

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Направление/специальность подготовки	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Специализация/профиль/программа подготовки	Компьютерное проектирование технологий и оборудования механообрабатывающих производств
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	3	108	26	13	0	13	82	0	0	82	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ  
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Толпегин Олег Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

### **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:

УК-2 — способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### УК-2

*знания:*

- методов теории дифференциальных игр и областей их применения;
- методов оптимального управления;

*умения:*

- разрабатывать математические модели процессов управления динамическими объектами, методы их исследования;
- выполнять сравнительный анализ математических моделей, ставить задачи управления движением на основе методов оптимального управления и теории дифференциальных игр;
- использовать основные методы теории оптимального управления и дифференциальных игр;
- выбирать методы для решения поставленных оптимальных задач;
- самостоятельно проводить математическое моделирование поставленных оптимальных задач с использованием современных программных продуктов и информационных технологий;

*навыки:*

- владеть способами формализации интеллектуальных задач управления;
- разрабатывать алгоритмы и программы на языках высокого уровня для численного решения поставленных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *15.03.02 Технологические машины и оборудование*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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		УК-2
4	8	<b>Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.</b> 1.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр 1.2 Стратегии игроков. Выбор оптимальных стратегий 1.3 Методы решения дифференциальных игр. 2.1. Общая характеристика областей достижимости и их применение 2.2 Методы расчета областей достижимости. 2.3 Область достижимости для исследования движения крена 2.4 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление. 3.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина 3.2 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 3.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского.	56	14	7	7	42	50
4	8	<b>Раздел 2. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. Информационная игровая задача сближения-уклонения.</b> 4.1 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей 4.2 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью. 5.1 Постановка задачи и метод решения 5.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения 5.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.	52	12	6	6	40	50
<b>Всего за 8 семестр</b>			108	26	13	13	82	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	26	13	13	82	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	2.1 Область достижимости для исследования движения крена. 2.2 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление. 3.1 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 3.2 Оптимальное преследование цели в гравитационном поле Выполнение КР №1 – Записать необходимые условия оптимальности для антагонистической дифференциальной игры на основе принципа максимума Л.С. Понтрягина.	7
2	Раздел 2. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	4.1 Оптимальное управление линейной системой при наличии возмущений на основе метода экстремального прицеливания. 4.2 Конфликтная задача сближения в горизонтальной плоскости. 5.1 Область достижимости с учетом ошибок измерений. 5.2 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	6
<b>Всего за 8 семестр</b>			13

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

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.	Изучение предусмотренных программой дидактических	42

	Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	
2	Раздел 2. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	40
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>82</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>8</b>			Тест			ДР	Контр.Р.			ДР		Тест	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- тест;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012, эл. рес.
2. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
3. О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

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

### 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. Matlab 2015a SP1.

### 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. Matlab 2015a SP1.

### **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 **УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *15.03.02 Технологические машины и оборудование*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-2 способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разделами современной теории управления: методами оптимального управления и дифференциально-игровыми методами управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- тест;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), практические занятия (**13 ч.**), самостоятельная работа студента (**82 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 26 ч. аудиторных занятий, и 82 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. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (1,2,3)	42
Итого по разделу 1		42
<b>Раздел 2. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. Информационная игровая задача сближения-уклонения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (1,2) О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1-5)	40
Итого по разделу 2		40

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- тест;
- контрольная работа;
- 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.

#### Тест

Тест включает в себя от 5 до 10 вопросов по материалам соответствующего раздела дисциплины. Прохождение теста считается успешным при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов. Комплект типовых тестовых вопросов включён в состав УМК дисциплины

#### Контрольная работа

Контрольная работа включает в себя одну или несколько задач. Задачи входят в состав УМК дисциплины. Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»). Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить 50% задач. Для получения оценки «хорошо» необходимо правильно решить 75% задач. Для получения оценки «отлично» необходимо правильно решить 100% задач. В остальных случаях ставится оценка «неудовлетворительно». Если в плановый срок проведения контрольной работы в соответствии с графиком контрольных мероприятий студентом получена оценка не ниже «удовлетворительно», ему зачитываются все темы этой контрольной работы. При отсутствии положительной оценки в плановый срок студенту необходимо полностью или частично переписывать контрольную работу в часы плановых консультаций и приема задолженностей вплоть до получения положительной оценки. Допускается повторное выполнение контрольных работ с целью повышения оценки.

#### Зачет

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме зачета. Обучающийся получает оценку "ЗАЧТЕНО" при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий, т.е. при сдаче всех тестов и контрольной работы на положительную оценку

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		УК-2	
4	8	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	56	14	7	7	42	50	Тест, Контрольная работа
4	8	Раздел 2. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	52	12	6	6	40	50	Тест
Всего за 8 семестр			108	26	13	13	82	100	
Всего по дисциплине			108	26	13	13	82	100	

## Критерии оценивания

### УК-2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Вставьте пропущенное слово:
- Игрок \_\_\_\_\_ уровня делает первый шаг в иерархических играх
- № 2 Вставьте пропущенное слово:
- Когда у игроков разные критерии, игра называется игрой с \_\_\_\_\_ интересами
- № 3 Вставьте пропущенное слово:
- При решении бескоалиционных игр используется \_\_\_\_\_ принципы
- № 4 Вставьте пропущенное слово:
- Стратегия, при котором управление, выбирается как функция времени и текущего состояния системы называется \_\_\_\_\_ стратегией
- № 5 Вставьте пропущенное слово:
- Игру в шахматы можно отнести к игре с \_\_\_\_\_ информацией
- № 6 В чем особенность равновесного принципа оптимальности?
- № 7 Какая стратегия называется «контруправлением»?
- № 8 В чем отличие коалиционных игр от бескоалиционных?
- № 9 В чем особенность иерархических игр?
- № 10 В каком случае выполняются условия седловой точки в маленькой игре?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Для чего в методе минимаксной фильтрации используются области достижимости?
- Для расчета информационных областей.
  - Для коррекции результатов измерений параметров движения при наличии ошибок измерений.
  - Для оценки возможностей управления при наличии ошибок измерений.
  - Для вычисления управления при наличии ошибок измерений.
- № 2 Какой случай является регулярным, если при решении конфликтной задачи «сближения-уклонения» используем области достижимости игроков?
- Если экстремальная точка прицеливания является единственной.
  - Если не больше двух экстремальных точек прицеливания.
  - Если есть только три точки прицеливания.
  - Если есть несколько точек прицеливания.
- № 3 В чем особенность решения вспомогательных задач минимаксного управления?
- Управления определяются как функции времени и текущего состояния системы.
  - Управления определяются только как функции времени.
  - Управления определяются только как функции текущего состояния системы.
  - Выбираются постоянные управления.
- № 4 В каких играх используются стратегии, оптимальные по Парето?
- В бескоалиционных.
  - В кооперативных.

- В коалиционных.
  - В иерархических.
- № 5 Если система уравнений движения является нелинейной и условия седловой точки в маленькой игре не выполняются, то какую стратегию должен использовать второй игрок при решении задачи для первого игрока?
- Контруправление.
  - Программную стратегию.
  - Позиционную стратегию.
- № 6 Что такое информационная область, используемая в методе минимаксной фильтрации?
- Множество возможных значений измеряемой величины.
  - Множество возможных значений измеряемой величины, полученное в результате измерений.
  - Множество, гарантированно содержащее точное значение измеряемой величины.
  - Множество, полученное в результате измерений искомого параметра с заданной вероятностью.
- № 7 Какой метод не используется для решения дифференциальных игр?
- Динамическое программирование.
  - Принцип максимума.
  - Метод вспомогательных программных задач.
  - Метод синтеза по критерию обобщенной работы.
- № 8 Какие стратегии игроков являются оптимальными для линейной системы с терминальным критерием?
- Позиционные.
  - Программные.
  - Контруправление.
  - Управление с поводырем.
- № 9 Какие стратегии игроков являются оптимальными для нелинейной системы с терминальным критерием при выполнении условия «седловой точки в маленькой игре»?
- Позиционные.
  - Программные.
  - Контруправление
  - Управление с поводырем.
- № 10 Соотнести задачу и соответствующий ей вид функции Гамильтона
- 1) задача Майера
  - 2) задача Больца
  - 3) задача Лагранжа

- A.  $H = \Psi^T f(t, x(t), u(t), v(t))$
- B.  $H = \Psi^T f(t, x(t), u(t), v(t)) - L(t, x(t), u(t), v(t))$