

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплотехника и малая распределенная энергетика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.10.01.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	1 семестр - 16 часов;
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Домашнее задание	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных законов термодинамики и теплообмена, особенностей их применения при исследовании термодинамических процессов, циклов и аппаратов теплосиловых, теплонасосных и холодильных установок.

Задачи дисциплины

- изучение основных законов термодинамики и методов их применения для расчета и анализа процессов и циклов, происходящих в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках;

- изучение законов теплообмена и типовых методов расчета энергетического и теплотехнологического оборудования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен к проведению расчетно-теоретических исследований теплогидравлических процессов объектах профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-1} Имеет навыки математического описания теплогидравлических и термодинамических процессов в объектах профессиональной деятельности	знать: - законы сохранения и превращения энергии, основные термодинамические процессы и циклы преобразования энергии теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; - законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам. уметь: - определять термические и калорические свойства рабочих тел, проводить расчеты термодинамических процессов, протекающих в энергетических машинах, установках и устройствах; - выполнять тепловой расчет теплообменного оборудования; - рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в тепловых и теплотехнологических установках.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплотехника и малая распределенная энергетика (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов	22	1	4	-	8	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. Пример задания: Провести расчет термодинамического цикла. Рабочее тело - воздух. Определить термодинамические параметры рабочего тела в основных точках цикла. Найти удельную работу расширения, удельную располагаемую работу, изменение удельной внутренней энергии, удельной энтальпии, удельной энтропии для каждого процесса и для цикла в целом</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>
1.1	Основные законы термодинамики	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Термодинамические процессы и циклы идеальных газов	16		2	-	6	-	-	-	-	-	8	-	

														[1], стр. 6-35, 42-53, 71-79, 187-200, 257-270, [7], стр. 5-18
2	Реальные газы. Циклы паросиловых установок	28	4	-	8	-	-	-	-	-	-	16	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Реальные газы. Циклы паросиловых установок" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Реальные газы. Циклы паросиловых установок"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Реальные газы. Циклы паросиловых установок". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач, провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В задание входит три задачи. Пример задания: 1. Определите температуру, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию водяного пара при заданном давлении и температуре с помощью h-s диаграммы. 2. Определите температуру, энтальпию, внутреннюю энергию и энтропию водяного пара при заданном давлении и температуре с помощью таблиц воды и водяного пара. 3. Выполнить расчет обратимого цикла Ренкина для двух вариантов, считая в первом случае поступающий в турбину пар сухим насыщенным при давлении p_1, а во втором случае – перегретым с давлением p_1 и температурой t_1. Давление отработанного пара p_2 для обоих вариантов одинаковое. Расчетом определить количество теплоты, подведенной в цикле q_1, работу цикла l_c, термический КПД η_t, потери теплоты в</p>
2.1	Реальные газы. Водяной пар.	12	2	-	2	-	-	-	-	-	-	8	-	
2.2	Циклы паросиловых установок	16	2	-	6	-	-	-	-	-	-	8	-	

														конденсаторе турбины q2 и удельный расход пара на выработку 1 кВт·ч электроэнергии d. Определить также степень сухости отработанного пара x2 в каждом варианте. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 170-191, 294-307 [4], стр. 1 [5], стр. 15-90 [7], стр. 35-48
3	Основные понятия теплообмена. Теплопроводность	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия теплообмена. Теплопроводность" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
3.1	Основные понятия теплообмена. Теплопроводность	16	2	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия теплообмена. Теплопроводность" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основные понятия теплообмена. Теплопроводность". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. Расчетное задание состоит из двух задач. Например: 1. Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной 250 мм и слоя строительного войлока. Температура на внешней поверхности кирпичного слоя 110 °С и на поверхности войлочного слоя 25°С. Коэффициенты теплопроводности материалов, соответственно, 0,7 Вт/(м·°С) и 0,0465 Вт/(м·°С). Вычислить температуру в

													экономайзера состоит из стальных труб диаметром d_2/d_1 , мм, расположенных в шахматном порядке с относительным поперечным шагом S_1/d_2 , и относительным продольным шагом S_2/d_2 <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Конвективный теплообмен. Теплообменные аппараты" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Конвективный теплообмен. Теплообменные аппараты" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 125-130, 152-157, 182-192, 200-207, 222-226, 441-454 [3], стр. 34-80, 145-170 [6], стр. 124-144
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32		2		-	0.5		93.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов

1.1. Основные законы термодинамики

Формулировки и аналитические выражения Первого закона термодинамики для неподвижных систем и для потоков вещества, особенности их применения. Уравнения теплового (энергетического) баланса. Формулировки и аналитические выражения Второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Основы эксергетического анализа термодинамических систем.

1.2. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов

Использование Первого и Второго законов термодинамики при расчете термодинамических процессов идеальных газов. Расчет процессов идеального газа, теплоемкость которого зависит от температуры. Расчет циклов идеального газа. Термодинамический анализ циклов..

2. Реальные газы. Циклы паросиловых установок

2.1. Реальные газы. Водяной пар.

Равновесие термодинамических систем. Фазовые переходы. Фазовая диаграмма вещества. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Термодинамические свойства реальных веществ. Определение состояния и расчет процессов для реального газа (на примере воды и водяного пара)..

2.2. Циклы паросиловых установок

Циклы паро-турбинных установок (ПТУ). Способы повышения термического к.п.д. цикла ПТУ. Основные характеристики (технико-экономические показатели) ПТУ и тепловой электрической станции (ТЭС)..

3. Основные понятия теплообмена. Теплопроводность

3.1. Основные понятия теплообмена. Теплопроводность

Способы переноса теплоты. Основные понятия теплообмена: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Вектор плотности теплового потока. Теплопроводность. Закон Фурье. Теплоотдача. Закон Ньютона-Рихмана.. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Перенос теплоты в плоской стенке и цилиндрической стенках при граничных условиях первого и третьего рода. Теплопередача. Термические сопротивления. Коэффициент теплопередачи. Нестационарные задачи теплопроводности. Температурное поле в процессе охлаждения (нагрева) бесконечной пластины, бесконечного цилиндра и тел конечных размеров..

4. Конвективный теплообмен. Теплообменные аппараты

4.1. Конвективный теплообмен.

Математическое описание процесса конвективного теплообмена:. Условия однозначности. Уравнение теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена в приближении пограничного слоя. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Релея, число Нуссельта. Теплоотдача при свободном и вынужденном

движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объеме жидкости. Теплообмен при вынужденном движении теплоносителей в трубах и каналах..

4.2. Теплообменные аппараты

Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Сравнение прямотока и противотока. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.

3.3. Темы практических занятий

1. Практика применения 1-го закона термодинамики для неподвижных систем и для потоков вещества, теплота трения в выражениях 1-го закона термодинамики. Второй закон термодинамики. Расчет энтропии идеального и реального газа. Эксергия теплоты и потока вещества.;
2. Расчет процессов идеального газа, теплоемкость которого зависит от температуры. Влияние теплоты трения;
3. Процессы реального газа. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Влияние теплоты трения;
4. Термодинамические циклы теплосиловых (ПТУ, ГТУ, ПГУ), теплонасосных и холодильных установок. Обратимые и необратимые циклы. Способы оценки эффективности прямых и обратных циклов;
5. Стационарная теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки;
6. Стационарная теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки;
7. Свободная и вынужденная конвекция (внешняя задача). Теплообмен при движении теплоносителей в трубах и каналах;
8. Тепловой расчет теплообменного аппарата.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
Знать:						
законы и основные физико-математические модели процессов переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам	ИД-1ПК-1			+		Домашнее задание/Задачи стационарной теплопроводности
законы сохранения и превращения энергии, основные термодинамические процессы и циклы преобразования энергии теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности	ИД-1ПК-1	+				Домашнее задание/Расчет термодинамического цикла
Уметь:						
рассчитывать температурные поля и тепловые потоки в тепловых и теплотехнологических установках	ИД-1ПК-1			+		Домашнее задание/Задачи стационарной теплопроводности
выполнять тепловой расчет теплообменного оборудования	ИД-1ПК-1				+	Домашнее задание/Расчет теплообменного аппарата
определять термические и калорические свойства рабочих тел, проводить расчеты термодинамических процессов, протекающих в энергетических машинах, установках и устройствах	ИД-1ПК-1		+			Домашнее задание/Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Задачи стационарной теплопроводности (Домашнее задание)
2. Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки (Домашнее задание)
3. Расчет теплообменного аппарата (Домашнее задание)
4. Расчет термодинамического цикла (Домашнее задание)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин . – 6-е изд., перераб. и доп . – М. : Издательский дом МЭИ, 2017 . – 502 с. - ISBN 978-5-383-00939-0 .;
2. Исаченко, В. П. Теплопередача : Учебник для энергетических вузов и факультетов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел . – 4-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоиздат, 1981 . – 416 с.;
3. Цветков, Ф. Ф. Задачник по тепломассообмену : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Р. В. Керимов, В. И. Величко . – 3-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 196 с. - ISBN 978-5-383-00468-5 .;
4. Александров, А. А. h,s - диаграмма для водяного пара (по справочнику "Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара") / А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 1999 . – 1 с.;
5. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник : Рек. Гос. службой стандартных справочных данных ГСССД Р-776-98 / А. А. Александров, Б. А. Григорьев . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 168 с. - К 100-летию со дня рождения М.П. Вукаловича . - ISBN 5-7046-0397-1 .;
6. Григорьев Б.А. , Цветков Ф.Ф. - "Тепломассообмен", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2011 - (562 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72294;
7. Александров А.А. - "Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (159 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72304.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio;
4. Электронная энциклопедия энергетики.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-209/14, Учебно-исследовательская лаборатория «Теплонасосные системы»; Учебно-демонстрационный пункт теплоснабжения; Компьютерный класс	рабочее место сотрудника, стул, шкаф для одежды, инвентарь специализированный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-209/7, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для	В-417, Помещение учебно-	кресло рабочее, рабочее место

хранения оборудования и учебного инвентаря	вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер
--	--	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы теплотехники

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет термодинамического цикла (Домашнее задание)
- КМ-2 Определение параметров водяного пара. Расчет цикла паротурбинной установки (Домашнее задание)
- КМ-3 Задачи стационарной теплопроводности (Домашнее задание)
- КМ-4 Расчет теплообменного аппарата (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	15
1	Основные законы термодинамики. Термодинамические процессы и циклы идеальных газов					
1.1	Основные законы термодинамики		+			
1.2	Термодинамические процессы и циклы идеальных газов		+			
2	Реальные газы. Циклы паросиловых установок					
2.1	Реальные газы. Водяной пар.			+		
2.2	Циклы паросиловых установок			+		
3	Основные понятия тепломассообмена. Теплопроводность					
3.1	Основные понятия тепломассообмена. Теплопроводность				+	
4	Конвективный теплообмен. Теплообменные аппараты					
4.1	Конвективный теплообмен.					+
4.2	Теплообменные аппараты					+
Вес КМ, %:			20	20	30	30