

«Утверждаю»

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

\_\_\_\_\_ В.А. Колесников

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010

г.

## УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### «Органофильные нанонаполнители»

**для опережающей профессиональной переподготовки, ориентированных на инвестиционные проекты ГК «РоснаноТех» в области организации конкурентоспособного высокотехнологичного отечественного производства модифицированных слоистых наносиликатов, мастербатчей (прекурсоров нанокompозитов) и полимерных нанокompозиционных материалов нового поколения в регионах РФ**

Разработчики программы:

Антипов Евгений Михайлович, докт. хим. наук, проф., зав. кафедрой;

Герасин Виктор Анатольевич, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник

Москва 2010 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели дисциплины:

- Обеспечить кадровым потенциалом конкурентоспособное, высокотехнологичное, отечественное производство модифицированных слоистых наносиликатов, мастербатчей (прекурсоров нанокompозитов) и полимер-силикатных нанокompозитов (ПСНК) нового поколения (инвестиционный проект ГК «Роснанотех») с целью снижения дефицита квалифицированных специалистов в проектной компании и повышения уровня реализуемости проекта.
- Ознакомить слушателей с основными идеями, методическими приемами, достижениями и перспективами технологии получения органофильных наносиликатов, используемых в качестве нанонаполнителей для легирования синтетических, органических, крупнотоннажно выпускаемых полимеров с неполярными или слабополярными макромолекулами.
- Продемонстрировать принципиально междисциплинарный характер нанотехнологии, определяющий особенности развития минералогии, химии высокомолекулярных соединений, технологии переработки пластмасс, а также специфику научных и технологических исследований в данной области.
- Дать объективную оценку проблем (экологических, социальных, экономических, этических), связанных с развитием конкретно данной нанотехнологии.
- Создать научно-методическую базу, позволяющую слушателям в своей профессиональной деятельности использовать полученные знания.

### Задачи изучения:

- Продемонстрировать универсальность наноразмера для различных структур в органической и неорганической природе, структур естественных и

синтетических. Проанализировать особенности нанообъектов, промежуточных между размерностью атома и макроскопического тела.

- Рассмотреть оригинальные подходы, методы и технологические приемы эффективные при получении органофильных нанонаполнителей и нанокомпозиционных материалов на их основе.
- Продемонстрировать возможности современной технологии производства органомодифицированных слоистых наносиликатов.
- Определить перспективные направления развития нанотехнологии в современной полимерной индустрии.
- Сформировать у слушателей умение проецировать полученные знания в реальных производственных условиях и, прежде всего, нанотехнологические аспекты проблемы, используя при этом межпредметные связи физика-химия-минералогия-информатика.
- Сформировать у слушателей умение работать с Интернетом, а также научной и патентной литературой предметно по данной конкретной нанотехнологии.
- Дать возможность слушателям создать личную коллекцию бумажных и электронных копий лекций, статей, рисунков, фильмов и иных методических материалов по нанотехнологии, необходимых для их будущей профессиональной деятельности.

Цели и задачи дисциплины достигаются с помощью:

- чтения лекций;
- выполнения слушателями лабораторных работ (не менее трех) в рамках спецпрактикума «Современные физические и химические методы исследования полимеров и нанокомпозиционных материалов»;
- самостоятельной работы слушателей;

- выполнения слушателями курсовых работ;
- контроля за качеством усвоения материала (экзамен).

## **2. КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКА ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Знать:**

- Разновидности природных и синтетических слоистых наносиликатов высокой степени дисперсности, их структуру и свойства. Минерально-сырьевые ресурсы наноструктурированных наполнителей в России и странах СНГ, минералого-генетический анализ выбора сырьевых компонентов.
- Физико-химические основы получения «чистых» высокодисперсных нанонаполнителей – слоистых наносиликатов.
- Решение проблемы термодинамически несовместимых нанокomпонентов в системах типа «полимерная матрица – неорганический нанонаполнитель».
- Технологические приемы получения органофильных нанонаполнителей, методы их модификации, оптимизация состава и эксплуатационных свойств.
- Научные принципы получения нанокomпозиционных систем на основе органических полимеров и неорганических органофильных нанонаполнителей.
- Способы приготовления полимерсиликатных нанокomпозитов с применением современных нанотехнологий (смешение в расплаве, в растворе и *in situ* полимеризационное наполнение);

- Критерии «правильного» получения и структура основных типов полимерсиликатных нанокомпозитов (эксфолированных, интеркалированных, смешаннослойных);
- Научные (реологические) основы решения проблем дисагломерации наночастиц наполнителя в полимерной матрице и оптимизации состава нанокомпозитов на основе промышленных полимеров и органофильных нанонаполнителей, требования к ним;
- Нетрадиционные способы получения сверхвысоконаполненных (высококцентрированных) композиционных наносистем (мастербатчей, согласно англоязычной терминологии) – прекурсоров (суперконцентратов) полимерсиликатных нанокомпозитов, являющиеся полуфабрикатами их «упрощенного» производства в промышленном масштабе;
- Основные свойства (механические характеристики, барьерные качества, негорючесть и др.) полимерсиликатных нанокомпозиционных материалов многофункционального назначения на основе как полярных, так и неполярных полимеров широкого спектра применения.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	64
Аудиторные занятия	32
Лекции:	12
Практические занятия (ПЗ)	-
Семинары (С)	-

Лабораторные работы (ЛР)	20
и (или) другие виды аудиторных занятий	-
Самостоятельная работа	32
Курсовой проект (работа)	20
Расчетно-графические работы	-
Реферат	-
и (или) другие виды самостоятельной работы	-
Подготовка к экзамену	12
Вид итогового контроля: (экзамен, зачет)	экзамен

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Часов				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа
1	Разновидности природных и синтетических слоистых наносиликатов, их структура и свойства. Минерально-сырьевые ресурсы наноструктурированных	2	1	-	-	1

	наполнителей в России и странах СНГ.					
2	Физико-химические основы получения «чистых» высокодисперсных нанонаполнителей – слоистых наносиликатов.	2	1	-	-	1
3	Решение проблемы термодинамически несовместимых нанокomпонентов в системах типа «полимерная матрица – неорганический нанонаполнитель».	2	1	-	-	1
4	Технологические приемы получения органофильных нанонаполнителей, методы их модификации, оптимизация состава и эксплуатационных свойств.	4	2	-	-	2
5	Научные принципы получения нанокomпозиционных систем на основе органических полимеров и неорганических органофильных нанонаполнителей.	2	1	-	-	1
6	Способы приготовления полимерсиликатных	2	1	-	-	1

	нанокompозитов с применением современных нанотехнологий.					
7	Критерии «правильного» получения и структура основных типов полимерсиликатных нанокompозитов, как основа производственного процесса.	2	1	-	-	1
8	Научные (реологические) основы решения проблем дисагломерации наночастиц наполнителя в полимерной матрице и оптимизации состава нанокompозитов на основе промышленных полимеров и органofильных нанонаполнителей, требования к ним.	2	1	-	-	1
9	Нетрадиционные способы получения сверхвысоконаполненных композиционных наносистем (мастербатчей) – прекурсоров полимерсиликатных нанокompозитов.	4	2	-	-	2
10	Основные свойства полимерсиликатных	42	1	-	20	21



	<p>нанокomпозиционных материалов многофункционального назначения на основе как полярных, так и неполярных полимеров широкого спектра применения.</p>					
--	--	--	--	--	--	--

#### **4.2. Содержание разделов дисциплины.**

*1. Разновидности природных и синтетических слоистых наносиликатов, их структура и свойства. Минерально-сырьевые ресурсы в России и странах СНГ наноструктурированных наполнителей.*

1.1 Месторождения России и стран СНГ.

1.2 Способы геологоразведки и принципы статистического анализа при отборе проб.

1.3 Классификация глинистых минералов.

1.4 Строение, состав и основные параметры структуры слоистых наносиликатов.

1.5 Методы охарактеризования.

1.6 Аппаратурная база охарактеризования образцов.

1.7 Минералого-генетический анализ выбора сырьевых компонентов.

1.8 Необходимые и достаточные условия эксфолиации и интеркаляции.

*2. Физико-химические основы получения «чистых» высокодисперсных нанонаполнителей – слоистых наносиликатов.*

2.1 Способы очистки, ионного обмена и сушки.

2.2 Сопло Лавалья и гидроциклоны.

2.3 Методы охарактеризования.

2.4 Аппаратурная база охарактеризования образцов.

*3. Решение проблемы термодинамически несовместимых нанокomпонентов в системах типа «полимерная матрица – неорганический нанонаполнитель».*

3.1 Постановка задачи; Наполнители нанокomпозитов полимер-слоистый силикат; Свойства и методы исследования монтмориллонита (ММТ); Модификация поверхности ММТ; Особенности катионного обмена на поверхности ММТ; Свойства модифицированного ММТ.

3.2 Методика определения концентраций модификаторов в водной среде.

3.3 Методика изучения особенностей сорбции и десорбции поверхностно активных веществ (ПАВ) на ММТ.

3.4 Методика модификации ММТ, содержащего ПАВ различного строения.

3.5 Методика приготовления ММТ, содержащего заданное количество ПАВ.

*4. Технологические приемы получения органofильных нанонаполнителей, методы их модификации, оптимизация состава и эксплуатационных свойств.*

4.1 Модифицирование природной глины алкиламмониевыми ПАВ; Влияние числа и длины алифатических цепей на величину межплоскостного расстояния ММТ и структуру адсорбционных слоев; Межплоскостное расстояние в модифицированном ММТ; Теплофизические свойства ММТ; Анализ упаковки молекул алкиламмониевых модификаторов в адсорбционных слоях.

4.2 Влияние количества модификаторов на структуру адсорбционных слоев; Адсорбция алкиламмониевых ПАВ на монтмориллоните; Структура адсорбционных слоев ПАВ в межплоскостном пространстве глины; Анализ упаковки молекул ПАВ в адсорбционных слоях.

4.3. Свойства органофильного ММТ.

5. *Научные принципы получения нанокomпозиционных систем на основе органических полимеров и неорганических органофильных нанонаполнителей.*

5.1 Оптимизация состава нанокomпозита.

5.2. Интеркаляция низкомолекулярных веществ, олигомеров и полимеров (полиэтилена, полипропилена, СКЭПТ).

5.2. Эксфолиация.

6. *Способы приготовления полимерсиликатных нанокomпозитов с применением современных нанотехнологий.*

6.1 Термодинамические принципы смешения в расплаве, растворе или путем *in situ* полимеризационного совмещения.

6.2 Аппаратурное обеспечение технологии смешения. Режимы процессов.

6.3 Производство нанокomпозитов на основе полярных полимеров.

6.4 Специфика получения нанокomпозитов на основе неполярных полимерных матриц.

6.5 Оптимизация и масштабирование процессов.

6.6 Кадровый состав производства. Технологическая документация.

7. *Критерии «правильного» получения и структура основных типов полимерсиликатных нанокomпозитов, как основа производственного процесса.*

7.1 Технологические подходы к процессу переработки полимерсиликатных нанокomпозитов.

7.2 Аппаратурное обеспечение технологии переработки.

7.3 Оптимизация и масштабирование процессов.

7.4 Кадровый состав. Технологическая документация.

7.5 Тест-контроль продукции на выходе. Оценка эксплуатационных свойств.

7.6 Регулирование выходных характеристик наноматериала.

7.7 Приборная база.

7.8 Программа и методики испытаний.

8. *Научные (реологические) основы решения проблем дисагломерации наночастиц наполнителя в полимерной матрице и оптимизации состава нанокомполитов на основе промышленных полимеров и органотильных нанопополнителей, требования к ним.*

8.1 Принципы диспергирования нанопополнителей до введения в полимерные матрицы.

8.2. Принципы диспергирования нанопополнителей в полимерных матрицах.

8.3 Процессы агломерации и дезагломерации в условиях сдвигового течения на модельных объектах.

8.4 Ориентация частиц ММТ в условиях плоскопараллельного сжатия.

8.5 Измерение реологических характеристик нанокомполитов в режимах динамического и непрерывного сдвига.

9. *Нетрадиционные способы получения сверхвысоконаполненных композиционных наносистем (мастербатчей) – прекурсоров полимерсиликатных нанокомполитов.*

9.1 Суперконцентраты или мастербатчи – прекурсоры нанокомполитов: Приготовление наполнителей для мастербатчей последовательной сорбцией ПАВ на глине; Структура наполнителя в мастербатчах; Механические свойства мастербатчей.

9.2 Получение мастербатчей полимеризационным наполнением и смешением в расплаве.

9.3 Способы совмещения нанонаполнителей с полимерными матрицами;  
Методы введения частиц нанонаполнителей в полимерную матрицу;  
Оценка распределения нанонаполнителей в полимерных матрицах.

*10. Основные свойства полимерсиликатных нанокomпозиционных материалов многофункционального назначения на основе как полярных, так и неполярных полимеров широкого спектра применения.*

10.1 Аппаратурное обеспечение.

10.2 Определение основных механических характеристик: модуля упругости, предела текучести, прочности на разрыв, разрывного удлинения.

10.3 Определение барьерных качеств материала.

10.4 Проблема негорючести.

## 5. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1.4; 2.3; 4; 5; 8.4	Рентгеноструктурный анализ нанокomпозитов
2	4.1; 10	Теплофизические свойства нанокomпозитов
3	10	Физико-механические свойства нанокomпозитов

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### 6.1. Примерный перечень тем рефератов.

1. Фундаментальная физико-химическая инженерия получения полимерсиликатных нанонаноконпозитов.
2. Огнестойкие полимерные наногибриды на основе полиэтилена и его сополимерных производных.
3. Негорючие полимерные наногибриды на основе поливинилхлорида.
4. Термостойкие органофильные наноаполнители.
5. Механоактивация наноаполнителей.
6. Сверхвысоконаполненные нанокомпозиты на основе полиэтилена и поливинилхлорида.
7. Компьютерное моделирование химико-технологических процессов получения и переработки наногибридов.
8. Биоцидные, биодеградабельные и биосовместимые полимерные нанокомпозиты.
9. Вторичные полимеры в качестве матричных материалов для полифункциональных нанокомпозитов.
10. Полимерсиликатные нанонаноконпозиты для нужд лакокрасочной отрасли промышленности.
11. ТЕМА ПРОИЗВОЛЬНАЯ.

Уровень освоения содержания программы определяется качеством курсовой работы, являющейся формой итоговой аттестации. Тема курсовой работы определяется после 2-3-го занятия с опытно-пилотной группой. Консультации слушателей по курсовым работам проводятся ежемесячно.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература.

А) Основная литература:

1. Нанотехнологии в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований. Сборник под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисатоса, М., Мир, 2002 г.
2. М. Ратнер, Д. Ратнер, Нанотехнология. Простое объяснение очередной гениальной идеи, М., Издательский дом «Вильямс», 2004 г., 240 стр.
3. Ч. Пул, Ф. Оуэнс, Нанотехнологии (2-е изд.), М., Техносфера, 2005 г., 334 стр.
4. Н. Кобояси, Введение в нанотехнологию, М., БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 г.
5. А.И. Гусев, Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, М., ФИЗМАТЛИТ, 2005 г., 416 стр.
6. М.В. Ковальчук, Нанотехнология – фундамент новой наукоемкой экономики 21 века, журнал «Российские нанотехнологии», т.2, 2007 г., № 1-2, стр.6-11.
7. Антипов Е. М. Полимер на основе глины. // Химия и жизнь. 2009. Октябрь. С. 28-33. 8.
8. Платэ Н.А., Куличихин В.Г., Антипов Е.М. Нанокompозиты с полимерными матрицами. // Белая книга по нанотехнологиям. Россия. Москва. 2009. С. 68.
9. В.А. Герасин, Т.А. Зубова, Ф.Н. Бахов, А.А. Баранников, Н.Д. Меркалова, Ю.М. Королёв, Е.М. Антипов «Структура “полимер/Na<sup>+</sup>-монтмориллонит” нанокompозитов, полученных смешением в расплаве» // Российские нанотехнологии, Т. 2, № 1-2, 2007, С. 90-105.

10. В.Г. Куличихин, Е.М. Антипов, В.Г. Волков, А.Л. Терешин, Ю.А. Лебедев, Н.А. Платэ // «Анизотропная вязкоупругость и структура мезофазных полимерных систем», Жидкие кристаллы и их практическое использование, выпуск № 9, с. 349-369 (2006).
11. Е.М. Антипов, J.W.M. Noordermeer // "О мезоморфизме в полимерах и его механотропной разновидности для ПЭ в бинарных смесях на его основе", Инженерно-физический журнал, т. 78, № 5, с 10 – 18 (2005).

Б) Дополнительная литература:

1. Герасин В.А., Гусева М.А., Ребров А.В., Королев Ю.М., Антипов Е.М. Влияние физико-механических характеристик полимерной матрицы и структуры наполнителя на деформационное поведение нанокомпозитов полимер-монтмориллонит // Высокомолекулярные соединения. А. 2009. Т. 51. №3. С. 454-468.
2. E.A. Sagitova, P. Donfack, K.A. Prokhorov, G.Yu. Nikolaeva, V.A. Gerasin, N.D. Merekalova, A. Materny, E.M. Antipov, P.P. Pashinin. Raman spectroscopic characterization of the interlayer structure of Na<sup>+</sup>-montmorillonite clay modified by ditetradecyl dimethyl ammonium bromide. // Journal of Physical Chemistry. B. 2009. V. 113. №21. P. 7482-7490.
3. А.Х. Маломатов, Г.В. Козлов, Е.М. Антипов, М.А. Микитаев, // «Механизм формирования межфазных слоев в полимерных нанокомпозитах», Перспективные материалы, № 5, с. 54-58 (2006).
4. Е.А. Сагитова, К.А. Прохоров, Г.Ю. Николаева, Д.Н. Козлов, П.П. Пашинин. Е.М. Антипов, В.А. Герасин, М.А. Гусева, А.В. Ребров /"Влияние наполнителя на ориентацию макромолекул ПЭ в нанокомпозитах ПЭ/глина", Краткие сообщения по физике, ФИАН, № 9, с. 3 – 15 (2005).
5. K.A. Prokhorov, E.A. Saguitova, G.Yu. Nikolaeva, D.N. Kozlov, P.P. Pashinin, E.M. Antipov, V.A. Gerasin, F.N. Bakhov, M.A. Guseva // "Characterization of



- the structure of modified clay by Raman spectroscopy”, *Lazer Phys. Lett.*, v. 2, pp. 285-291 (2005).
11. В.А. Герасин, Ф.Н. Бахов, Н.Д. Мерекалова, Ю.М. Королев, Т.Л. Зубова, Е.М. Антипов //”Влияние структуры слоя модификатора на совместимость полимеров с модифицированным монтмориллонитом”, *Инженерно-физический журнал*, т. 78, № 5, с 35 - 40 (2005).
  12. В.А. Герасин, Ф.Н. Бахов, Н.Д. Мерекалова Ю.М. Королев, Н. Fischer, Е.М. Антипов //”Структура формирующихся на Na<sup>+</sup>-монтмориллоните слоев поверхностно активных веществ и совместимость модифицированной глины с полиолефинами”, *Высокомолек. соед. Сер. А*, т. 47, № 9, с. 1635-1651 (2005).
  13. П. Харрис, Углеродные нанотрубы и родственные структуры.
  14. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Сборник под ред. П.П.Мальцева, М., Техносфера, 2005 г
  15. Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника. Мировые достижения за 2005 год. Сборник под ред. П.П.Мальцева, М., Техносфера, 2006 г., 152 стр.
  16. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. Сборник под ред. П.П.Мальцева, М., Техносфера, 2005 г., 592
  16. Р.А.Андриевский, Ф.В.Рагуля, Наноструктурные материалы, М., Изд. центр «Академия», 2005 г., 192 стр.
  17. И.П.Суздаев, Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов, М., КомКнига, серия «Синергетика от прошлого к будущему», 2006 г., 592 стр.
  18. К.Уорден, Новые интеллектуальные материалы и конструкции, М., Техносфера, 2006 г., 224 стр.

19. Л.Фостер, Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности, М., Техносфера, 2008 г., 352 стр.
20. М.Рыбалкина, Нанотехнологии для всех. Большое в малом, Nanotechnology News Network, М., 2005, 434 стр., INTERNET-сайт N
21. Нанотехнология. Азбука для всех, под ред. Ю.Третьякова, М., Физматлит, 2008 г., 368 стр.

INTERNET-сайты: nanonewsnet.ru, nanonewsnet.com (англ.), microbot.ru, С.news, microsystems.ru, nanoenot.pisem.net, nanometer.ru, Журнал ТЗ (Техника Завтра) t3.ru

## **7.2. Средства обеспечения освоения дисциплины.**

- оборудованные аудитории для работы с мультимедийным проектором;
- аудиовизуальные, технические и компьютерные средства обучения: мультимедийный проектор, компьютеры, имеющие выход в ИНТЕРНЕТ;
- наглядные пособия: носители с записями минифильмов, распечатки материалов ИНТЕРНЕТ;
- слушателям предоставляется возможность ознакомиться с современными физико-химическими приборами и установками для получения и исследования наноструктур на базе Научно-исследовательского центра ЗАО «Метаклэй» (Лианозово, г. Москва), а также институтов РАН.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

1. Лабораторное оборудование лаборатории физико-химических исследований ИНХС РАН:
  1. рентгеноструктурный анализ фирмы Rigaku (Япония) повышенной мощности, оснащенный системой регистрации фирмы Bruker (Германия) с 2D-позиционно-чувствительным детектором;

2. дифференциальная сканирующая калориметрия Mettler-4000 (Швейцария);
  3. физико-механические испытания Instron-1121 (Англия).
2. Лабораторное оборудование зарубежного производства Научно-исследовательского центра ЗАО «Метаклэй» (Лианозово, г. Москва).

## 9. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ

Формы и методы контроля и оценки результатов освоения разделов программы:

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
Дисциплина 3.2 (специальная) «Органофильные нанонаполнители», разделы 1-10.	Оценка по 100-балльной шкале	Экзамен

## 10. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

В настоящее время практически нет учебных пособий и учебников по нанотехнологиям со специализацией на химико-технологические университеты.

Программа данного курса является авторской. Ее содержание отражает современные достижения в области полимерных нанотехнологий и мнения ведущих специалистов в этой области о перспективах ее развития, в том числе в методологическом аспекте.

По мнению ряда специалистов нанотехнологии – это не только фундамент новой наукоемкой экономики 21 века, но и путь возврата к единой целостной

картине мира. И то, и другое определяется междисциплинарным характером нанотехнологий, объединяющих идеи и методы физики, химии, биологии, информатики и других наук.

При реализации программы курса на опытно-пилотной группе будет учитываться специфика нужд производства ЗАО «Метаклэй» (г. Карачев, Брянская обл.). При изложении материала используются мини-фильмы, компьютерная графика, рисунки из литературных источников, INTERNET и т.д.

Предлагаемый курс не требует специальной естественнонаучной начальной подготовки. В зависимости от состава (специальности) слушателей сложность и объем излагаемого по программе материала может быть изменен. Предпочтительно создание групп повышения квалификации примерно с одной базовой подготовкой и близкими интересами.

Занятия будут проводить профессора, доценты и преподаватели специальных кафедр РХТУ им. Д.И. Менделеева, а также ведущие специалисты Российской академии наук (ИНХС РАН).