализа процессов, протекающих в рассматриваемых объектах

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	**Раздел 1. Обучение**			
1.1	Основные понятия и определения термодинамики. /Тема/	5	0	
1.1.1	Общие задачи курса. Термодинамическая система. Формы энергетического взаимодействия системы с окружающей средой, внутренняя энергия и энтальпия системы. Понятие термодинамического процесса. Изображение процессов в pv- и Ts-диаграммах. Круговые процессы и циклы. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.2	Определение параметров состояния газовых смесей. /Тема/	5	0	
1.2.1	Закон Дальтона для газовых смесей. Парциальные давления и объемы. Массовые и объемные доли. Определение кажущейся молярной массы и удельной газовой постоянной. Основные определения и законы. Теплоемкость газовых смесей. Использование справочных данных о теплоемкости в инженерных расчетах. /Лек/	5	1	Ко, Эк
1.2.2	Определение теплоемкости газовой смеси заданного состава с помощью таблиц /Пр/	5	2	Ко
1.2.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.3	Первый закон термодинамики. /Тема/	5	0	
1.3.1	Формулировка и математическая запись первого закона термодинамики. Понятие энтальпии. Приложение первого закона термодинамики к анализу термодинамических процессов изменения состояния идеальных газов. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.3.2	Определение показателя политропы и теплоемкости произвольного процесса на основе экспериментальных данных /Пр/	5	2	Ко
1.3.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.3.4	Исследование изохорного процесса изменения состояния воздуха /Лаб/	5	2	Ко
1.3.5	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.4	Реальные газы. /Тема/	5	0	
1.4.1	Водяной пар как типичный пример реального газа. Состояния водяного пара и процесс его получения. Инженерные методы расчета процессов изменения состояния, использование таблиц и диаграмм. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.4.2	Расчет процессов изменения состояния водяного пара с помощью hs-диаграммы /Пр/	5	2	Ко
1.4.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.5	Влажный воздух. /Тема/	5	0	
1.5.1	Основные понятия и определения. Процессы изменения состояния влажного воздуха. Определение параметров состояния. Hd-диаграмма. /Лек/	5	1	Ко, Эк
1.6	Термодинамические основы получения сжатых газов. /Тема/	5	0	
1.6.1	Основные типы машин, применяемых для получения сжатых газов. Рабочий цикл поршневого компрессора. Затраты работы на сжатие газа. Объемный КПД. Многоступенчатое сжатие. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.6.2	Исследование работы поршневого компрессора /Лаб/	5	2	Ко
1.6.3	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.7	Термодинамика газовых потоков. /Тема/	5	0	

1.7.1	Уравнение сохранения энергии для потока газа. Адиабатное истечение газа из емкости неограниченного объема. Определение скорости и расхода. Кризис течения. Закон обращения воздействия. Получение сверхзвуковых потоков. /Лек/	5	4	Ко, Эк
1.7.2	Расчет скорости и расхода при истечении газа через суживающееся сопло /Пр/	5	2	Ко
1.7.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.7.4	Исследование истечения газа через суживающееся сопло /Лаб/	5	4	Ко
1.7.5	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.8	Второй закон термодинамики. /Тема/	5	0	
1.8.1	Формулировки и математическая запись. Влияние необратимости на работоспособность источников энергии. Методы оценки энергетической эффективности установок. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.8.2	Расчет работоспособности потока газа /Пр/	5	2	Ко
1.8.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.9	Циклы тепловых двигателей и холодильных машин /Тема/	5	0	
1.9.1	Циклы газотурбинных и реактивных двигателей. Циклы холодильных машин. Типы холодильных машин. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной машины. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.10	Основные понятия теории теплообмена. /Тема/	5	0	
1.10.1	Понятия теплового потока, температурного поля и градиента температур. Способы переноса теплоты в пространстве. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.11	Стационарная и нестационарная теплопроводность. /Тема/	5	0	
1.11.1	Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопровоодности. Граничные условия первого, второго и третьего рода. Интенсификация теплопередачи. Особенности тепловой изоляции трубопроводов. Задачи нестационарной теплопроводности. Числа Фурье и Био. Регулярный режим нагревания (охлаждения тел). /Лек/	5	4	Ко, Эк
1.11.2	Расчет поля температур в многослойной стенке /Пр/	5	2	Ко
1.11.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.11.4	Определение теплопроводности материала методом цилиндрического слоя /Лаб/	5	2	Ко
1.11.5	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.12	Конвективная теплоотдача. /Тема/	5	0	
1.12.1	Конвективная теплоотдача. Факторы, влияющие на интенсивность процесса. Математическое описание процесса. Применение теории подобия для определения коэффициента теплоотдачи. Общая методика инженерных расчетов теплоотдачи. /Лек/	5	4	Ко, Эк
1.12.2	Расчет теплоотдачи при обтекании цилиндра потоком воздуха /Пр/	5	2	Ко
1.12.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
1.12.4	Определение коэффициента конвективной теплоотдачи для свободной и вынужденной конвекции /Лаб/	5	4	Ко
1.12.5	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.13	Теплообмен излучением. /Тема/	5	0	
1.13.1	Основные понятия и законы излучения. Понятие серого тела. Радиационный теплообмен между телами в лучепрозрачной среде, угловые коэффициенты. Защитные экраны. Особенности теплообмена излучением в газах. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.13.2	Определение степени черноты поверхности стали /Лаб/	5	2	Ко
1.13.3	Подготовка к выполнению и отчету лабораторной работы /Ср/	5	2	
1.14	Теплообменные аппараты /Тема/	5	0	
1.14.1	Типы теплообменных аппаратов. Области применения теплообменных аппаратов различных типов. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. /Лек/	5	2	Ко, Эк
1.14.2	Расчетное определение требуемой площади теплообмена в рекуперативном теплообменном аппарате /Пр/	5	2	Ко
1.14.3	Подготовка к выполнению практической работы /Ср/	5	4	
2	**Раздел 2. Промежуточная аттестация**			
2.1	в том числе: /Тема/	5	0	

2.1.1	Экзамен /Экзамен/	5	35.65	Эк
2.1.2	Контактная работа /КоРа/	5	0.35	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП-отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

1. Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины:
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности.
ОПК-5: Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций
ОПК-1.1: контролируемые разделы – темы 1.. 14; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-1.2: контролируемые разделы – темы 1 .. 14; оценочные средства – контрольный опрос, тестовая задача, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-1.3: контролируемые разделы – темы 2 .. 14; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-5.1: контролируемые разделы – темы 1.. 14; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-5.2: контролируемые разделы – темы 1 .. 14; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-5.3: контролируемые разделы – темы 2 .. 14; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.

3. Описание шкал оценивания
3.1. Оценочное средство – контрольный опрос:
5 баллов: правильные ответы даны на 95-100% вопросов;
4 балла: правильные ответы даны на 60-94% вопросов;
3 балл: правильные ответы даны на 50-59% вопросов;
0..2 баллов: правильные ответы даны менее чем на 50%.

3.2. Тестовая задача
8..10 баллов: задача решена правильно со всеми необходимыми пояснениями;
6..7 баллов: задача решена правильно, но необходимые пояснения не полные;
4..5 баллов: алгоритм решения задачи выбран правильно, однако решение содержит ошибки, пояснения не полные;
0 баллов: задача не решена.

3.3. Оценочное средство – семестровая контрольная работа:
15..20 баллов: работа выполнена без ошибок, аккуратно оформлена в соответствии с требованиями, на все вопросы при защите работы даны правильные ответы (ответы на 80-100% правильные);
10..14 баллов: работа выполнена без ошибок, аккуратно оформлена в соответствии с требованиями, ответы на вопросы при защите работы на 70-79 % правильные;
5 ..9 баллов: работа выполнена без ошибок в вычислениях, удовлетворительно оформлена, ответы на вопросы при защите работы на 50 -69 % правильные;
0 баллов: работа выполнена с ошибками, имеются замечания по оформлению, ответы на вопросы при защите работы менее чем на 50% правильные.

3.4. Оценочное средство - экзамен:
35 – 40 баллов: экзамен сдан на отлично (ответы на 80-100% правильные);
25 – 34 балла: экзамен сдан на хорошем уровне (ответы на 70-79 % правильные);
15 – 24 балла: экзамен сдан на удовлетворительном уровне (ответы на 50 -69 % правильные);
0 - 14 баллов: экзамен не сдан (ответы правильные менее чем на 50 %).
Экзамен проводится письменно, в билете два вопроса. Время, затрачиваемое на экзамен в соответствии с установленными нормативами.

Примеры оценочных средств представлены в Приложении.

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

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Злотин Г. Н., Федянов Е. А.	Теплотехника: учеб. пособие	Волгоград: РПК "Политехник", 2005	
Л.2	Злотин Г. Н., Иванов Ю. В., Федянов Е. А.	Прикладная термодинамика: учеб. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 2008	
Л.3	Юдаев Б. Н.	Техническая термодинамика. Теплопередача: [учеб. для неэнергет. втузов]	Москва: Высш. шк., 1988	
Л.4	Нащокин В. В.	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие	М.: Высш. шк., 1980	
Л.5	Цирельман Н. М.	Техническая термодинамика: учеб. пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2018	https://e.lanbook.com/book/107965?category_pk=931#book_name
Л.6	Новиков И. И.	Термодинамика: учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2021	https://e.lanbook.com/book/167768?category=918

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС "Лань"
Э2	ЭБС «Юрайт»
Э3	ЭБС ВолгГТУ
Э4	Файловое хранилище ВолгГТУ

6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	1. Microsoft Windows - лицензионный программный продукт.
6.3.1.2	
6.3.1.3	2. Microsoft Office - лицензионный программный продукт.
6.3.1.4	
6.3.1.5	3. OpenOffice (Impress, Writer, Calc, Draw) - стандартная общественная лицензия ограниченного применения (GNU LGPL, Лицензирование Apache OpenOffice).

6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

6.3.2.1	1. ГАРАНТ. Информационно-правовой портал, https://www.garant.ru.
6.3.2.2	2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань», http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69520.
6.3.2.3	
6.3.2.4	3. Информационно-библиотечный центр ВолгГТУ, http://library.vstu.ru/.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

7.1	Лекционная аудитория /учебная мебель, мультимедийное оборудование, Интернет/.
7.2	Лаборатория теплотехники /учебная мебель, лабораторное оборудование, мультимедийное оборудование, Интернет/.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

1. Исследование изохорного процесса : метод. указания к лаб. работе / сост. Г. Н. Злотин, М. М. Галимов, Т. А. Цыганкова, Ю. В. Иванов / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 8 с.
2. Построение кривой насыщения и определение теплоты парообразования : метод. указания / сост. А. А. Буров, Г. Н. Злотин, Е. А. Федянов / ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 12 с.
3. Исследование теплоотдачи при вынужденном поперечном обтекании трубы потоком воздуха : метод. указания / сост. Г. Н. Злотин, В. А. Ожогин, Е. А. Федянов, А. А. Буров / ВолгГТУ. - Волгоград, 2006. - 15 с.
4. Исследование термодинамических процессов в поршневом компрессоре : метод. указания / сост. В. А. Ожогин, А. А. Буров, М. М. Галимов, Т. А. Цыганкова / ВолгГТУ. - Волгоград, 2007. - 8 с.
5. Исследование термодинамических процессов влажного воздуха : метод. указания / сост. С. Н. Шумский / ВолгГТУ. - Волгоград, 2008. - 12 с.
6. Исследование процесса истечения воздуха через суживающееся сопло : метод. указания / сост. Е. А. Федянов, М. М. Галимов, Е. М. Иткис, Т. А. Цыганкова / ВолгГТУ. - Волгоград, 2008. - 12 с.
7. Исследование конвективной теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха : метод. указания / сост. Г. Н. Злотин, В. А. Ожогин, А. А. Буров, С. Н. Шумский / ВолгГТУ. - Волгоград, 2009. – 8 с.
8. Экспериментальное определение теплопроводности материала методом цилиндрического слоя : метод. указания / сост.

А. А. Буров, Г. Н. Злотин, В. А. Ожогин, Е. А. Федянов / ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 10 с.
9. Регулярный режим и его использование для определения теплофизических характеристик материала / сост. Ю. В. Иванов, К. И. Лютин, Т. А. Цыганкова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – 10 с.
10. Исследование работы теплообменного аппарата / сост. Г. Н. Злотин, Е. А. Захаров, Е. М. Иткис / ВолгГТУ. - Волгоград, 2008. – 12 с.
11. Термодинамические процессы и циклы с газообразным рабочим телом / сост. Г. Н. Злотин, М. М. Галимов, К. И. Лютин, Т. А. Цыганкова ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 10 с.