

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению
«Композитные наноматериалы»
на базе учебного курса

«Технологические методы получения изделий из композитов»

Цель: изучение технологий изготовления конструкций из композиционных материалов.

Категория слушателей: преподаватели и научные работники высшей школы

Срок обучения: 33 часа

Форма обучения: с частичным отрывом от работы

Режим занятий: 8 часов в день

Целью данного курса приобретение знаний по технологии изготовления конструкций из композиционных материалов, ознакомление с методами придания формы материалу и обеспечения высоких механических характеристик, оснасткой и оборудованием.

Требования к уровню освоения учебного курса

Преподаватели должны:

- Знать:
 - область применения композиционных материалов (КМ) и их конструктивно-технологические возможности;
 - способы придания геометрии композитам (получение преформ различной конфигурации);
 - способы формования КМ, возможности каждого метода формования для обеспечения необходимых физико-механических характеристик;
 - перспективы повышения физико-механических характеристик композитов с использованием нанотехнологий;
 - типы технологического оборудования для получения преформ и формования изделия;
 - виды и устройство технологической оснастки при производстве композиционных конструкций.
- Иметь навыки:
 - в выборе типа композиционного материала, схемы армирования при проектировании деталей и узлов транспортных средств;
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической информации в области композиционных технологий;
 - системного изложения материала по методам придания геометрии и формования композитных конструкций;
 - включать приобретенные знания в учебный процесс, связанный с инженерной подготовкой специалистов в области транспортного машиностроения.
- Иметь представление:
 - о теоретических основах обеспечения высоких функциональных свойств композитов;

- о научных положениях обеспечения композитам высоких механических характеристик.

Научные работники должны:

- Знать:
 - определение КМ, их разновидности, технологические и конструкционные достоинства и недостатки, область применения в транспортных средствах;
 - методы получения полуфабриката в виде преформы;
 - способы формирования композиционных конструкций и теоретические основы обеспечивающие выбор метода для получения конструкций с необходимыми функциональными свойствами.
- Иметь навыки:
 - выбора схемы формования и технологических режимов для различных композитов с целью обеспечения необходимых функциональных свойств;
 - ориентирования в многообразии технологических схем используемых для получения изделий различного назначения и различной конфигурации;
 - в методическом подходе к выбору и обоснованию схем придания геометрии и обеспечения заданных режимов формования;
 - в выборе технологического оборудования при производстве композитных конструкций.
- Иметь представление:
 - о теоретических аспектах и перспективах повышения прочности, теплостойкости и других функциональных свойств композитов;
 - о прогрессивных разработках в области композитных производств, включая циркуляционные методы плетения и трансферное формование.

Учебный курс «Технологические методы получения изделий из ПКМ» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике, включая подготовку к проведению лабораторного практикума. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному посещению лаборатории в Казанском Государственном техническом университете им. А.Н. Туполева.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены способы формирования структуры и геометрии изделий из КМ, а также процессы формования этих изделий, включая новые процессы трансферного (RTM) формования. Теоретическая часть учебного курса состоит из шести лекций:

Тема 1. Формирование структуры и геометрии изделий из КМ.

Лекция 1. Классификация методов придания формы композиционным материалам. Выкладка. Пултрузия и роллтрузия. Напыление.

Лекция 2. Намотка изделий из ПКМ. Технологические оправки (типы, изготовление). Методы формирования плетеных структур, циркуляционное плетение.

Тема 2. Процессы формования изделий из ПКМ.

Лекция 3. Определение процесса формования. Классификация схем формования. Контактное формование.

Лекция 4. Пневмо-гидрокомпрессионное формование. Прессовое формование. Трансферное формование. RTM, LTM процессы.

Лекция 5. Термокомпрессионное формование. Выбор метода формования из условий нагруженности деталей. Температурный режим формования.

Лекция 6. Конвективный нагрев. Высокочастотный способ нагрева. Нагрев лучистой энергией. Термостабилизация. Требования к оснастке.

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в использовании компьютеризированного оборудования для автоклавного формования, на котором слушатели курса должны освоить методику управления процессами по программе, а также испытательного оборудования (электромеханическая машина и климатическая камера) при оптимизации технологических процессов формования композитов.

Основные задания на лабораторный практикум:

- Изучение метода получения преформы из препрега выкладкой;
- Ознакомление с методами пневмокомпрессионного формования;
- Изучение компьютеризированного лабораторного комплекса для формования на основе автоклава;
- Освоение компьютерного управления автоклавом;
- Приобретение практических навыков формирования технологического пакета.
- Освоение практических приемов формования в автоклаве;
- Изготовление трех партий образцов для проведения сравнительных испытаний;
- Анализ полученных испытаний по геометрическим и весовым параметрам.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

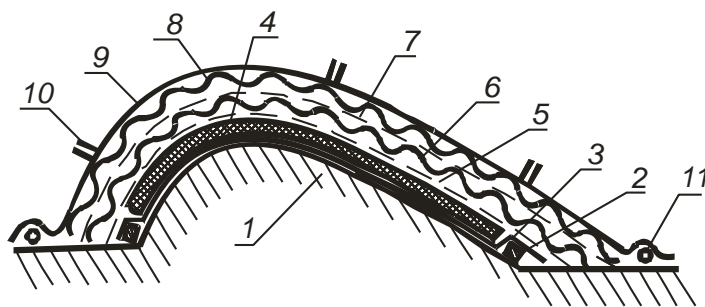
На дистанционную часть учебного курса отводится 18 часов, на очную часть - 6 часов. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте www.nanoobr.ru. Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы к курсу

«Технологические методы получения изделий из ПКМ»

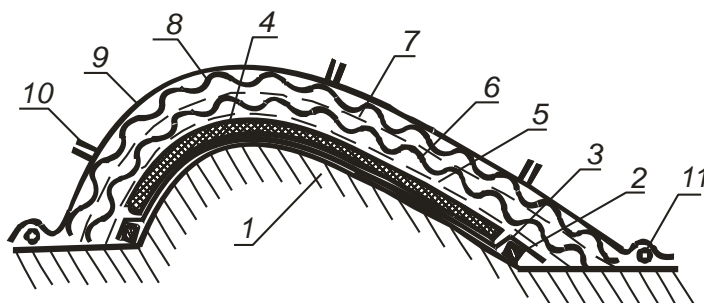
Лекция 1: Классификация методов придания формы композиционным материалам. Выкладка. Пултрузия и роллтрузия. Напыление.

1. Идентифицируйте по рисунку схему технологического процесса:



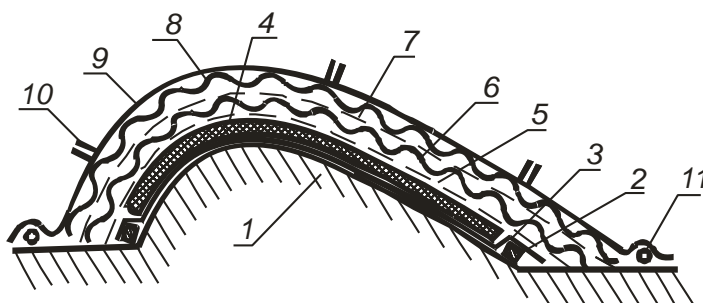
- проверка драпируемости
- напыление
- пулшрузия
- выкладка

2. Укажите на рисунке антиадгезионный слой:



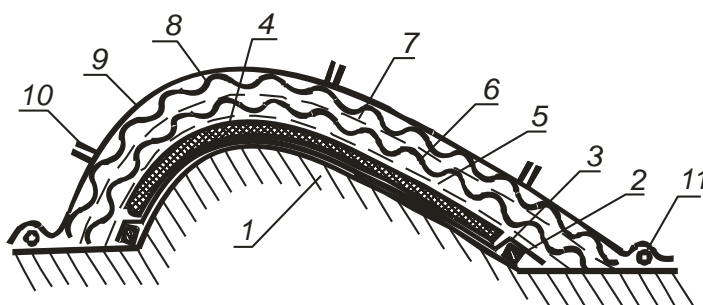
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

3. Укажите на рисунке впитывающий слой:



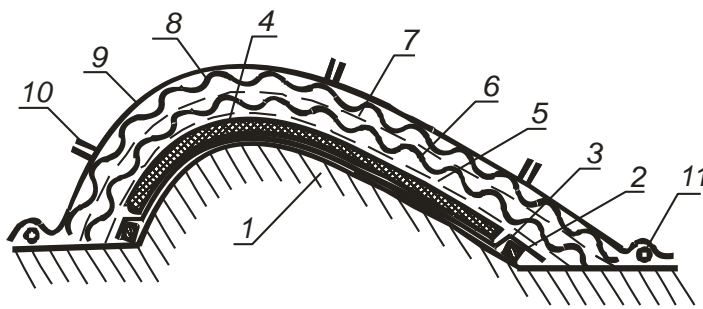
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

4. Укажите на рисунке цулагу:



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

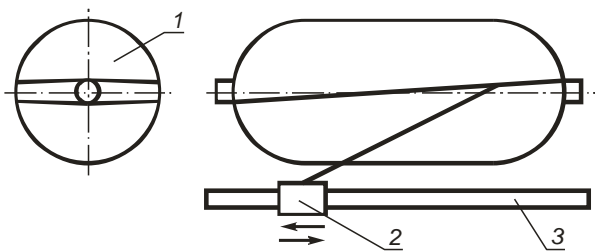
5. Укажите на рисунке дренажный слой:



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

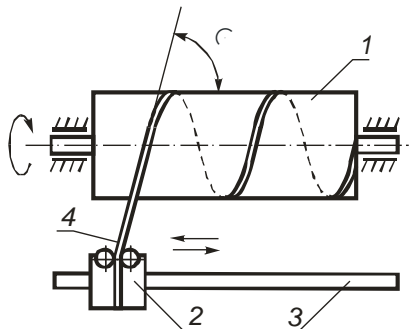
Лекция 2. Намотка изделий из ПКМ. Технологические оправки (типы, изготовление). Методы формирования плетеных структур, циркуляционное плетение.

1. Идентифицируйте намотку на рисунке по схеме укладки арматуры:



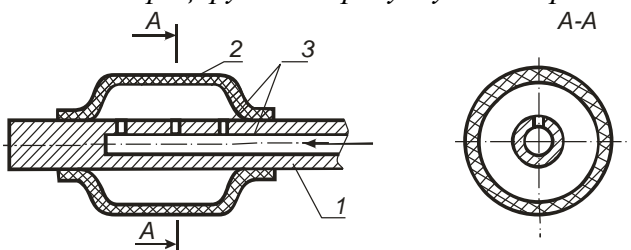
- поперечная намотка
- продольная намотка
- продольно-поперечная намотка
- спиральная намотка
- кровельная намотка

2. Идентифицируйте намотку на рисунке по схеме укладки арматуры:



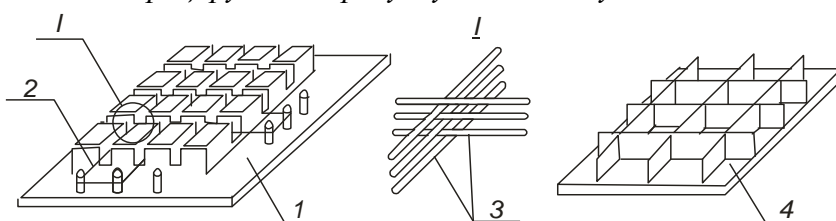
- поперечная намотка
- продольная намотка
- продольно-поперечная намотка
- спиральная намотка
- кровельная намотка

3. Идентифицируйте по рисунку тип оправки:



- разрушаемая пескоклеевая
- неудаляемая
- разрушаемая соляная
- разборная металлическая
- резиновая пневмооправка

4. Идентифицируйте по рисунку метод получения композитных деталей:



- ткачество
- пултрузия
- экструзия
- роллтрузия
- напыление
- плетение

Лекция 3. Определение процесса формования. Классификация схем формования. Контактное формование.

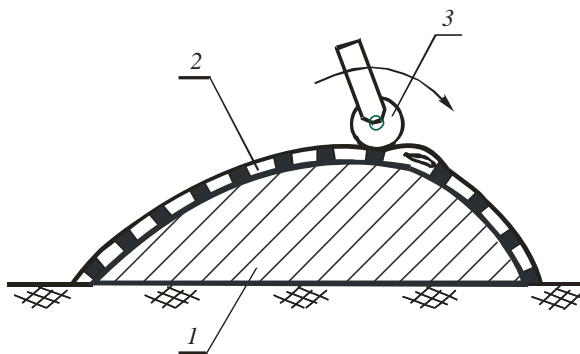
1. Выберите правильное определение процесса формования:

- формование – этап техпроцесса, при котором происходит отверждение связующего
- формование – это придание формы препрегу
- формование – процесс выкладки пропитанной ткани на криволинейную оправку
- формование – процесс обеспечения релаксации внутренних напряжений

2. Выделите методы, не относящиеся к пневмо-гидрокомпрессионному формованию:

- вакуумирование
- автоклавное
- вибрационное
- пропитка под давлением
- гидроклавное
- в пресскамерах

3. Идентифицируйте метод формования, изображенный на рисунке:



- контактное
- пневмогидрокомпрессионное
- вибрационное
- обмотка жгутом
- вакуумированием
- автоклавное
- в пресскамере
- прессовое жесткое
- прессовое упругое
- пропитка под давлением
- термокомпрессионное формование

4. Выделите методы, не относящиеся к контактному формованию:

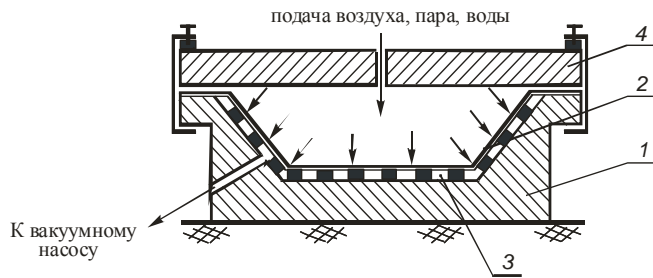
- вакуумирование
- прикатка роликом
- упругое прессование
- натяжение нити
- обмотка жгутом
- вибрационное формование

Лекция 4. Пневмо-гидрокомпрессионное формование. Прессовое формование. Трансферное формование. RTM, LTM процессы.

1. Выделите признаки, характеризующие пневмо-гидрокомпрессионное формование:

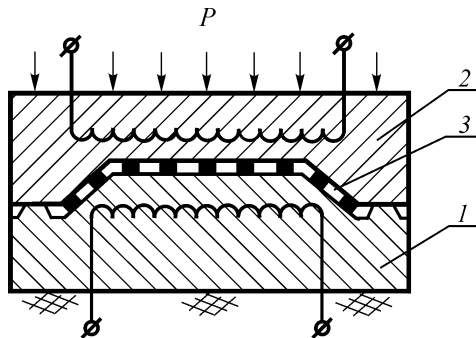
- создание давления резиновым жгутом
- создание давления упругой диафрагмой
- создание давления инерционными силами
- создание давления газом или жидкостью
- создание давления температурным расширением вкладыша

2. Идентифицируйте метод формования, изображенный на рисунке:



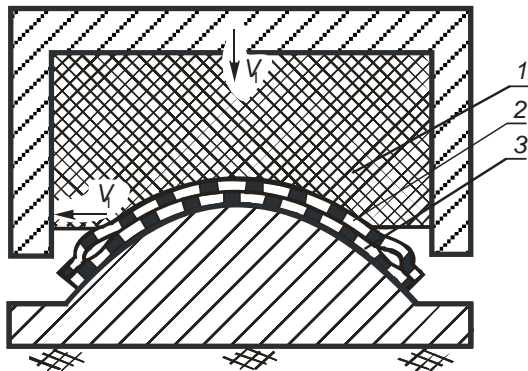
- натяжением нити
- вибрационное
- обмотка жгутом
- вакуумированием
- автоклавное
- в пресскамере
- жестким прессованием
- упругим прессованием
- пропиткой под давлением
- термокомпрессионное

3. Идентифицируйте метод формования, изображенный на рисунке:



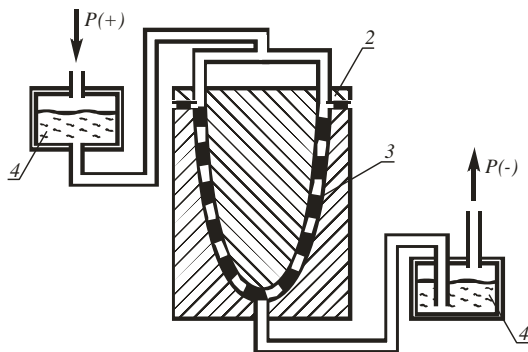
- натяжением нити
- вибрационное
- обмотка жгутом
- вакуумированием
- автоклавное
- в пресскамере
- жестким прессованием
- упругим прессованием
- пропиткой под давлением
- термокомпрессионное

4. Идентифицируйте метод формования, изображенный на рисунке:



- натяжением нити
- вибрационное
- обмотка жгутом
- вакуумированием
- автоклавное
- в пресскамере
- жестким прессованием
- упругим прессованием
- пропиткой под давлением
- термокомпрессионное

5. Идентифицируйте метод формования, изображенный на рисунке:



- натяжением нити
- вибрационное
- обмотка жгутом
- вакуумированием
- автоклавное
- в пресскамере
- жестким прессованием
- упругим прессованием
- пропиткой под давлением
- термокомпрессионное

Лекция 5. Термокомпрессионное формование. Выбор метода формования из условий нагруженности деталей. Температурный режим формования.

1. При термокомпрессионном формовании давление обеспечивается:

- перегретым газом или паром
- нагретым глицерином через упругую диафрагму
- нагретой терморасширяющейся резиной
- связующим, поступающим под давлением

2. Метод формования выбирается из условия обеспечения:

- заданного рисунка укладки арматуры
- температуры отверждения связующего
- заданного коэффициента объемного наполнения
- времени процесса отверждения

3. Наибольшая прочность детали обеспечивается при коэффициенте наполнения:

- $k = 0,3$
- $k = 0,4$
- $k = 0,5$
- $k = 0,7$
- $k = 0,9$

4. Наиболее распространенным методом формования авиационных деталей является:

- термокомпрессионное
- гидроклавное
- автоклавное
- в жестких формах
- контактное – вибрационное

5. Давление при термокомпрессионном методе обеспечивается:

- перегретым паром
- глицерином или кремний органическим маслом
- эластичной диафрагмой
- терморасширяющейся резиной

Лекция 6. Конвективный нагрев. Высокочастотный способ нагрева. Нагрев лучистой энергией. Термостабилизация. Требования к оснастке.

1. Конвективный нагрев формуемой детали обеспечивается:

- с помощью лучистой энергии ультрафиолетового или инфракрасного спектров
- путем воздействия тепловых потоков с оснастки или окружающей среды (газ, жидкость, резина)
- за счет вынужденной ориентации сегментов макромолекул по направлению напряженности высокочастотного электромагнитного поля
- за счет химической реакции, протекающей при полимеризации связующего

2. Высокочастотный способ нагрева формуемой детали обеспечивается:

- с помощью лучистой энергии ультрафиолетового или инфракрасного спектров
- путем воздействия тепловых потоков с оснастки или окружающей среды (газ, жидкость, резина)

- за счет вынужденной ориентации сегментов макромолекул по направлению напряженности высокочастотного электромагнитного поля
- за счет химической реакции, протекающей при полимеризации связующего

3. Нагрев лучистой энергией формуемой детали обеспечивается:

- с помощью лучистой энергии ультрафиолетового или инфракрасного спектров
- путем воздействия тепловых потоков с оснастки или окружающей среды (газ, жидкость, резина)
- за счет вынужденной ориентации сегментов макромолекул по направлению напряженности высокочастотного электромагнитного поля
- за счет химической реакции, протекающей при полимеризации связующего

Контрольные вопросы для проверки материала

1. Почему выкладка является самым простым способом и в чем он заключается?
2. Зачем необходимо использовать антиадгезионную смазку?
3. Какие формы (оснастку) лучше использовать при выкладке?
4. Какие способы намотки существуют?
5. В чем заключается геодезическая намотка?
6. Какие требования предъявляются к изделиям, изготавливаемым намоткой?
7. Что такое технологическая оправка?
8. Какие виды оправок существуют?
9. Что представляют собой процессы пултрузии и роллтрязии?
10. Как происходит процесс напыления?
11. В чем заключается процесс плетения?
12. Что происходит в процессе формования?
13. Что представляет собой фаза гелеобразования?
14. Какие виды контактного формования существуют?
15. Давление какой величины может создаваться в автоклаве?
16. Какими достоинствами и недостатками обладает метод автоклавного формования?
17. В чем заключается процесс формования в пресскамерах?
18. Какие виды прессового формования существуют?
19. Для каких деталей лучше всего использовать жесткое прессование?
20. Для чего применяют комбинированные способы формования?
21. От чего зависит прочность изделий из КМ?
22. Какие временные рамки установлены для связующих холодного и горячего отверждения?
23. Какое влияние на процесс отверждения оказывает скорость нагрева?
24. В чем заключается конвективный нагрев?

25. Какими недостатками обладает метод конвективного нагрева?
26. В чем особенность высокочастотного способа нагрева?
27. Какими преимуществами обладает нагрев лучистой энергией?
28. На каком явлении основан процесс термической стабилизации размеров и формы изделий?
29. Какие требования предъявляются к оснастке для оптимизации процедуры нагрева?
30. Какие средства нагрева можно использовать?

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса на базе экспериментальных результатов и их обработки с применением знаний из дистанционной части курса.

Темы контрольных рефератов по курсу «Технологические методы получения изделий из ПКМ»

1. Прогрессивное оборудование для композитного производства.
2. Получение преформы выкладкой.
3. Циркуляционное плетение.
4. Напыление.
5. Намотка.
6. Классификация процессов формования.
7. Вакуумное формование.
8. Разновидности трансферного формования.
9. RTM процессы.
10. Технологическая оснастка для трансферного формования.

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса и лекций (модуль)	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через e-mail, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание (Формование в автоклаве)	
	Курс «Технологические методы получения изделий из ПКМ»	33 ч.	(18 ч.)	(9 ч.)	(6 ч.)	Тесты для самоконтроля
	Тема 1. Формирование структуры и геометрии изделий из ПКМ.					Контрольные вопросы (электронная зачетка)
1.	Лекция 1. Классификация методов придания формы композиционным		3 ч.	1,5 ч.		

2.	материалам. Выкладка. Пултрузия и роллтрузия. Напыление.		3 ч.	1,5 ч.		
3.	Лекция 2. Намотка изделий из ПКМ. Технологические оправки (типы, изготовление). Методы формирования плетеных структур, циркуляционное плетение.		3 ч.	1,5 ч.		
4.	Тема 2. Процессы формования изделий из ПКМ.		3 ч.	1,5 ч.		
5.	Лекция 3. Определение процесса формования. Классификация схем формования. Контактное формование.		3 ч.	1,5 ч.		
6.	Лекция 4. Пневмо-гидрокомпрессионное формование. Прессовое формование. Трансферное формование. RTM, LTM процессы.		3 ч.	1,5 ч.		
	Лекция 5. Термокомпрессионное формование. Выбор метода формования из условий нагруженности деталей. Температурный режим формования.		3 ч.	1,5 ч.		
	Лекция 6. Конвективный нагрев. Высокочастотный способ нагрева. Нагрев лучистой энергией. Термостабилизация. Требования к оснастке.					
	Итоговый контроль		Тесты для самотестирования	Контрольные вопросы (электронная зачётка)	Реферат	

Список литературы (основной и дополнительной), а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.).

Список литературы и др. дополнительных источников информации в кол-ве – 8.

1. Приоритеты авиационных технологий: В 2х кн. Науч. ред. А.Г. Братухин. М.: Издательство МАИ, 2004 г. – 640 с.: ил.

2. Технология производства изделий и интегральных конструкций из композиционных материалов в машиностроении. Науч. ред. А.Г. Братухин, В.С. Боголюбов, О.С. Сироткин. М.: Готика, 2003 г. 516 с.
3. Халиулин В.И., Шапаев И.И. Технология производства композитных изделий. Учебное пособие. Казань.: Издательство КГТУ-КАИ, 2004 г. – 332 с.
4. Крысин В.Н., Крысин М.В. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. М.: Машиностроение, 1989 – 240 с.
5. Халиулин В.И. Технологические схемы изготовления многослойных конструкций. Казань, КГТУ, 1999 – 168 с.
6. Композитные материалы. Справочник под ред. В.В. Васильева. М.: Машиностроение, 1990.
7. Халиулин В.И., Шапаев И.И. Выбор технологических схем для изготовления конструкций интегрального типа из ПКМ. Казань, КГТУ, 1997 – 27 с.
8. Учебно-методический комплекс «Изготовление деталей из композитов»: конспект лекций, учебное пособие; Халиулин В.И., электронная версия - Казань: КГТУ им. Туполева, 2008 г.

**Полное содержание лекций в электронной дистанционной части
учебного курса на сайте www.nanoobr.ru**