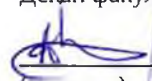


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
ФИО  
« 31 » 05 2022

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ

Направление/специальность подготовки	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)								ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
				АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
6	11	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2022

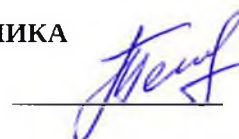
Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Федосенко Надежда Борисовна, старший преподаватель



Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-2.01 — способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники
ПСК-2.04 — способностью проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-2.01**

*знания:*

физические и математические модели, описывающие процессы, происходящие при эксплуатации в изделиях теплоэнергетики и ракетно-космической техники;

*умения:*

планировать, организовывать и проводить научные исследования, разрабатывать физические схемы и математические модели процессов;

*навыки:*

владеть навыками профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования применительно к процессам, протекающих в установках.

### **ПСК-2.04**

*знания:*

физические и математические модели, численные методы, используемые для проведения расчетов в теплотехнике, теплоэнергетике, гидроаэродинамике;

*умения:*

использовать математический аппарат и информационные технологии при решении поставленных задач;

*навыки:*

владеть навыками анализа процессов теплообмена в энергетических установках.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-2.04 — способностью проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.04
6	11	Раздел 1. Введение в дисциплину. Современные тенденции развития установок и устройств. Снижение веса и габаритов. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу, снижение шума. Повышение надежности, обеспечение много режимности. Современные средства расчета и моделирования. Модели физических процессов. Проектирование на системном уровне и оптимизация. Многодисциплинарная оптимизация, учет взаимовлияния факторов различной физической природы.	26	12	6	6	14	15	15
6	11	Раздел 2. Теплообменники. Системы охлаждения, вентиляции. Процессы, протекающие в теплообменных аппаратах. Тепловые трубы. Вращающиеся теплообменники. Процессы тепломассопереноса на микро масштабе. Системы охлаждения электронных приборов. Вопросы интенсификации теплообмена.	26	12	6	6	14	15	15
6	11	Раздел 3. Турбины, Насосы, Компрессора. Тепловые двигатели и нагнетатели. Параметры работы насосов и вентиляторов. Теоретические процессы сжатия. Моделирование насосов, вентиляторов и компрессоров. Максимальная высота всасывания насоса, явления кавитации. Проблема уменьшения шума и вибраций компрессорного оборудования.	26	12	6	6	14	15	15
6	11	Раздел 4. Проблемы проектирования двигателей. Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов. Топливная экономичность двигателей. Устойчивая работа при неравномерности потока на входе. Надежный запуск. Обеспечение необходимых характеристик в условиях обледенения и др. Применение альтернативных топлив. Снижение веса и габаритов. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу, снижение шума. Повышение надежности, обеспечение много режимности.	26	12	6	6	14	15	15
6	11	Раздел 5. Смесители. Химические реакторы. Установки при наличии эффектов плавления, конденсации, испарения, кавитации. Аппараты для перемешивания и разделения сред. Интенсификация газодинамических процессов. Особенности вибрационного перемешивания. Перемешивание струями. Особенности процесса перемешивания на микромасштабе.	26	12	6	6	14	15	15
6	11	Раздел 6. Внешние задачи. Проблемы аэроупругих колебаний конструкций. Влияние высокоскоростных аппаратов на конструкции, туннели и строения. Технологии подводного бурения. Аэроупругие колебания в вертолетостроении. Аэроупругие колебания пролетов мостов. Аэроупругие системы. Аэроупругие явления в турбомашинах.	14	8	4	4	6	25	25
Всего за 11 семестр			144	68	34	34	76	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Современные тенденции проектирования установок и устройств. Многодисциплинарная оптимизация, учёт взаимовлияния факторов различной физической природы.	6
2	Раздел 2. Теплообменники. Системы охлаждения, вентиляции.	Подходы к расчёту систем вентиляции.	6
3	Раздел 3. Турбины, Насосы, Компрессора.	Подходы к моделированию турбин.	6
4	Раздел 4. Проблемы проектирования двигателей.	Современные проблемы создания двигателей.	6
5	Раздел 5. Смесители. Химические реакторы. Установки при наличии эффектов плавления, конденсации, испарения, кавитации.	Расчёт смесителя	6
6	Раздел 6. Внешние задачи. Проблемы аэроупругих колебаний конструкций.	Подходы к моделирования аэроупругих колебаний конструкций.	4
Всего за 11 семестр			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	14
2	Раздел 2. Теплообменники. Системы охлаждения, вентиляции.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	14
3	Раздел 3. Турбины, Насосы, Компрессора.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	14
4	Раздел 4. Проблемы проектирования двигателей.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	14
5	Раздел 5. Смесители. Химические реакторы. Установки при наличии эффектов плавления, конденсации, испарения, кавитации.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	14
6	Раздел 6. Внешние задачи. Проблемы аэроупругих колебаний конструкций.	Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	6
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>76</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>11</b>						ДР			Собес, Задан	ДР						ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Собес – собеседование;
- Задан – задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- собеседование;
- задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, эл. рес.
2. И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели. Омск: ОмГТУ, 2017, эл. рес.
3. Линейные колебания. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 300 экз.
4. М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011, эл. рес.
5. С. Н. Григорьев. . Методы повышения стойкости режущего инструмента. М.: Машиностроение, 2009, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Э. Оран, Дж. Борис. . Численное моделирование реагирующих потоков. М.: Мир, 1990, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник воздушно-космической обороны.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ УСТАНОВКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-2.01 способность проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-2.04 способностью проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с перспективными установками и их проектированием.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- собеседование;
- задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение в дисциплину.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	С. Н. Григорьев. . Методы повышения стойкости режущего инструмента: М.: Машиностроение, 2009 (1,2) М. А. Денисов. . Математическое моделирование теплофизических процессов. ANSYS и CAE-проектирование: Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2011 (1,2,3)	14
Итого по разделу 1		14
<b>Раздел 2. Теплообменники. Системы охлаждения, вентиляции.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-5)	14
Итого по разделу 2		14
<b>Раздел 3. Турбины, Насосы, Компрессора.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (4-6)	14
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Проблемы проектирования двигателей.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	И. Н. Гречух, Л. И. Гречух. . Жидкостные ракетные двигатели: Омск: ОмГТУ, 2017 (1-5)	14
Итого по разделу 4		14
<b>Раздел 5. Смесители. Химические реакторы. Установки при наличии эффектов плавления, конденсации, испарения, кавитации.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	Э. Оран, Дж. Борис. . Численное моделирование реагирующих потоков: М.: Мир, 1990 (1-6)	14
Итого по разделу 5		14
<b>Раздел 6. Внешние задачи. Проблемы аэроупругих колебаний конструкций.</b>		
Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. Подготовка к практическим занятиям.	Линейные колебания: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (1-5)	6

Итого по разделу 6	6
--------------------	---

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- собеседование;
- задание;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Собеседование

Собеседование организуется с обучающимися на темы, связанные с изучаемой дисциплиной и рассчитанное на выяснение объемов знаний по определенному разделу. Контрольное мероприятие считается выполненным, при получении не менее 60% правильных ответов на вопросы преподавателя. Вопросы для собеседования по соответствующим разделам дисциплины представлены в УМК дисциплины.

#### Задание

Выполнение задания является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по соответствующему разделу дисциплины. Задание считается принятым при должном оформлении результатов, их полноте и правильности. Примеры заданий представлены в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

К сдаче дифференцированного зачета допускаются студенты при условии выполнения всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой дисциплины.

Дифференцированный зачет проводится в форме устных ответов на 2 вопроса к дифференцированному зачету. Итоги сдачи зачета оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – ОТЛИЧНО;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – ХОРОШО;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию – НЕ ЗАЧТЕНО.

Перечень вопросов к дифференцированному зачету представлен в УМК дисциплины.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-2.01	ПСК-2.04	
6	11	Раздел 1. Введение в дисциплину.	26	12	6	6	14	15	15	Собеседование
6	11	Раздел 2. Теплообменники. Системы охлаждения, вентиляции.	26	12	6	6	14	15	15	Собеседование, Задание
6	11	Раздел 3. Турбины, Насосы, Компрессора.	26	12	6	6	14	15	15	Собеседование, Задание
6	11	Раздел 4. Проблемы проектирования двигателей.	26	12	6	6	14	15	15	Собеседование, Задание
6	11	Раздел 5. Смесители. Химические реакторы. Установки при наличии эффектов плавления, конденсации, испарения, кавитации.	26	12	6	6	14	15	15	Собеседование
6	11	Раздел 6. Внешние задачи. Проблемы аэроупругих колебаний конструкций.	14	8	4	4	6	25	25	Собеседование, Задание
Всего за 11 семестр			144	68	34	34	76	100	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	