

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор
 по учебно-методической работе



А.А.Панфилов

« 14 » 01 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ
 (наименование дисциплины)

Направление подготовки: 28.03.02 Наноинженерия

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
2	7 / 252	18	36	-	198	Зачет с оценкой
Итого	7 / 252	18	36	-	198	Зачет с оценкой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Теория упругости и пластичности» направлено на достижение следующих целей ОПОП 28.03.02 «Наноинженерия»:

Код цели	Формулировка цели
Ц2	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской и проектно-технологической деятельности</i> , включающей в себя участие в составе коллектива исполнителей в проведении расчетных и проектных работ при разработке процессов нанотехнологий
Ц4	Подготовка выпускников к эффективному использованию и <i>интеграции знаний в области фундаментальных наук</i> для решения исследовательских и прикладных задач применительно к профессиональной деятельности.

Целями освоения дисциплины **теория упругости и пластичности** является: оказание помощи студентам в выработке понимания основополагающих принципов механики и ее аппарата, необходимых для постановки задач статики и их решения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория упругости и пластичности» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.1).

Для успешного изучения дисциплины «Теория упругости и пластичности» студенты должны быть знакомы с основными положениями курсов «Высшая математика» и «Основы математического моделирования», а также курсов теоретической механики и сопротивления материалов.

При изучении дисциплины «Высшая математика» студенты должны хорошо усвоить её разделы: алгебра, дифференциальные уравнения, функциональный анализ и интегральные уравнения, уравнения с частными производными, численные методы. Это необходимо для дальнейшего понимания подходов и методов вычисления показателей напряженно-деформированного состояния принятых в механике сплошных сред.

Материал дисциплины «Моделирование процессов в машиностроении» совместно с высшей математикой является базой для успешной разработки алгоритмов решения задач вычисления напряжений, деформаций и скоростей деформаций в деформируемых телах, а также реализации их в виде программ для ЭВМ.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

После изучения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и опыт, соответствующие результатам ОПОП направления 28.03.02:

Р2, Р5, Р7 (расшифровка результатов обучения приводится в ОПОП направления 28.03.02).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты обучения, согласующиеся с формируемым компетенциям ОПОП:

- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования (ОПК-1);

знать: основные законы естественнонаучных дисциплин.

уметь: использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.

владеть: навыками применения методов математического анализа и экспериментального исследования.

- способностью в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий (включая электронные, механические, оптические) (ПК-6).

знать: методы проведения расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий.

уметь: в составе коллектива исполнителей участвовать в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий.

владеть: навыками участия в проведении расчетных работ (по существующим методикам) при проектировании нанообъектов и формируемых на их основе изделий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2 семестр: общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Особенности статически неопределимых систем.	2	1	1	2			11		1,5/50%	Рейтинг-контроль №1
2	Диаграммы растяжения и напряжений.	2	2	1	2			11		1,5/50%	
3	Теория напряжений	2	3	1	2			11		1,5/50%	
4	Теория деформаций.	4	4	1	2			11		1,5/50%	
5	Предельное состояние материала в локальной области	2	5	1	2			11		1,5/50%	
6	Физические уравнения механики твердого деформируемого тела	2	6	1	2			11		1,5/50%	Рейтинг-контроль №2
7	Основные уравнения теории упругости.	2	7	1	2			11		1,5/50%	
8	Плоская задача теории упругости.	2	8	1	2			11		1,5/50%	
9	Термодинамические основы теории упругости.	2	9	1	2			11		1,5/50%	
10	Деформационная теория пластичности.	2	10	1	2			11		1,5/50%	
11	Простейшие модели упруго-пластического материала. Кривая текучести.	4	11	1	2			11		1,5/50%	Рейтинг-контроль №3
12	Теория пластического течения.	2	12	1	2			11		1,5/50%	
13	Поле скоростей.	2	13	1	2			11		1,5/50%	
14	Тензор скорости деформаций.	2	14	1	2			11		1,5/50%	

15	Мощность пластической деформации.	2	15	1	2			11		1,5/50%	
16	Билинейные вязкоупругие модели.	2	16	1	2			11		1,5/50%	
17	Ползучесть	2	17	1	2			11		1,5/50%	
18	Модели повреждаемости при ползучести	2	18	1	2			11		1,5/50%	
Всего				18	36			198		27/50%	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ориентация на тактические образовательные технологии, являющиеся конкретным способом достижения целей образования в рамках намеченной стратегической технологии.

При чтении лекций используется метод проблемного изложения с использованием интерактивной формы проведения занятия.

При проведении лабораторных работ используются поисковый и исследовательские методы

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Вопросы к рейтинг-контролю №1

1. Что называется напряжениями?
2. Какие виды напряжений различают и как они направлены по отношению к площадке, выделенной в точке тела?
3. Какие напряжения σ и τ принимаются за положительные?
4. В чем состоит закон парности касательных напряжений?
5. Что представляет собой тензор напряжений?
6. Какие составляющие напряжения характеризуют напряженное состояние в точке тела?
7. Как определяются составляющие p_x , p_y , p_z полного напряжения p_v , действующего на наклонной площадке с направляющими косинусами l , m , n ?
8. Какой вид имеет кубическое уравнение для определения главных напряжений?
9. Может ли кубическое уравнение для определения главных напряжений наряду с действительными иметь и мнимые корни?
10. Что представляют собой коэффициенты кубического уравнения для определения главных напряжений?
11. Каким напряженным состояниям соответствуют условия равенства нулю третьего инварианта ($I_3 = 0$), третьего и второго $I_3 = I_2 = 0$?
12. Как определяется нормальное напряжение на произвольной площадке sv через главные напряжения σ_1 , σ_2 , σ_3 ?
13. Как определяется касательное напряжение на произвольной площадке tv через главные напряжения σ_1 , σ_2 , σ_3 ?
14. Как определяются величины максимальных касательных напряжений и направление соответствующих площадок?
15. Выведите дифференциальные уравнения равновесия элемента упругого тела (уравнения Навье – Коши).
16. Выведите уравнения равновесия на поверхности тела.
17. Как записываются компоненты линейных и угловых деформаций (уравнения Коши)?
18. Как записывается тензор деформаций T_d ?
19. Как вычисляется деформация ϵ в направлении, определяемом косинусами l , m , n через известные деформации ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z , γ_{xy} , γ_{yx} , γ_{yz} ?
20. Как определяются главные деформации?
21. Каков физический смысл условий совместности деформаций Сен-Венана?
22. На какие две группы можно разбить шесть уравнений совместности деформаций?

Вопросы к рейтинг-контролю №2

1. Какие тела называются изотропными и какие анизотропными?
2. Какое количество упругих постоянных имеется в уравнениях закона Гука для анизо-

тропного тела в самом общем виде?

3. Какие тела называют ортотропными?
4. Напишите уравнения закона Гука для ортотропного тела.
5. Напишите уравнения обобщенного закона Гука для изотропного тела.
6. Как записываются уравнения обобщенного закона Гука в форме Ляме?
7. Как выражаются упругие постоянные Ляме G , λ через модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ ?
8. Как выражается потенциальная энергия деформации упругого тела через напряжения?
9. Как выражается потенциальная энергия деформации упругого тела через деформации?
10. Как записываются формулы Кастильяно?
11. Какие зависимости устанавливают формулы Грина?
12. Сформулируйте принцип взаимности работ (теорему Бетти).
13. Как формулируется начало возможных перемещений Лагранжа применительно к упругим телам?
14. Как формулируется начало виртуальных изменений напряженного состояния (принцип Кастильяно)?
15. Как формулируется начало наименьшей работы?
16. Как можно использовать начало наименьшей работы для определения реакций «лишних связей» в статически неопределимых системах?

Вопросы к рейтинг-контролю №3

1. Каков характер зависимости $\sigma - \epsilon$ при разгрузке материала?
2. Что называется условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$?
3. Что называется наклепом материала?
4. Что называется эффектом Баушингера?
5. Какими упрощенными диаграммами $\sigma - \epsilon$ можно аппроксимировать действительную диаграмму $\sigma - \epsilon$ материала?
6. Как выглядят диаграммы $\sigma - \epsilon$ без упрочнения и с упрочнением?
7. Какие задачи решает теория пластичности?
8. Чему равен коэффициент Пуассона в пластической зоне деформаций?
9. Что понимается под шаровым тензором напряжений?
10. Как записывается девиатор напряжений?
11. Как определяется величина интенсивности напряжений s_i ?
12. Как определяется величина интенсивности касательных напряжений t_i ? В каком соотношении находятся s_i и t_i ?
13. Как интерпретируется интенсивность напряжений s_i ?
14. Как представить тензор деформаций через шаровой тензор деформаций и девиатор деформаций?
15. Запишите выражения для шарового тензора деформаций и девиатора деформаций.
16. Как записываются выражения для первого и второго инвариантов девиатора деформаций?
17. Как определяется величина интенсивности деформаций ϵ_i ? Какова связь между величиной интенсивности деформаций ϵ_i и октаэдрическим сдвигом $\gamma_{окт}$?
18. Напишите зависимость между интенсивностью напряжений s_i и интенсивностью деформаций ϵ_i в упругой области.
19. Как записывается критерий пластичности Треска – Сен-Венана?
20. Как записывается критерий пластичности Губера – Мизеса?
21. Какие три гипотезы лежат в основе теории малых упругопластических деформаций?
22. Что называют простым нагружением?
23. Как формулируется теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении?
24. Какое нагружение тела называется сложным?
25. Какая деформация называется активной и какая пассивной?
26. Как записывается зависимость σ_i от ϵ_i для тела с линейным упрочнением в пластиче-

ской области?

27. Какой вид имеет зависимость компонент пластических деформаций от компонент напряжения?

28. Какие группы уравнений необходимы для решения задач теории пластичности?

Вопросы к зачету с оценкой

1. Что называется напряжениями?

2. Какие виды напряжений различают и как они направлены по отношению к площадке, выделенной в точке тела?

3. Какие напряжения σ и τ принимаются за положительные?

4. В чем состоит закон парности касательных напряжений?

5. Что представляет собой тензор напряжений?

6. Какие составляющие напряжения характеризуют напряженное состояние в точке тела?

7. Как определяются составляющие p_x , p_y , p_z полного напряжения p_v , действующего на наклонной площадке с направляющими косинусами l , m , n ?

8. Какой вид имеет кубическое уравнение для определения главных напряжений?

9. Может ли кубическое уравнение для определения главных напряжений наряду с действительными иметь и мнимые корни?

10. Что представляют собой коэффициенты кубического уравнения для определения главных напряжений?

11. Каким напряженным состояниям соответствуют условия равенства нулю третьего инварианта ($I_3s = 0$), третьего и второго $I_3s = I_2s = 0$?

12. Как определяется нормальное напряжение на произвольной площадке s_v через главные напряжения σ_1 , σ_2 , σ_3 ?

13. Как определяется касательное напряжение на произвольной площадке t_v через главные напряжения σ_1 , σ_2 , σ_3 ?

14. Как определяются величины максимальных касательных напряжений и направление соответствующих площадок?

15. Выведите дифференциальные уравнения равновесия элемента упругого тела (уравнения Навье – Коши).

16. Выведите уравнения равновесия на поверхности тела.

17. Как записываются компоненты линейных и угловых деформаций (уравнения Коши)?

18. Как записывается тензор деформаций T_d ?

19. Как вычисляется деформация ϵ в направлении, определяемом косинусами l , m , n через известные деформации ϵ_x , ϵ_y , ϵ_z , γ_{xy} , γ_{yx} , γ_{yz} ?

20. Как определяются главные деформации?

21. Каков физический смысл условий совместности деформаций Сен-Венана?

22. На какие две группы можно разбить шесть уравнений совместности деформаций?

23. Какие тела называются изотропными и какие анизотропными?

24. Какое количество упругих постоянных имеется в уравнениях закона Гука для анизотропного тела в самом общем виде?

25. Какие тела называют ортотропными?

26. Напишите уравнения закона Гука для ортотропного тела.

27. Напишите уравнения обобщенного закона Гука для изотропного тела.

28. Как записываются уравнения обобщенного закона Гука в форме Ляме?

29. Как выражаются упругие постоянные Ляме G , λ через модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ ?

30. Как выражается потенциальная энергия деформации упругого тела через напряжения?

31. Как выражается потенциальная энергия деформации упругого тела через деформации?

32. Как записываются формулы Кастильяно?

33. Какие зависимости устанавливают формулы Грина?

34. Сформулируйте принцип взаимности работ (теорему Бетти).

35. Как формулируется начало возможных перемещений Лагранжа применительно к

упругим телам?

36. Как формулируется начало виртуальных изменений напряженного состояния (принцип Кастильяно)?
37. Как формулируется начало наименьшей работы?
38. Как можно использовать начало наименьшей работы для определения реакций «лишних связей» в статически неопределимых системах?
39. Каков характер зависимости $\sigma - \epsilon$ при разгрузке материала?
40. Что называется условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$?
41. Что называется наклепом материала?
42. Что называется эффектом Баушингера?
43. Какими упрощенными диаграммами $\sigma - \epsilon$ можно аппроксимировать действительную диаграмму $\sigma - \epsilon$ материала?
44. Как выглядят диаграммы $\sigma - \epsilon$ без упрочнения и с упрочнением?
45. Какие задачи решает теория пластичности?
46. Чему равен коэффициент Пуассона в пластической зоне деформаций?
47. Что понимается под шаровым тензором напряжений?
48. Как записывается девиатор напряжений?
49. Как определяется величина интенсивности напряжений s_i ?
50. Как определяется величина интенсивности касательных напряжений t_i ? В каком соотношении находятся s_i и t_i ?
51. Как интерпретируется интенсивность напряжений s_i ?
52. Как представить тензор деформаций через шаровой тензор деформаций и девиатор деформаций?
53. Запишите выражения для шарового тензора деформаций и девиатора деформаций.
54. Как записываются выражения для первого и второго инвариантов девиатора деформаций?
55. Как определяется величина интенсивности деформаций e_i ? Какова связь между величиной интенсивности деформаций e_i и октаэдрическим сдвигом $\gamma_{окт}$?
56. Напишите зависимость между интенсивностью напряжений s_i и интенсивностью деформаций e_i в упругой области.
57. Как записывается критерий пластичности Треска – Сен-Венана?
58. Как записывается критерий пластичности Губера – Мизеса?
59. Какие три гипотезы лежат в основе теории малых упругопластических деформаций?
60. Что называют простым нагружением?
61. Как формулируется теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении?
62. Какое нагружение тела называется сложным?
63. Какая деформация называется активной и какая пассивной?
64. Как записывается зависимость σ_i от e_i для тела с линейным упрочнением в пластической области?
65. Какой вид имеет зависимость компонент пластических деформаций от компонент напряжения?

Самостоятельная работа студентов

Вопросы для самостоятельной работы:

1. Кривая зависимости между напряжением и деформацией.
2. Влияние гидростатического давления на механические свойства материалов.
3. Влияние скорости деформации. Влияние температуры.
4. Критерий текучести. Поверхность и кривая текучести. Поверхность нагружения.
5. Критерий текучести Треска.
6. Критерий текучести Мизеса.
7. Модели упрочнения.
8. Активное нагружение, нейтральное нагружение и разгрузка.
9. Ассоциированный закон течения.

10. Закон течения в сингулярных точках поверхности нагружения.
11. Деформационная теория пластичности.
12. Принцип максимума Мизеса.
13. Постулат устойчивости Друккера.
14. Граничная задача теории течения.
15. Теоремы единственности.
16. Теорема единственности для жесткопластической модели. Полное решение.
17. Минимальные принципы теории течения.
18. Теория предельного равновесия.
19. Теоремы о приспособляемости.
20. Интегралы Генки вдоль линий скольжения.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Теория упругости [Электронный ресурс] / В.В. Новожилов. - 9-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Политехника, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509564.html>.
2. Маковкин Г.А. Применение МКЭ к решению задач механики деформируемого твердого тела. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Маковкин Г.А., Лихачева С.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 71 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16043>.
3. Самогин Ю.Н., Хроматов В.Е., Чирков В.П. Метод конечных элементов в задачах сопротивления материалов [Электронный ресурс] - М.: Физматлит, 2012. - 200 с – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=544799>.

б) дополнительная литература (библиотечная система ВлГУ):

1. Механика процессов пластических сред [Электронный ресурс] / Зубчанинов В.Г. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922112352.html>.
2. "Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие / К.М. Иванов [и др.]; под ред. К.М. Иванова. - СПб.: Политехника, 2011." - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785732509960.html>.
3. "Решение задач теплопроводности методом конечных элементов: метод. указания к решению задач по курсу "Сеточные методы" [Электронный ресурс] / А.В. Котович, И.В. Станкевич; под ред. В.С. Зарубина. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010." - http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0011.html.

в) периодические издания:

1. Журнал «Механика твердого тела»
<http://mtt.ipmnet.ru/ru/>
2. Журнал «Проблемы прочности и пластичности»
<http://ppp.mech.unn.ru/ru>

г) Интернет-ресурсы:

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам
<http://window.edu.ru>

Учебно-методические издания

- 1.Аборкин А.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Теория упругости и пластичности» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 2.Аборкин А.В. Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Теория упругости и пластичности» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 3.Аборкин А.В. Оценочные средства по дисциплине «Теория упругости и пластичности» для студентов направления 28.03.02[Электронный ресурс] / сост. Аборкин А.В.; Влад. гос. ун-т. ТМС - Владимир, 2016. - Доступ из корпоративной сети ВлГУ. - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1) Портал Центр дистанционного обучения ВлГУ [электронный ресурс] / - Режим доступа: <http://cs.cdo.vlsu.ru/>
- 2) Раздел официального сайта ВлГУ, содержащий описание образовательной программы [электронный ресурс] / - Режим доступа: Образовательная программа 28.03.02 «Наноинженерия» <http://op.vlsu.ru/index.php?id=169>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения занятий по дисциплине «Теория упругости и пластичности» кафедры ТМС ВлГУ располагает необходимым материально-техническим обеспечением:

ауд. 235-2, «Лаборатория жизненного цикла продукции», количество студенческих мест – 15, площадь 52 м², оснащение: компьютерный класс с 15 рабочими станциями Athlon 64 3000+ и Core 2 Quad, с выходом в Internet, на которых установлено лицензионное программное обеспечение необходимое для проведения занятий: математические пакеты Mathcad 14, DEFORM 3D, QFORM 3D, мультимедийное оборудование.

Кроме того, для проведения лекционных занятий используются наборы слайдов и кинофильмы, позволяющие студентам:

- приобрести навыки постановки и решения с помощью ЭВМ краевых задач;
- ознакомиться с экспериментальными и теоретическими методами описания процесса пластического течения и теплофизических процессов при обработке.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС
ВО по направлению 28.03.02 «Наноинженерия»

Рабочую программу составил

Азаркин А.В.

(ФИО, подпись)

Рецензент:

(представитель работодателя) ООО «Металл Групп», технический директор

Деев М.А.

(место работы, должность, ФИО, подпись)



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технология машиностроения

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор Морозов В.В.

В.В. Морозов
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 28.03.02 «Наноинженерия»

Протокол № 5/1 от 14.01.2016 года

Председатель комиссии д.т.н., профессор Морозов В.В.

В.В. Морозов
(ФИО, подпись)