

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю. Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

**Динамика полета тел, стабилизируемых вращением**

по направлению подготовки

**24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Баллистика и гидроаэродинамика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер, инженер-разработчик**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Е.И. Борзенко

К.С. Рогаев

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2024

## **1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

ОПК-5 Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии

РООПК-5.1 Знает методику учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

РООПК-5.2 Умеет учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности

## **2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания**

Элементы текущего контроля:

– индивидуальная работа;

**ИНДИВИДУАЛЬНАЯ РАБОТА** (РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РОПК 5.1, РОПК 5.2).

**Индивидуальная работа** состоит из трех практических частей, основанных на задании индивидуальных тактико-технические данные исследуемого тела. Для выполнения индивидуальной работы необходимы основные физические и математические законы, и математические методы. Работа выполняется самостоятельно, время выполнения до 12 часов. Работа представляется в форме трех отдельных отчетов (оформленный с учетом правил оформления работ в ТГУ) с анализом результатов исследований и рекомендациями оптимальных параметров для расчетных тел, представленных в электронном формате pdf и проверяется преподавателем.

Список практических частей индивидуальной работы:

1. Параметрическое исследование траектории изменения аэродинамических характеристик индивидуального тела.

2. Расчет коэффициента лобового сопротивления по методикам прикладной аэробаллистики и сравнение со стандартным законом изменения коэффициента лобового сопротивления.

3. Определение дериационного отклонения.

**Пример задания индивидуальных тактико-технические данные исследуемого тела.**

Снаряд	d, мм	Начальная скорость, м/сек	Начальный угол наклона, град	Балл. Коэф.	Дальность, м	Боковое отклонение, дел. угломер	Угловая скорость, 1/сек
А	122	515	40	0,732	12000	18	1325
			45	0,712	13000	20	
			60	0,712	10289	30	

d, мм	Снаряд	Вес, кг	Удлинение, L/d	Голов. Н/d	Запояс. В/d	Оживало. R/d	Скопс, Ерс, град	Ц.м., Цы/d	Экватор. Мом. Ин., кг*см*сек <sup>2</sup>	Полярн. Мом. Ин., кг*см*сек <sup>2</sup>
122	А	22,5	4,9	2,5	0,72	3	9	1,9	4,35	0,47

1. Параметрическое исследование траектории изменения аэродинамических характеристик индивидуального тела:

- Влияние изменения коэффициента лобового сопротивления  $C_x$  на +1%, +2%, +3%, -1%, -2%, -3%.
- Влияние изменения коэффициента подъемной силы в +/- 2 раза.
- Влияние изменения коэффициента опрокидывающего момента +5%, +10%, +15%, -5%, -10%, -15%, на устойчивость тела в полете.

2. Расчет коэффициента лобового сопротивления по методикам прикладной аэробаллистики и сравнение со стандартным законом изменения коэффициента лобового сопротивления:

- Метод интегрирования уравнения движения
- Метод с использованием закона сохранения энергии
- Метод с использованием функций Сиаччи (Стандартная табличная запись закона сопротивления 1943г; Запись кусочно-гладкими формулами; Запись полиномами 3-ей степени)
- Метод с использованием регрессии на полиномах Чебышева

3. Определение деривационного отклонения.

**Критерии оценивания элемента Индивидуальная работа**

Результаты каждой части индивидуальной работы оцениваются баллами от 2 до 5.

5 баллов – ответы в отчете на задание индивидуальной работы приведены в полном объеме, с правильной терминологией изучаемой дисциплины, логичны в изложении.

4 балла – ответы в отчете на задание индивидуальной работы приведены не в полном объеме, ответы содержат незначительные ошибки, есть незначительные ошибки в терминологии.

3 балла – ответы в отчете на задание индивидуальной работы содержат значительные ошибки, есть ошибки в терминологии.

2 балла, неудовлетворительная оценка, ответы содержат значительные ошибки, есть грубые ошибки в терминологии или отчет по работе не представлена к проверке.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

Промежуточная аттестация реализуется в форме зачета. К зачету допускается студент, выполнивший индивидуальную работу (3-5 баллов). Зачет проводится в устной форме. Продолжительность зачета 1 час. В билете два теоретических вопроса.

Вопросы по теории направлены на оценку сформированности по индикаторам компетенций РООПК-1.1, РООПК-1.2, РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2 (знание фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов; умение применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера; знание методики выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методики привлечения физико-математического аппарата и современные компьютерных технологий для их решения; умение выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии; знание методики учета современных тенденций развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности; умение учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности).

Теоретические вопросы по дисциплине.

1. Нормальная земная система координат.
2. Траекторная система координат.
3. Связанная система координат.
4. Полускоростная система координат.
5. Полусвязанная система координат.
6. Нормальная артиллерийская атмосфера.
7. Полная аэродинамическая сила, центр давления.
8. Классификация составляющих сил и моментов аэродинамических коэффициентов.
9. Баллистическая форма записи аэродинамических коэффициентов.
10. Закон движения центра масс снаряда в инерциальной системе координат.
11. Закон движения центра масс снаряда в неинерциальной системе координат.
12. Закон движения момента импульса снаряда в инерциальной системе координат.
13. Закон движения момента импульса снаряда в неинерциальной системе координат.
14. Классификация математических моделей движения снарядов.
15. Уравнения движения центра масс снаряда в траекторной системе координат.
16. Общая модель движения снаряда в однородном поле силы тяжести.
17. Приближенные методы решения основного уравнения нутационного колебания.
18. Влияние движения около центра масс на движение центра масс.
19. Методики нахождения коэффициента силы лобового сопротивления.
20. Определение аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента.
21. Определение аэродинамического коэффициента нормальной составляющей силы сопротивления воздуха.
22. Определение аэродинамического коэффициента продольного демпфирующего момента и момента Магнуса.
23. Определение крутизны нарезов ствола орудия, необходимой для обеспечения требуемой угловой скорости вращения снаряда.
24. Методы определения величины дериационного отклонения.

#### **Критерии оценивания:**

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется, если студентом даны правильные, развернутые ответы на два теоретических вопроса с подробным объяснением или если ответы на

вопросы билета даны студентом верно, но не в полном объеме. Требуется задавать наводящие вопросы.

Оценка «не зачтено» выставляется, если ответы студента на вопросы билета даны с грубыми ошибками, наводящие вопросы с трудом помогают студенту сформулировать правильный ответ или отсутствию знаний у студента по вопросам билета

#### **4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)**

Теоретические вопросы:

1. Нормальная артиллерийская атмосфера (РООПК-1.1, РООПК-1.2).

Ответ должен содержать определение понятия атмосфера, какие характеристики входят понятие нормальная атмосфера, указать значения.

2. Классификация составляющих сил и моментов аэродинамических коэффициентов (РООПК-1.1, РООПК-1.2).

Ответ должен содержать определение составляющих сил и моментов, написание формул определения этих параметров.

3. Влияние движения около центра масс на движение центра масс (РООПК-1.1, РООПК-1.2).

Ответ должен содержать определение параметров центра масс, закон движения центра масс, уравнения движения около центра масс.

4. Методики нахождения коэффициента силы лобового сопротивления (РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2)

Ответ должен содержать название методик нахождения коэффициента лобового сопротивления, описание сути методик, основные уравнения нахождения коэффициента силы лобового сопротивления.

5. Определение аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента (РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2)

Ответ должен содержать формулы для определения коэффициента опрокидывающего момента с указанием методики и влияния этого параметра на движение тела по траектории полета.

6. Методы определения величины деривационного отклонения (РООПК-2.1, РООПК-2.2, РООПК-5.1, РООПК-5.2)

Ответ должен содержать классификацию методов определения величины деривационного отклонения с указанием формул и влияния параметров аэродинамических характеристик на деривационное отклонение.

Критерии оценивания: ответы считаются засчитанными, если даны с подробным объяснением или если ответы даны студентом верно, но не в полном объеме. Дисциплина считается пройденной и изученной, если даны 5 правильных ответов (из 6 вопросов).

#### **Информация о разработчиках**

Савкина Надежда Валерьевна, кандидат физико-математических наук, доцент, НИ Томский государственный университет, Физико-технический факультет, кафедра динамики полета, доцент