

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Управление режимами работы электроэнергетических систем**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Математическая оптимизация электрических режимов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Толба М.А.
	Идентификатор	R3a6f7e25-TolbaM-56163fc6

М.А. Толба

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Насыров Р.Р.
	Идентификатор	R48fa5e5e-NasyrovRR-34f285d8

Р.Р.  
Насыров

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шаров Ю.В.
	Идентификатор	R324da3b6-SharovYurV-0bb905bf

Ю.В. Шаров

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в процессе проектирования и управления субъектами электроэнергетики и объектами электросетевого хозяйства

ИД-5 Прогнозирует потребление электроэнергии и мощности с помощью математических и экономических методов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Использование программные средства для решения задач программирования (Контрольная работа)

2. Основы работы в системе MATLAB (Контрольная работа)

3. Применение методов построения и решения оптимизационных моделей к задачам электротехники (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Решение задач оптимизации линейного и нелинейного программирования (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Введение - А					
Введение - А			+		
Введение - Б					
Введение - Б			+		
Концепция модели оптимизации					
Концепция модели оптимизации					+
Настройка Задачи Оптимизации на Основе Решателя — Функции					

Настройка Задачи Оптимизации на Основе Решателя — Функции		+		
Определение задачи оптимизации				
Определение задачи оптимизации		+		
Программы MATPOWER и MATLAB				
Программы MATPOWER и MATLAB	+	+	+	+
Современные алгоритмы оптимизации				
Современные алгоритмы оптимизации		+	+	+
Применение алгоритмов оптимизации в энергосистеме				
Применение алгоритмов оптимизации в энергосистеме	+	+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-5 <sub>ПК-1</sub> Прогнозирует потребление электроэнергии и мощности с помощью математических и экономических методов	<p>Знать:</p> <p>Механизмы программирования функций и порядков в MATLAB и MATPOWER</p> <p>Показатели функционирования энергосистемы, контролируемые параметры</p> <p>Программные средства для решения задач линейного и нелинейного программирования</p> <p>Уметь:</p> <p>Проводить оптимизационный расчет при помощи специализированного программного обеспечения и оценивать на предмет адекватности полученные результаты расчёта</p> <p>Пользоваться методами метаэвристики</p>	<p>Основы работы в системе MATLAB (Контрольная работа)</p> <p>Решение задач оптимизации линейного и нелинейного программирования (Контрольная работа)</p> <p>Использование программные средства для решения задач программирования (Контрольная работа)</p> <p>Применение методов построения и решения оптимизационных моделей к задачам электротехники (Контрольная работа)</p>

		проектирования, используемых для решения задач оптимизации электроэнергетики Готовить исходные данные для проведения оптимизационного расчета	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Основы работы в системе MATLAB

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание и теоретические вопросы по Разделу 1 и 2

**Краткое содержание задания:**

Программирование в системе MATLAB

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: Проводить оптимизационный расчет при помощи специализированного программного обеспечения и оценивать на предмет адекватности полученные результаты расчёта</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создать m-функцию, в которой реализован расчет функции <math>f(x, a, N)</math>.</li> <li>2. Создать m-сценарий в котором:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• записана информация: ФИО слушателя, вариант задания, описание входящих и выходящих переменных;</li> <li>• задаются значения <math>x</math> в интервале <math>[x_0, x_{\max}]</math> с шагом <math>h</math>;</li> <li>• значения функции <math>f(x, a, N)</math> рассчитываются на заданном интервале с помощью созданной m-функции для различных значений <math>N</math>;</li> <li>• результаты расчета выводятся на график.</li> </ul> </li> <li>3. Построить графики <math>f(x, a, N)</math> для <math>N = 5, 10, 15</math> в интервале <math>[x_0, x_{\max}]</math> с шагом <math>h = (x_{\max} - x_0)/500</math>.</li> </ol> <p>Где, <math display="block">a_n = \begin{cases} \frac{2n+1}{2}, &amp; 0 \leq n &lt; N/3 \\ 1, &amp; N/3 \leq n &lt; 2N/3 \\ \frac{1}{n}, &amp; 2N/3 \leq n \leq N \end{cases}</math></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>f(x, a, N)</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>\sum_{n=0}^N a_n J_n(x)</math></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>[x_0, x_{\max}]</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>[0, 10]</math></td> </tr> </table> <p><math>J_n(x)</math> – функция Бесселя первого рода (besselj),  <math>P_n(x)</math> – функция полинома Лежандра (legendre).</p>	$f(x, a, N)$	$\sum_{n=0}^N a_n J_n(x)$	$[x_0, x_{\max}]$	$[0, 10]$
$f(x, a, N)$	$\sum_{n=0}^N a_n J_n(x)$				
$[x_0, x_{\max}]$	$[0, 10]$				

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## КМ-2. Решение задач оптимизации линейного и нелинейного программирования

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

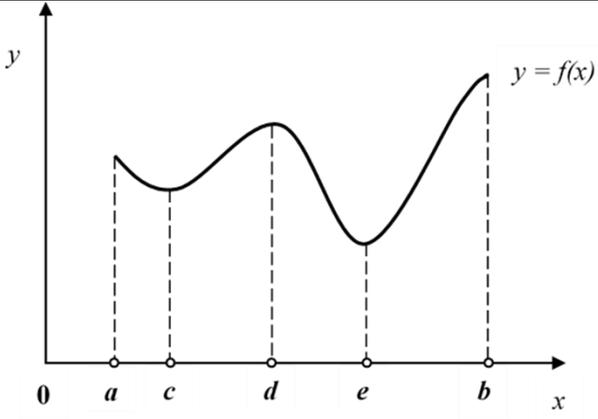
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание и теоретические вопросы по Разделу 3, 4, и 5

**Краткое содержание задания:**

Оптимизация линейного и нелинейного программирования

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Показатели функционирования энергосистемы, контролируемые параметры</p>	<p>1. Определите следующее предложение:</p> <p>_____ — критерий оптимизации, функция нескольких переменных, для которой определяется минимум или максимум в рамках оптимизационной задачи.</p>
<p>Знать: Программные средства для решения задач линейного и нелинейного программирования</p>	<p>1. К методам нелинейного математического программирования не относится:</p> <p>А) метод Ньютона-Рафсона;                  Б) градиентные методы;                  В) метод аппроксимации Фогеля;                  Г) метод Лагранжа.</p> <p>Являются ли эти функции выпуклыми (Convex), вогнутыми (Concave) или ни одной из них?</p> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">1)                      2)                      3)</p> <p style="text-align: center;">4)</p> </div> <p>А) 1) Concave, 2) Convex, 3) ни одной из них, 4) Convex;                  Б) 1) Convex, 2) Convex, 3) Concave, 4) ни одной из них;                  В) 1) Convex, 2) Concave, 3) Convex, 4) Concave;</p> <p>2. Г) 1) Concave, 2) Concave, 3) Convex, 4) ни одной из них.</p>
<p>Уметь: Пользоваться методами метаэвристики проектирования, используемых для решения задач оптимизации электроэнергетики</p>	<p>1. На нелинейном графике выберите состояние каждой точки, чтобы определить следующее: локального минимума; абсолютный максимум; относительных максимума; абсолютного минимума.</p>

	 <p>a- .....;</p> <p>b- .....;</p> <p>c- .....;</p> <p>d- .....;</p> <p>e- .....</p>
<p>Уметь: Проводить оптимизационный расчет при помощи специализированного программного обеспечения и оценивать на предмет адекватности полученные результаты расчёта</p>	<p>С учетом (Ex0_main.m) и (Ex0_obj.m), выведите минимальное значение функции <math>f(x)</math> для следующей функции и проверьте, является ли она линейной или нелинейной функцией?</p> $\text{Min } f(x) = 100(x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2;$ $x_1 + x_2 \leq 1$ $2x_1 + x_2 = 1$ $x_0 = [0.5, 0]$ <p>A) <code>linprog(-f,A,b,[],[],LB,UB);</code>          Б) <code>x = linprog(f,A,b,[],[],LB,UB);</code>          B) <code>x = fmincon(@Ex0_obj,x0,A,b,Aeq,beq);</code>          1. Г) <code>fmincon(@Ex0_main,x0,A,b,Aeq,beq);</code></p>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

**КМ-3. Использование программные средства для решения задач программирования**

Формы реализации: Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

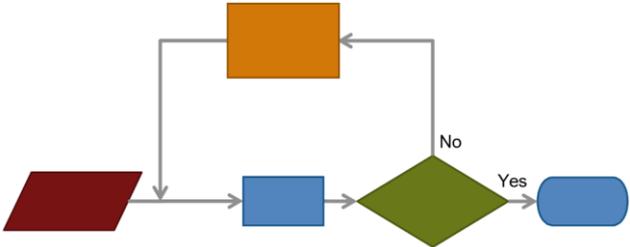
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовая работа вопросы и задача

**Краткое содержание задания:**

Ответы на вопросы по теме и решение задачи

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: Пользоваться методами метаэвристики проектирования, используемых для решения задач оптимизации электроэнергетики</p>	<p>1. Согласно процессу проектирования оптимальных решений, в нужных блоках должен быть заполнен следующий процесс:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Изменить переменные проекта;</li><li>- Исходные переменные проекта;</li><li>- Система; Достигнуты цели?</li><li>- Оптимальный дизайн.</li></ul> 
<p>Уметь: Проводить оптимизационный расчет при помощи специализированного программного обеспечения и оценивать на предмет адекватности полученные результаты расчёта</p>	<p>Решите следующую линейную программу:</p> $\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= 100(x_2 - x_1^2)^2 + (1 - x_1)^2; \\ \left(x_1 - \frac{1}{3}\right)^2 + \left(x_2 - \frac{1}{3}\right)^2 &\leq \left(\frac{1}{3}\right)^2 \\ 0 \leq x_1 \leq 0.5, \quad 0.2 \leq x_2 \leq 0.8 \end{aligned}$ <p>а) Используйте симплексный алгоритм. б) Используйте командное окно Matlab. 1. с) Используйте m.file и m.function.</p> <p>2. Семь этапов процесса построения модели для организации:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1- .....</li><li>2- .....</li><li>3- .....</li><li>4- .....</li><li>5- .....</li><li>6- .....</li><li>7- .....</li></ol>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

#### КМ-4. Применение методов построения и решения оптимизационных моделей к задачам электротехники

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

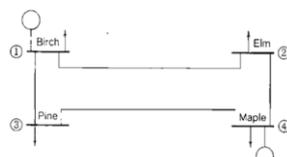
**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание и теоретические вопросы по Разделу 6, 7, и 8

**Краткое содержание задания:**

Расчет

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: Механизмы программирования функций и порядков в MATLAB и MATPOWER</p>	<p>1. Чтобы запустить простой поток энергии Ньютона с параметрами по умолчанию в системе с 4 узлами, определенной в case4gs.m, в MATLAB введите:</p> <p>A) <code>run('case4gs');</code></p> <p>B) <code>runpf('case4gs');</code></p> <p>C) <code>mpc=loadcase('case4gs');</code></p> <p>D) <code>results=runpf(mpc);</code></p> <p>2. Процесс MATPOWER состоит из трех этапов:</p> <p>Этап 1: .....;</p> <p>Этап 2: .....;</p> <p>Этап 3: .....;</p>
<p>Уметь: Готовить исходные данные для проведения</p>	<p>1.</p>

<p>ОПТИМИЗАЦИОННОГО расчета</p>	<p>Увеличить активную мощность потребителей в узле 4 до 100 МВт для 'case4gs', затем запустить поток мощности следующим образом:</p> <pre>mpc= ..... (.....); mpc.bus (...,3)=.....; % запустить поток мощности results=..... (.....);</pre>  <p>2. Задача оптимального потока мощности может быть определена следующим образом:</p> <p><b>1- Линейная или нелинейная задача?</b></p> <p><b>2- Выпуклая, вогнутая или невыпуклая?</b></p> <p>целевая функция → Minimize <math>J(x, u)</math> (1)    → <math>g(x, u)</math> (2)    Ограничения, Равенство (2) и неравенство (3) → <math>h(x, u)</math> (3)</p>
<p>Уметь: Пользоваться методами метаэвристики проектирования, используемых для решения задач оптимизации электроэнергетики</p>	<p>1. Многокритериальная функция по одному критерию может быть выражена следующим образом:</p> <p>A) <math>F = \mu_1 F_1 + \mu_2 F_2;</math></p> <p>B) <math>F = \mu_1 F_1;</math></p> <p>C) <math>F = F_1;</math></p> <p>D) <math>F = \mu_2 F_2.</math></p>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Процедура проведения

Каждый студент получает вопрос для письменного ответа. Распределение вопросов в случайном порядке.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-5<sub>ПК-1</sub> Прогнозирует потребление электроэнергии и мощности с помощью математических и экономических методов

### Вопросы, задания

- 1.Интерполяционный полином Лагранжа
- 2.Приближенное дифференцирование (на основе интерполяционного полинома Лагранжа)
- 3.Пример определения оптимального управления, применение уравнения Рикатти
- 4.Усовершенствование метода Эйлера для численного интегрирования дифференциальных уравнений
- 5.Численное интегрирование дифференциальных уравнений методом Эйлера
- 6.Приближенное решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Пикара
- 7.Численное дифференцирование (на основе интерполяционных полиномов Ньютона)
- 8.Квадратурная формула Чебышева
- 9.Обобщенная формула численного интегрирования Ньютона-Котеса
- 10.Метод численного интегрирования - метод Симпсона
- 11.Второй интерполяционный полином Ньютона

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Методы численного интегрирования расставить в порядке увеличения погрешности вычисления

Ответы:

1. Метод прямоугольников, метод трапеций, метод Симпсона, метод Чебышева, метод Ньютона-Котеса, 2. Метод Симпсона, метод Чебышева, метод Ньютона-Котеса, метод трапеций, метод прямоугольников 3. Метод Чебышева, метод Симпсона, метод Ньютона-Котеса, метод трапеций, метод прямоугольников 4. Метод Чебышева, метод Ньютона-Котеса, метод Симпсона, метод трапеций, метод прямоугольников 5. Метод Ньютона-Котеса, метод прямоугольников, метод Симпсона, метод Чебышева, метод трапеций

Верный ответ: 4

2.Методы приближенного решения дифференциальных уравнений расставить в порядке уменьшения погрешности вычислений

Ответы:

1. Метод Пикара, метод применения степенных рядов, метод Эйлера, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Рунге-Кутта 4-го порядка, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Адамса 2. Метод Пикара, метод применения степенных рядов, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Эйлера, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Рунге-Кутта 4-го порядка, метод Адамса 3. Метод применения степенных рядов, метод Пикара, метод

Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Эйлера, метод Адамса, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Рунге-Кутта 4-го порядка 4. Метод Эйлера, метод применения степенных рядов, метод Пикара, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Адамса, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Рунге-Кутта 4-го порядка 5. Метод Пикара, метод применения степенных рядов, метод Эйлера, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Рунге-Кутта 4-го порядка, метод Адамса 6. Метод применения степенных рядов, метод Пикара, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Эйлера, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Адамса, метод Рунге-Кутта 4-го порядка 7. Метод применения степенных рядов, метод Рунге-Кутта 1-го порядка, метод Эйлера, метод Пикара, метод Рунге-Кутта 2-го порядка, метод Адамса, метод Рунге-Кутта 4-го порядка

Верный ответ: 2 и 5

3. Что такое “обратное интерполирование” ?

Ответы:

1. Определение значений точек интерполяции по заданным значениям функции. 2. Определение значений функции вне диапазона точек интерполяции. 3. Определение с помощью экстраполяции значений функции. 4. Определение значений функции по заданным значениям точек интерполяции

Верный ответ: 1

4. Какие условия определяет “принцип оптимальности Беллмана” ?

Ответы:

1. Условие линейности целевой функции 2. Условие отсутствия последействия 3. Условия отсутствия последействия и аддитивности целевой функции 4. Условие деления управления процессами на равные отрезки

Верный ответ: 3

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Итоговая оценка по Барс-структуре + оценка по зачету.