

Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технологии и оборудование химических, нефтегазовых
и пищевых производств»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

М.1.2.1 «Структура и свойства композитов»

направления подготовки

18.04.01 Химическая технология

Профиль «Химическая технология композиционных материалов и
покрытий»

Формы обучения: очная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 4 з.е.

в академических часах: 144 ак.ч.

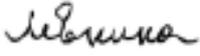
Рабочая программа по дисциплине М.1.2.1 «Структура и свойства композитов» направления подготовки 18.04.01 «Химическая технология» профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.05.01 «Химическая технология», утвержденным приказом Минобрнауки России приказ № 910 от 7 августа 2020 года.

Рабочая программа:

обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» от «06» июня 2024 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой ТОХП  /Левкина Н.Л./

одобрена на заседании УМКН от «14» июня 2023 г., протокол №5.

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л.//

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

- формирование научных представлений о взаимосвязи структуры и свойств композитов;
- овладение знаниями о влиянии технологии формования изделий на структуру материалов.

Задачи изучения дисциплины:

- изучение взаимосвязи между структурой разных уровней и свойствами композитов;
- изучение методов для исследования структуры и свойств композитов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина М.1.2.1 «Структура и свойства композитов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-2 - Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования.	ИД-1ПК-2 Способен проводить обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследования по изучению структуры и свойств композитов	Знать: основные методы изучения структуры и свойств аморфной и кристаллической фаз композитов; Уметь: проводить анализ научно-технической информации, обработку экспериментальных данных по исследованию структуры и эксплуатационных свойств композитов; Владеть: основными методами определения физико-механических, физико-химических и других показателей разрабатываемых материалов, а также приемами регулирования структуры и свойств композитов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

очная форма обучения

Вид учебной деятельности	ак. часов	
	Всего	по семестрам
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	48	48
• занятия лекционного типа,	16	16
• занятия семинарского типа:		
практические занятия	16	16
лабораторные занятия	32	32
в том числе занятия в форме практической подготовки		
2. Самостоятельная работа студентов, всего	80	80
– курсовая работа (проект) (отсутствует – / при наличии +)	+	+
– расчетно-графическая работа (отсутствует – / при наличии +)	-	-
3. Промежуточная аттестация: экзамен, зачет с оценкой, зачет	экзамен	экзамен
Объем дисциплины в зачетных единицах	4	4
Объем дисциплины в акад. часах	144	144

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Структура и свойства природных и синтетических полимеров.

Конформация и конфигурация макроцепей. Факторы, определяющие конфигурацию. Структура и свойства аморфных и сетчатых полимеров, термодинамика их деформации в различных условиях. Структура и свойства кристаллической фазы полимеров.

Тема 2. Структура и свойства дисперснонаполненных композитов

Виды дисперсных наполнителей и связующие для создания композитов. Влияние дисперсных наполнителей на формирование структуры композитов.

Тема 3. Структура и свойства волокнонаполненных композитов.

Виды волокнистых наполнителей и связующие для создания композитов. Влияние волокнистых наполнителей на формирование структуры композитов.

Тема 4. Методы изучения структуры и свойств композитов

Спектральный анализ полимеров. Рентгенографические методы исследования полимеров. Термический анализ полимеров. Хроматографические методы анализа. Электронномикроскопические исследования полимеров.

5.2. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах)			Код индикатора достижения компетенции
		занятия лекционного типа	занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки	самостоятельная работа	
1.	Структура и свойства природных и синтетических связующих для композитов	4	4	20	ИД-1 _{ОПК-1} ИД-1 _{ОПК-2}
2.	Структура и свойства дисперснонаполненных композитов	4	8	20	ИД-1 _{ОПК-1} ИД-1 _{ОПК-2}
3.	Структура и свойства волокнонаполненных композитов	2	8	20	ИД-1 _{ОПК-1} ИД-1 _{ОПК-2}
4.	Методы изучения структуры и свойств композитов	6	28	20	ИД-1 _{ОПК-1} ИД-1 _{ОПК-2}
Итого		16	48	80	

5.2. Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены

5.3. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование лабораторной работы	Объем дисциплины в акад. часах		
			очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
1	Структура и свойства природных и синтетических связующих для композитов	Определение молекулярно-массовых характеристик полимеров методом эбуллиоскопии	4		
2	Методы изучения структуры и свойств композитов	Анализ кривых ТГ и ДТА термо- и реактопластов	10		
		Изучение физико-механических и физико-химических свойств композитов	18		
	Итого		32	-	-

5.4. Задания для самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Объем дисциплины в акад. часах		
			очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
1.	Структура и свойства природных и синтетических связующих для композитов	Оценка степени кристалличности различными методами. Определение размера кристаллитов.	20		
2.	Структура и свойства дисперснонаполненных композитов	Влияние наполнителей на структуру композитов. Влияние нанонаполнителей на свойства композитов	20		
3.	Структура и свойства волоконнаполненных композитов	Влияние степени ориентации волокон, натяжения и энергетических воздействий на структуру и свойства композитов.	20		
4.	Методы изучения структуры и свойств композитов	Анализ физических и химических превращений методом термогравиметрического	20		

		<p>анализа. Оценка степени отверждения методом дифференциально-термического анализа. Определение кинетики отверждения олигомеров методом дифференциально-сканирующей. Определение теплоты полимеризации методом дифференциально-сканирующей. Определение степени кристалличности методом дифференциально-сканирующей. Оценка температур плавления и степени кристалличности полимеров.</p>			
	Итого		80		

6. Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа не предусмотрена

7. Курсовая работа

Курсовая работа не предусмотрена

8. Курсовой проект

Курсовой проект не предусмотрен

9. Контрольная работа

Контрольная работа не предусмотрена.

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

Оценивание результатов обучения по дисциплине и уровня сформированности компетенций (части компетенции) осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в соответствии с Фондом оценочных средств.

Уровни освоения компетенции

Уровень освоения компетенции	Критерии оценивания
Продвинутый (отлично)	<p>Знает: основные методы изучения структуры и свойств аморфной и кристаллической фаз композитов;</p> <p>Умеет: проводить анализ научно-технической информации, обработку экспериментальных данных по исследованию структуры и эксплуатационных свойств композитов;</p> <p>Владеет: основными методами определения физико-механических, физико-химических и других показателей разрабатываемых материалов, а также приёмами регулирования структуры и свойств композитов.</p>
Повышенный (хорошо)	<p>Знает: в достаточной степени знает основные методы изучения структуры и свойств аморфной и кристаллической фаз композитов;</p> <p>Умеет: в достаточной степени может проводить анализ научно-технической информации, обработку экспериментальных данных по исследованию структуры и эксплуатационных свойств композитов;</p> <p>Владеет: в достаточной степени может определять физико-механические, физико-химические и другие показатели разрабатываемых материалов, а также приёмами регулирования структуры и свойств композитов.</p>
Пороговый (базовый) (удовлетворительно)	<p>Знает: частично основные методы изучения структуры и свойств аморфной и кристаллической фаз композитов;</p> <p>Умеет: на минимально приемлемом уровне может проводить анализ научно-технической информации, обработку экспериментальных данных по исследованию структуры и эксплуатационных свойств композитов;</p> <p>Владеет: на минимально приемлемом уровне может определять физико-механические, физико-химические и другие показатели разрабатываемых материалов, а также приёмами регулирования структуры и свойств композитов.</p>

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины, проводится промежуточная аттестация в виде экзамена.

Процедура оценивания знаний, умений, навыков по дисциплине «Структура и свойства композитов» включает учет выполнения лабораторных работ, самостоятельной работы и сдачу экзамена.

Лабораторные работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятия отчета (журнала), включающего тему, цель, ход работы, соответствующие рисунки, и ответа на теоретические вопросы по теме работы. Шкала оценивания - «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за лабораторную работу ставится в случае, если она полностью правильно выполнена, при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если работа выполнена

неправильно, тогда она возвращается на доработку и затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Самостоятельная работа считается успешно выполненной в случае если проработан теоретический материал по каждой теме.

В конце семестра обучающийся письменно отвечает на тестовые задания, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе более чем, на 40% вопросов выставляется «зачтено», в случае меньшего количества правильных ответов ставится «не зачтено».

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении всех отчетов по всем лабораторным работам и защите всех занятий;

- сдачи всех отчетов по всем темам самостоятельной работы и их защите.

Экзамен сдается в устном виде по билетам. На подготовку билета обучающемуся дается 40 минут. «Экзаменационные вопросы».

Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки	Оценка	Критерий выставления оценки
Четырехбалльная шкала	Отлично	Обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, заданиями и другими видами применения знаний, показывает знания законодательного и нормативно-технического материалов, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок
	Хорошо	Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми

		навыками при выполнении практических работ
	Удовлетворительно	Обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения при выполнении практических работ
	Неудовлетворительно	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы

Вопросы к экзамену

1. Основные карбоцепные и гетероцепные полимеры (название и химические формулы, специфические свойства).

2. Агрегатные и физические состояния полимеров. Высокоэластическое и вынужденноэластическое физические состояния полимеров.

3. Структура, свойства и применение целлюлозы и её производных.

4. Структурные типы выпускаемых химической промышленностью синтетических полимеров. Приведите примеры каждого типа полимеров.

5. Понятие цис- и транс- изометрии полимеров, её влияние на свойства. Приведите примеры.

6. Стереорегулярность. Классификация полимеров по типу взаимного расположения боковых групп. Влияние стереорегулярности на свойства полимеров.

7. Основные факторы, влияющие на конфигурацию макромолекул. Дайте примеры влияния этих факторов на физические характеристики полимеров.

8. Кристаллическая и аморфная фаза полимеров. Подвижность макро цепей и кристаллизация. Степень кристалличности. Дайте примеры полимеров, обладающих малой, средней и большой степенью кристалличности.

9. Физическая природа сил внутри- и межмолекулярного взаимодействия в полимерах.

10. Понятие конформации макромолекул. Поворотные изомеры.

11. Приведите примеры зигзагообразных и спиральных макромолекул полимеров. Плотность упаковки макромолекул.

12. На примерах покажите зависимость температуры плавления и плотности синтетических полимеров и сополимеров от их состава и наличия заместителей.

13. Химические реакции, характерные в условиях эксплуатации

изделий из различных синтетических полимеров.

14. Преимущества стереорегулярных полимеров. Механизм стереорегулярной полимеризации.

15. Структура аморфной фазы полимеров.

16. Энтропийная и энергетическая составляющие напряжения при деформации полимеров.

17. Зависимость модуля упругости от концентрации межузловых цепей в сетчатых полимерах. Учет влияния дефектов сеток.

18. Явление вынужденной эластичности. Зависимость предела упругости от условий деформирования образца. Температура хрупкости полимеров.

19. Изменение механических характеристик аморфных полимеров при переходе из стеклообразного в высокоэластическое состояние.

20. Период релаксации макромолекул. Связь между периодом релаксации, динамической вязкости и модулем упругости. На примерах показать зависимость спектра време- релаксации от химической структуры макроцепей.

21. Контроль кинетики отверждения олигомерных смол способом экстракции с анализом растворов золя.

22. Классификация способов контроля отверждения термореактивных смол.

23. Кинетические характеристики отверждения термореактивных смол.

24. Термодинамика деформирования эластомеров в изотермическом и неизотермическом режимах.

25. Структура и свойства термореактивных полимеров, полученных термическим отверждением олигомерных смол.

26. Структура и свойства термореактивных полимеров, полученных отверждением олигомерных смол при помощи различных добавок.

31. Основные виды и размеры надмолекулярных структур кристаллизующихся полимеров. Приведите примеры таких полимеров.

32. Степень кристалличности полимеров, её определение рентгенографическим и спектральным методами, по плотности аморфной и кристаллической фаз.

33. Определение средних размеров кристаллитов в полимерах рентгенографическим методом Дебая.

34. Структура и свойства сферолитов.

35. Современные методы исследования структуры и свойств композитов.

Практические задания для проведения экзамена

Задание 1-5

По данным рентгенофазового анализа рассчитать степень кристалличности композиционного материала. Дифрактограммы выдаются преподавателем.

Задание 6-10

По данным инфракрасной спектроскопии рассчитать степень кристалличности композиционного материала. ИК-спектры выдаются преподавателем.

Задание 11-15.

По данным термогравиметрического анализа определить температуру плавления, деструкции, стадии термоллиза, потери массы при различных температурах композиционного материала на основе термопластичного связующего. Термограммы выдаются преподавателем.

Задание 16-20.

По данным термогравиметрического анализа определить температуру деструкции, стадии термоллиза, потери массы при различных температурах композиционного материала на основе термопластичного связующего. Термограммы выдаются преподавателем.

11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

11.1 Рекомендуемая литература

1. Аскадский, А. А. Структура и свойства полимерных строительных материалов : учебное пособие / Аскадский А. А. - Москва : Издательство МИСИ - МГСУ, 2017. - 203 с. - ISBN 978-5-7264-1741-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726417417.html>

2. Иржак, В. И. Топологическая структура полимеров : монография / В. И. Иржак ; под редакцией Л. Г. Шевчук. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. — 520 с. — ISBN 978-5-7882-1504-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/64024.html>

3. Филимонова, Н. И. Методы электронной спектроскопии : учебное пособие / Н. И. Филимонова, А. А. Величко, Н. Е. Фадеева. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 68 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69546.html>

4. Термический анализ в изучении полимеров : учебное пособие / О. Т. Шипина, В. К. Мингазова, В. А. Петров, А. В. Косточко. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 99 с. — ISBN 978-5-7882-1538-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62010.html>

5. Механические свойства полимерных материалов : учебное пособие / составители В. Н. Александров [и др.]. — Казань : Казанский

национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 79 с. — ISBN 978-5-7882-1098-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/62494.html>

6. Волынский, А. Л. Структурная самоорганизация аморфных полимеров / Волынский А. Л., Бакеев Н. Ф. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 232 с. - ISBN 5-9221-0600-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106007.html>

7. Михайлин, Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. — Санкт-Петербург : Научные основы и технологии, 2009. — 664 с. — ISBN 978-5-91703-011-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13229.html>

8. Варенков, А. Н. Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц. Раздел Физико-химия, технология и свойства композитов системы углерод-алюминий с использованием дисперсноупрочненных и дисперсионно-твердеющих сплавов алюминия. Структурная повреждаемость углеалюминиевых композитов. Часть 1 : учебное пособие / А. Н. Варенков, В. И. Костиков, Н. М. Комарова. - Москва : ИД МИСиС, 1999. - 114 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1245049>

9. Бобович, Б. Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение) : учеб. пособие / Б. Б. Бобович. — Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 400 с. — (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-911-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/497601>

11.2. Периодические издания

10. Журнал «Пластические массы». Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7947>

11. Журнал «Химические волокна». Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9238>

12. Журнал «Химическая промышленность». Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=10600>

13. Журнал «Композитный мир». Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=50520>

11.3 Перечень электронно-образовательных ресурсов

1. Учебно-методические материалы по дисциплине «Оборудование в химической технологии» размещены в ИОС ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=1700>

2. Сайт ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/>

11.4 Электронно-библиотечные системы

1. «ЭБС IPRbooks»,
2. «ЭБС elibrary»
3. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»

11.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://elibrary.ru/defaultx.asp?> Научная электронная библиотека
2. <http://www.iprbookshop.ru/> Электронная библиотечная система IPRbooks
3. <http://lib.sstu.ru/> Научно-техническая библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А
4. <http://www.edu.ru/index.php> «Российское образование» - федеральный портал
5. <http://www.runnet.ru/> Федеральная университетская компьютерная сеть России
6. <http://window.edu.ru/> Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

11.7. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)

Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

12. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

12.1 Перечень информационно-справочных систем

Справочная правовая система «Консультант Плюс»

12.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения

Образовательный процесс по дисциплине обеспечен необходимым

комплексом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости).

Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint).

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде.

13. Материально-техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа

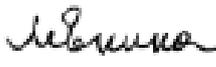
Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 40 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук, подключенный в сеть с выходом в Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 20 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Оборудование

1. ИК-Фурье спектрометр «IRTracer-100» фирмы Shimadzu
2. Анализатор металлов X-MET 7500 (рентгенофлуоресцентный портативный энергодисперсионный спектрометр)
3. Калориметр дифференциальном сканирующий ДСК-Д
4. Термо-гравиметрический анализатор фирмы Паулик-Паулик-Эрдеи
5. Исследовательский автоматизированный комплекс на базе прямого материаловедческого микроскопа Axio Imager.A2m с оптикой от Zeiss отраженного света светлого/темного поля, с общим увеличением 100x, 1000x, с высокоразрешающей видеокамерой, ПК и весовым столом;
6. Универсальная электромеханическая испытательная машина WDW-5E с максимальной нагрузкой 5 кН и климатической установкой для определения механических характеристик образцов из полимерных композиционных материалов.

Рабочую программу составила  / Н.Л.Левкина

14. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры
« ____ » _____ 20 ____ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ / _____ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКС

« ____ » _____ 20 ____ года, протокол № _____

Председатель УМКС _____ / _____ /