

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский национальный исследовательский  
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет nano- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебно-методической работе,  
профессор

Б.Г. Елина

« 05 »

2016 г.



Рабочая программа дисциплины

**Методы моделирования и оптимизации свойств  
нетканых материалов**

Направление подготовки магистратуры  
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль подготовки  
«Материаловедение фармацевтического и медицинского назначения»

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Саратов, 2016 г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» является формирование у студентов комплекса общекультурных и профессиональных знаний и умений в области современных технологий получения нетканых материалов, а также программирования алгоритмов численных методов для моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов.

Задачами освоения дисциплины являются:

- ознакомление с существующими технологиями получения нетканых материалов и формирование умения выбирать оптимальный технологический процесс и оборудование для конкретного биомедицинского применения;
- формирование знаний в области получения нетканых материалов методом электроформования;
- изучение влияния технологических параметров на свойства нетканых материалов;
- владение современными прикладными программами и средствами компьютерной графики для оценки и прогнозирования свойств полимерных растворов и нетканых материалов на их основе.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Обязательная дисциплина «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» относится к вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилю «Материаловедение фармацевтического и медицинского назначения», в течение 3 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по дисциплинам «Моделирование свойств материалов и процессов», «Полимерные материалы и композиты на их основе» и подготавливает студентов к прохождению производственной практики и государственной итоговой аттестации.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» формируются следующие компетенции: ОК-1, ОПК-3, ПК-15, СПК-4, СПК-6, СПК-7:

ОК-1. - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОПК-3. - способность самостоятельно развивать базовые знания теоретических и прикладных наук при моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании материалов и процессов в профессиональной деятельности;

ПК-15. - способность рассчитывать и конструировать технологические оснастки и использованием современных прикладных программ и компьютерной графики, сетевых технологий и баз данных (в части использования современных прикладных программ и компьютерной графики, баз данных);

СПК-4. - способность и готовность к производству нетканых материалов для неинвазивной диагностики и других медицинских целей, включая выбор технологического процесса, необходимого технологического оборудования, и соблюдения международных стандартов ( в части производства нетканых материалов для неинвазивной диагностики и других медицинских целей, включая выбор технологического процесса и необходимого технологического оборудования);

СПК-6. - способностью и готовностью организовывать производство и проводить контроль качества наноструктурированных, в том числе волокнистых, материалов фармацевтического и медицинского назначения (в части готовности организовывать производство волокнистых материалов фармацевтического и медицинского назначения);

СПК-7. - способностью использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств нетканых материалов, предназначенных для терапии ожогов.

В результате освоения дисциплины студент должен

- знать основные виды и свойства наноструктурированных материалов для ожоговой терапии и диагностики; технологии производства нетканых материалов, предназначенных для терапии ожогов; физико-химические процессы, протекающие в наноструктурированных материалах, в том числе волокнистых, фармацевтического и медицинского назначения; методы моделирования свойств нетканых материалов, физических и химических процессов в них и в технологиях их получения; принципы и методы использования современных прикладных программ и компьютерной графики, сетевых технологий и баз данных (в части использования современных прикладных программ и компьютерной графики, баз данных) для расчёта и конструирования технологических оснасток; принципы построения моделей и алгоритмов; методы, принципы и виды задач оптимизации свойств нетканых материалов;
- уметь обрабатывать, анализировать и систематизировать результаты испытаний характеристик нетканых материалов; по результатам анализа выбирать оптимальный набор параметров технологического

процесса для получения нетканых материалов; исследовать физические и химические процессы, протекающие в наноструктурированных материалах, в том числе волокнистых, фармацевтического и медицинского назначения при различных процессах их формирования и обработки пользоваться системами моделей объектов (процессов, материалов); выбирать адекватные объекту (процессу, материалу) модели; использовать принципы оптимизации параметров нетканых материалов, оценивать и прогнозировать свойства нетканых материалов с применением методов моделирования и оптимизации; анализировать, рассчитывать и описывать технологии производства материалов для ожоговой терапии, использовать традиционные и новые технологические процессы, операции, оборудование, нормативные и методические материалы по технологической подготовке производства;

- владеть методами и навыками применения современных прикладных программ и компьютерной графики для оценки и прогнозирования свойств полимерных растворов и нетканых материалов на их основе; навыками использования принципов и методик комплексных исследований наноструктурированных материалов, в том числе волокнистых, фармацевтического и медицинского назначения; способностью абстрактно мыслить, анализировать, синтезировать свойства и характеристики нетканых материалов, а также технологические параметры процесса их получения;

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб.	Пр.	СРС	
1	Введение. Технологии получения нетканых материалов	3	1	-	-	4	20	
2	Краткие сведения из теории численных методов		2,3	-	-	4	10	доклад

3	Математическое моделирование процесса электроформование		4	-	-	4	10	доклад
4	Методы характеристики нетканых материалов		5-7	-	-	4	12	Задание на лабораторную работу, доклад
5	Реология полимерных растворов		8,9	-	-	4	16	Задание на лабораторную работу, доклад
6	Высвобождения биологически активных и лекарственных веществ из полимерных, в том числе волокнистых, матриц		10-13	-	-	4	16	Задание на лабораторную работу, доклад
	<b>Итого:</b>		13	-	-	24	84	<b>Зачет с оценкой</b>

### Содержание дисциплины

#### 1. Введение. Технологии получения нетканых материалов.

Задачи и значение дисциплины «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов». Определение нетканого материала. Знакомство с технологиями получения нетканых материалов. Технологии получения нетканых материалов «снизу-вверх» и «сверху-вниз». Основные области применения нетканых материалов. Сравнительный анализ известных технологий получения нетканых материалов. Методы теоретического и экспериментального исследования технологических процессов Основы метода электроформования. Простейшая установка для осуществления процесса электроформования, основные стадии и технологические параметры, оказывающие влияние на процесс электроформования. Коаксиальный электроспиннинг.

#### 1. Краткие сведения из теории численных методов.

Аппроксимация экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов (МНК). Линеаризация данных.

#### 2. Математическое моделирование процесса электроформования.

Теоретическая модель условий существования устойчивой струи. Моделирование испаряющейся стационарной струи полимерного раствора при электроформовании волокон. Модель неустойчивой струи в электрическом поле.

#### 3. Методы характеристики нетканых материалов

Микроструктура материала, пористость, молекулярная структура волокон.

Оптическая микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Атомно-силовая микроскопия (АСМ). Просвечивающая микроскопия (ПЭМ). Рентгеновская дифракция, дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Основы работы с микрофотографиями: анализ и визуализация.

#### *4. Реология полимерных растворов*

Исследование особенностей движения полимерных жидкостей. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения. Определение реологических характеристик полимерного раствора из экспоненциального уравнения утончения полимерной нити и их влияние на волокнообразующую способность раствора.

#### *5. Высвобождения биологически активных и лекарственных веществ из полимерных, в том числе волокнистых, матриц*

Механизмы диффузии. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Высвобождение лекарственных веществ из полимерных матриц. Уравнение Пеппаса. Построение калибровочных кривых.

### **Примерная тематика практических занятий (семинаров)**

1. Основы работы с цифровыми изображениями: анализ и визуализация
2. Определение среднего диаметра волокна и построение гистограммы распределения диаметров волокон на основании изображений, полученных с помощью сканирующей электронной микроскопии
3. Определение пористости нетканого материала
4. Нахождения контактного угла смачивания поверхности нетканого материала
5. Определение реологических свойств полимерных растворов и их влияние на волокнообразование
6. Анализ высвобождения биологически активных и лекарственных веществ из полимерных матриц

### **5. Образовательные технологии**

При реализации различных видов учебной работы (практические занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Информационно-коммуникационные технологии;
- Проблемное обучение;
- Семинары в диалоговом режиме;
- Интерактивные технологии (не менее 30 процентов от общего числа аудиторных занятий);

- Дискуссии на заданную тему.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области получения нетканых материалов, а также методов моделирования и оптимизации их свойств. Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – объяснение, демонстрация, решение задач, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;
- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине.

При проведении части практических (семинарских) занятий в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой (ноутбуком и проектором), излагаются и анализируются рефераты.

При проведении части практических (семинарских) занятий в форме учебной дискуссии по методу «круглого стола» проводится детальный анализ вопросов, касающихся тех или иных методов, применяемых при моделировании и оптимизации свойств нетканых материалов в соответствии с приведенным ниже списком тем (по выбору преподавателя).

#### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов в объеме 84 часа по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» проводится в течение всего периода изучения дисциплины и заключается в чтении и изучении литературы, в выполнении заданий преподавателя.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании рефератов) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе или библиотеке.

### Рекомендуется:

- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

- при подготовке к контрольной работе пользоваться конспектами и рекомендованной литературой;

- задания, которые даются преподавателем во время семинаров по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время зачета.

### **Вопросы и задания для самоконтроля при выполнении самостоятельной работы**

1. Дайте определение термину «нетканый материал»
2. Перечислите основные способы получения нетканых материалов
3. Какие из них относятся к технологиям получения наноматериалов «снизу-вверх»? Какие к технологиям «сверху-вниз»?
4. Перечислите основные области применения нетканых материалов. Приведите примеры.
5. Что представляет собой процесс электроформования?
6. Что отличает электроформование от других технологий получения нетканых материалов?
7. Перечислите математические модели. Используемые для процессов электроформования, Укажите их границы использования, преимущества и недостатки
8. Перечислите основные компоненты простейшей установки для осуществления процесса электроформования.
9. Опишите возможные модификации установки для электроформования.
10. Принципы коаксиального электроспиннинга.
11. Перечислите основные стадии процесса электроформования.
12. Какие физические силы влияют на процесс волокнообразования в процессе электроформования?
13. Перечислите основные технологические параметры и характеристики прядильного раствора, позволяющие управлять свойствами волокон и нетканых материалов на их основе.
14. Перечислите задаваемые и зависимые технологические параметры процесса электроформования.
15. Как влияет величина электрического напряжения на диаметр волокон?
16. Как влияет вязкость формовочного раствора на диаметр волокон?
17. Как влияет концентрация полимера на диаметр волокон?
18. Как влияет молекулярная масса полимера на диаметр волокон?
19. Как влияет расход формовочного раствора на диаметр волокон?
20. Какой из параметров наиболее сильно влияет на диаметр волокон?
21. Какие факторы являются определяющим при выборе растворителя для

- приготовления полимерного раствора для производства нетканых материалов методом электроформования?
22. Перечислите основные методы характеристики микроструктуры нетканых материалов.
  23. Какие типы дефектов присущи волокнам, полученным методом ЭФ? Назовите их причины.
  24. Какие требования предъявляются к нетканым материалам, предназначенных для терапии ожогов?
  25. Почему нельзя делать волокна из воды?
  26. Напишите уравнение, описывающее утончение нити разбавленного полимерного раствора с течением времени.
  27. Перечислите основные модели, описывающие высвобождение лекарственных веществ из полимерной матрицы. Напишите их уравнения.

При реализации программы дисциплины «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» студентам предлагается выполнить не менее 1 реферата по теме из предлагаемого списка.

**Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:**

1. Технологии получения полимерных волокон.
2. Электроформование ультратонких полимерных волокон.
3. Коаксиальный электроспиннинг.
4. Электродинамика заряженных струй.
5. Влияние технологических параметров на свойства нетканых материалов.
6. Математическое моделирование процесса электроформования.
7. Реологические свойства полимерных растворов и их влияние на волокнообразование.
8. Применение нетканых материалов в биомедицине и тканевой инженерии.
9. Нетканые материалы на основе хитозана и их применение в биомедицине.
10. Нетканые материалы, чувствительные к внешним воздействиям.
11. Композитные нетканые материалы.
12. Механизмы высвобождения лекарственных средств из полимерных матриц.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Оценочными средствами для аттестации в форме зачета являются контрольные вопросы, приведенные ниже в подразделе «Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в форме зачета».

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины (в форме зачета с оценкой)**

1. Нетканые материалы, их свойства и применение.
2. Технологии получения нетканых материалов.
3. Процесс электроформования.
4. Возможности модификации установки для осуществления процесса электроформования. Коаксиальный электроспиннинг.
5. Условия существования стационарной первичной струи.
6. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения. Экспоненциальный закон утончения полимерной нити. Влияние реологических характеристик полимерного раствора на волокнообразующую способность.
7. Механизмы высвобождения лекарственных средств из полимерных матриц.
8. Методы характеристики нетканых материалов.
9. Влияние технологических параметров на свойства нетканых материалов.
10. Математическое моделирование процесса электроформования.
11. Применение нетканых материалов, полученных методом электроформования, для тканевой инженерии и терапии ожогов.

**7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	0	30	0	30	0	0	40	100

*Программа оценивания учебной деятельности студента*

3 семестр

***Лекции***

Не предусмотрены.

***Лабораторные занятия***

Выполнение лабораторных работ:

1. Лабораторная работа №1 – от 0 до 5 баллов;
2. Лабораторная работа №2 – от 0 до 5 баллов;
3. Лабораторная работа №3 – от 0 до 5 баллов;

4. Лабораторная работа №4 – от 0 до 5 баллов;
5. Лабораторная работа №5 – от 0 до 5 баллов;
6. Лабораторная работа №6 – от 0 до 5 баллов;

***Практические занятия***

Не предусмотрены.

***Самостоятельная работа - 0 до 30 баллов***

Подготовка рефератов от 0 до 20 баллов.

***Автоматизированное тестирование***

Не предусмотрено.

***Другие виды учебной деятельности:***

Не предусмотрено.

***Промежуточная аттестация (зачёт с оценкой)***

Промежуточная аттестация проводится в форме устного собеседования.

***31-40 баллов*** - ответ на «отлично»

***21-30 баллов*** - ответ на «хорошо»

***11-20 баллов*** - ответ на «удовлетворительно»

***0-10 баллов*** - ответ на «не удовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за один семестр по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» в оценку осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине в оценку.

90 баллов и более	«отлично» / зачтено
70 - 89 баллов	«хорошо» / зачтено
51 – 69 баллов	«удовлетворительно» / зачтено
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно» / незачтено

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводятся до их сведения 2 раза за семестр: в конце 6 и 13 недель обучения.

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачёта на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / Аверченков В. И. ✓  
Брянск : БГТУ, 2012. 271 с. ISBN 5898381260 : Б. ц. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks.

### б) дополнительная литература:

1. Л. И. Турчак, П. В. Плотников. Основы численных методов [Текст] : учеб. пособие для вузов / - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, ✓  
2005. - 300, [4] с. : ил. - Библиогр.: с. 290-292(66 назв.). - Предм. указ.: с. 293-300. - ISBN 5-9221-0153-6 (в пер.)
2. Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. Численные методы [Текст] ✓  
: учебное пособие / Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - 7-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 636, [4] с. : ил. - (Классический университетский учебник). - Библиогр.: с. 624-628 (80 назв.). - Предм. указ.: с. 629-632. - ISBN 978-5-9963-0449-3 (в пер.)
3. А. Б. Шиповская, В. И. Кленин, Ю. К. Сударушкин. Реология полимерных систем [Текст] : учеб. пособие для студентов и аспирантов хим. фак. Саратов. гос. ун-та / Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. - 2-е изд., перераб. и доп. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2004. - 65, [3] с. : ил., табл. - Библиогр.: с. 66 (6 назв.). - ISBN 5-292-02336-1 ✓
4. Реология: концепции, методы, приложения [Текст] = Rheologi: conceptions, ✓  
methods, applications : авториз. пер. с англ. яз. / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. - Санкт-Петербург : Профессия, 2010. - 557, [3] с. : ил. - Алф.-Предм. указ.: с. 551-557. - ISBN 978-5-93913-139-1 (в пер.)

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP, Vista, 7 или 8
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>
5. Курс по Matlab на образовательном интернет-портале Coursera.org . – Режим доступа: <https://www.coursera.org/course/matlab>
6. Моделирование испаряющейся стационарной струи полимерного раствора при электроформовании волокон / Ю. Е. Сальковский — Вестник ЧГПУ им. И.Я.Яковлева. Механика предельного состояния, № 2,2008. – с.145-153. <http://vestnik.chgpu.edu.ru/predel/5/salkovsky.pdf>

7. Живая нитка/ А. В. Базилевский, В. М. Ентов, А. Н. Рожков — Соросовский Образовательный Журнал, № 8, 2001. — с.115-121. [http://window.edu.ru/resource/713/20713/files/0108\\_115.pdf](http://window.edu.ru/resource/713/20713/files/0108_115.pdf)
8. Электроформование функциональных материалов для биомедицины и тканевой инженерии/ О. А. Иноземцева, Ю. Е Сальковский, А. Н. Северюхина, И. В. Видяшева, Н. В. Петрова, Х. А. Метвалли, И. Ю. Стецюра и Д. А. Горин — Успехи химии, т. 84(№ 3), 2015 – 251-274. [http://www.uspkhim.ru/php/paper\\_rus.phtml?journal\\_id=rc&paper\\_id=4435](http://www.uspkhim.ru/php/paper_rus.phtml?journal_id=rc&paper_id=4435)

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации свойств нетканых материалов» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками.

Для проведения лабораторных работ необходимы компьютеры с установленным на них пакетом прикладных программ MATLAB (версия MATLAB 2008a и выше), а также программой ImageJ (версия ImageJ1 или ImageJ2). Минимальные системные и программные требования:

- Windows XP, Vista, 7 или 8;
- Процессор: Intel Pentium 4, Intel Celeron, Intel Xeon, Intel Core, Intel Atom, AMD Athlon 64, AMD Opteron, AMD Sempron;
- Оперативная память не менее 1024 Мб;
- Место на жестком диске не менее 680 Мб;
- Java 6 и выше;

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» с учетом профиля «Материаловедение фармацевтического и медицинского назначения».

Программа одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от 31 марта 2015 г., протокол № 6.

Программа актуализирована в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 28 августа 2015 г. № 907, и профилем подготовки «Материаловедение фармацевтического и медицинского назначения»

Актуализация программы одобрена на заседании кафедры материаловедения, технологии и управления качеством от 08 декабря 2015 г., протокол № 3.

Авторы:

М.н.с. лаборатории "Дистанционно управляемых систем для тераностики" образовательно-научного института наноструктур и биосистем СГУ

*АНЛ*

А.Н. Северюхина

Зав. кафедрой материаловедения, технологии и управления качеством, профессор

« *14* » *сентября* \_\_\_\_\_ 2016 г.

*[Signature]* С.Б. Вениг

Декан факультета нано- и биомедицинских технологий, профессор

« *14* » *сентября* \_\_\_\_\_ 2016 г.

*[Signature]* С.Б. Вениг