

Приложение 2 к РПД «Теория обработки геофизической информации»
05.03.01 Геология
Направленность (профиль) – Геофизика
Форма обучения – очная
Год набора – 2020

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки	05.03.01 Геология
3.	Направленность (профиль)	Геофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Теория обработки геофизической информации
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2020

2. Перечень компетенций

<ul style="list-style-type: none">• способность использовать знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, экологической геологии для решения научно-исследовательских задач (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки) (ПК-1);• готовность в составе научно-производственного коллектива участвовать в составлении карт, схем, разрезов и другой установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-6).

3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Введение	ПК-1 ПК-6	Физико-математическую теорию геофизических методов исследований; принципы и методы моделирования геофизических полей и процессов	Давать геологическое истолкование результатов обработки и интерпретации геофизических данных	Анализом и оценкой современных научных достижений, генерированием новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Реферат
2. Методы математической физики	ПК-1 ПК-6	Основные методы и алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных; принципы решения прямых и обратных задач геофизики	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа № 1
3. Численные методы	ПК-1 ПК-6	Основные методы и алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных; принципы решения прямых и обратных задач геофизики	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа №2,3
4. Моделирование геофизических полей и процессов. Прямые задачи геофизики	ПК-1 ПК-6	Принципы построения геологических моделей месторождений полезных ископаемых и способы корректировки плана геологоразведочных работ на основе результатов интерпретации геофизических данных	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа № 4 Реферат

Этап формирования компетенции (разделы, темы)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
5. Обратные задачи геофизики	ПК-1 ПК-6	Основы методики проведения полевых геофизических исследований и получения геофизических данных	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа № 5
6. Статистические методы обработки и интерпретации геофизических данных	ПК-1 ПК-6	Основные методы и алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа № 6
7. Математическое программирование и организация вычислений	ПК-1 ПК-6	Основные методы и алгоритмы обработки и интерпретации геофизических данных	Самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области геофизики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологи	Современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности	Практическая работа № 7 Реферат

4. Критерии и шкалы оценивания

4.1. Практическая работа

5 баллов – студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировал их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

4 балла – студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировал их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла – студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировал их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

1 балл – студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

За работу на каждом практическом занятии студент получает 1 балл.

4.2. Реферат

Баллы	Характеристики раскрытия темы студентом
6	<ul style="list-style-type: none">– студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;– делает выводы и обобщения;– свободно владеет понятиями
5	<ul style="list-style-type: none">– студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;– не допускает существенных неточностей;– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;– аргументирует научные положения;– делает выводы и обобщения;– владеет системой основных понятий
4	<ul style="list-style-type: none">– тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;– допускает несущественные ошибки и неточности;– испытывает затруднения в практическом применении знаний;– слабо аргументирует научные положения;– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;– частично владеет системой понятий
3	<ul style="list-style-type: none">– студент не усвоил значительной части проблемы;– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;– испытывает трудности в практическом применении знаний;– не может аргументировать научные положения;– не формулирует выводов и обобщений;– не владеет понятийным аппаратом

5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.1 Примеры практических работ

1. Практическая работа к теме №3 «Полиномиальная интерполяция. Многочлен Лагранжа»

Теоретическая часть

1. Интерполяционный многочлен. Начнем с рассмотрения задачи интерполяции в наиболее простом и полно исследованном случае интерполирования алгебраическими многочленами. Для заданной таблицы функции $y = \ln x$ (5.1) многочлен $P_n(x) = \sum_{k=0}^n a_k x^k$ степени n называется интерполяционным многочленом, если он удовлетворяет условиям:

$$P_n(x_i) = y_i \quad (i = 0, 1, \dots, n). \quad (5.1)$$

Равенство (5.1) можно записать в виде системы уравнений:

$$\begin{aligned} a_0 + a_1 x_0 + a_2 x_0^2 + \dots + a_n x_0^n &= y_0, \\ a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_1^2 + \dots + a_n x_1^n &= y_1, \\ &\dots \\ a_0 + a_1 x_n + a_2 x_n^2 + \dots + a_n x_n^n &= y_n \end{aligned} \quad (5.2)$$

относительно коэффициентов многочлена. Эта система однозначно разрешима, т. к. система функций $1, x, x^2, \dots, x^n$ линейно независима в точках x_0, x_1, \dots, x_n . Однозначная разрешимость системы (5.2) следует и из того хорошо известного факта, что определитель этой системы (определитель Вандермонда)

$$\begin{vmatrix} 1 & x_0 & x_0^2 & \dots & x_0^n \\ 1 & x_1 & x_1^2 & \dots & x_1^n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_n & x_n^2 & \dots & x_n^n \end{vmatrix} = \prod_{0 \leq j < i \leq n} (x_i - x_j)$$

отличен от нуля, если узлы интерполяции попарно различны. Т.о., верна следующая теорема.

Теорема 5.1. Существует единственный интерполяционный многочлен степени n , удовлетворяющий условиям (5.1).

Замечание. На практике система (5.2) никогда не используется для вычисления коэффициентов интерполяционного многочлена. Дело в том, что часто она является плохо обусловленной. Кроме того, существуют различные удобные явные формы записи интерполяционного многочлена, которые и применяются при интерполяции. Наконец, в большинстве приложений интерполяционного многочлена явное вычисление коэффициентов a_k не нужно.

2. Многочлен Лагранжа. Приведем одну из форм записи интерполяционного многочлена – *многочлен Лагранжа*

$$L_n(x) = \sum_{j=0}^n y_j l_{nj}(x). \quad (5.3)$$

Здесь

$$l_{nj}(x) = \prod_{\substack{k=0 \\ k \neq j}}^n \frac{x - x_k}{x_j - x_k} = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{j-1})(x - x_{j+1}) \dots (x - x_n)}{(x_j - x_0)(x_j - x_1) \dots (x_j - x_{j-1})(x_j - x_{j+1}) \dots (x_j - x_n)}.$$

Как нетрудно видеть, $l_{nj}(x)$ представляет собой многочлен степени n , удовлетворяющий условию

$$l_{ij}(x_i) = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j \\ 0 & \text{при } i \neq j \end{cases}.$$

Таким образом, степень многочлена L_n равна n и при $x = x_i$ в сумме (5.3) обращаются в ноль все слагаемые, кроме слагаемого с номером $j = i$, равного y_i . Поэтому многочлен Лагранжа (5.3) действительно является интерполяционным.

В инженерной практике наиболее часто используется интерполяция многочленами первой, второй и третьей степени (*линейная, квадратичная и кубическая интерполяция*). Формулы для записи многочленов Лагранжа первой и второй степени следующие:

$$L_1 = y_0 \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} + y_1 \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}, \quad (5.4)$$

$$L_2 = y_0 \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} + y_1 \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} + y_2 \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)}. \quad (5.5)$$

Пример. Пусть задана таблица значений функции $y = \ln x$ (табл. 5.1). Вычислить значение Y при $x = 1.23$ с использованием линейной и квадратичной интерполяции.

Решение. Для приближенного вычисления значения $\ln(1.23)$ воспользуемся формулами (5.4) и (5.5).

Возьмем $x_0 = 1.2$, $x_1 = 1.3$. Вычисление по формуле (5.4) дает значение $y = \ln(1.23) \approx L_1(1.23) \approx 0.206335$.

Для применения квадратичной интерполяции возьмем $x_0 = 1.1$, $x_1 = 1.2$, $x_2 = 1.3$ – три ближайших к точке $x = 1.23$ узла. Вычисляя по формуле (5.5), имеем $y = \ln(1.23) \approx L_2(1.23) \approx 0.207086$.

Заметим, что пока нам не известна погрешность полученных приближенных значений.

3. Погрешность интерполяции. Наиболее известна следующая теорема о погрешности интерполяции: пусть функция f дифференцируема $n + 1$ раз на отрезке $[a, b]$, содержащем узлы интерполяции x_i $i = 0, 1, \dots, n$. Тогда для погрешности интерполяции в точке $x \in [a, b]$ справедливо равенство

$$f(x) - P_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} \omega_{n+1}(x), \quad (5.6)$$

в котором $\omega_{n+1}(x) = (x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_n)$, а ξ – некоторая точка, принадлежащая интервалу (a, b) , $f^{(n+1)}$ – производная $(n + 1)$ степени.

Основное неудобство в использовании этой теоремы состоит в том, что входящая в формулу (5.6) для погрешности точка ξ неизвестна. Поэтому чаще используется не сама теорема, а ее следствие.

Следствие. В условиях теоремы справедлива оценка погрешности интерполяции в точке $x \in [a, b]$, имеющая вид

$$|f(x) - P_n(x)| \leq \frac{M_{n+1}}{(n+1)!} |\omega_{n+1}(x)|, \quad (5.7)$$

а также оценка максимума модуля погрешности интерполяции на отрезке $[a, b]$, имеющая вид

$$\max_{[a,b]} |f(x) - P_n(x)| \leq \frac{M_{n+1}}{(n+1)!} \max_{[a,b]} |\omega_{n+1}(x)|. \quad (5.8)$$

Здесь $M_{n+1} = \max_{[a,b]} |f^{(n+1)}(x)|$.

Пример. Оценим погрешность приближений к $\ln(1.23)$, полученных в примере 5.1 с помощью интерполяции многочленами первой и второй степени. В этих случаях неравенство (5.7) примет вид

$$|f(x) - L_1(x)| \leq \frac{M_2}{2} |(x - x_0)(x - x_1)|, \quad (5.9)$$

$$|f(x) - L_2(x)| \leq \frac{M_3}{6} |(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2)|. \quad (5.10)$$

Заметим, что для $f(x) = \ln(x)$ имеем $f^{(2)}(x) = -\frac{1}{x^2}$ и $f^{(3)}(x) = \frac{2}{x^3}$. Поэтому здесь $M_2 = \max_{[1.2, 1.3]} |f^{(2)}(x)| = \frac{1}{1.2^2} \approx 0.69$ и $M_3 = \max_{[1.1, 1.3]} |f^{(3)}(x)| = \frac{2}{1.1^3} \approx 1.5$. Тогда в силу неравенств (5.9) и (5.10) получаем следующие оценки погрешности:

$$\varepsilon_1 = |\ln(1.23) - L_1(1.23)| \leq \frac{0.69}{2} |(1.23 - 1.2)(1.23 - 1.3)| \approx 7.3 \cdot 10^{-4},$$

$$\varepsilon_2 = |\ln(1.23) - L_2(1.23)| \leq \frac{1.5}{6} |(1.23 - 1.1)(1.23 - 1.2)(1.23 - 1.3)| \approx 6.9 \cdot 10^{-5}.$$

Если на отрезке $[a, b]$ производная $f^{(n+1)}$ меняется слабо, то величина абсолютной погрешности $|f(x) - P_n(x)|$ почти полностью определяется значением функции $\omega_{n+1}(x)$. Представление о типичном характере поведения этой функции можно получить из рисунка 5.1.

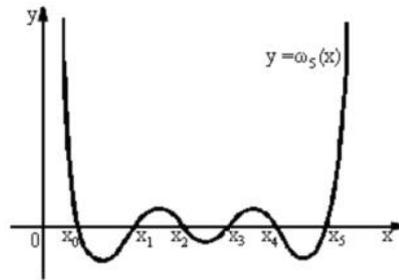


Рисунок 5.1 – Характер поведения функции $\omega_{n+1}(x)$ к примеру 5.2

Обратим внимание на то, что при выходе аргумента x за пределы отрезка наблюдения $[x_{\min}, x_{\max}]$ значение $|\omega_{n+1}(x)|$ быстро становится очень большим. Это объясняет ненадежность экстраполяции функции для значений аргумента, удаленных от отрезка наблюдения.

Пусть теперь $x_0 < x_1 < \dots < x_n$ и пусть $h_i = x_i - x_{i-1}$ i -й шаг таблицы, а $h_{\max} = \max_{\leq i \leq n} (h_i)$. Несколько огрубляя оценку (5.8), можно получить следующее неравенство:

$$\max_{[x_0, x_n]} |f(x) - P_n(x)| \leq \frac{M_{n+1}}{4(n+1)} h_{\max}^{n+1}$$

Оно позволяет утверждать, что для достаточно гладкой функции f при фиксированной степени интерполяционного многочлена погрешность интерполяции на отрезке $[x_0, x_n]$ при $h_{\max} \rightarrow 0$ стремится к нулю не медленнее, чем некоторая величина, пропорциональная h_{\max}^{n+1} . Этот факт принято формулировать так: интерполяция многочленом степени n имеет $(n+1)$ -й порядок точности относительно h_{\max} . В частности, линейная и квадратичная интерполяции имеют второй и третий порядки точности соответственно.

Задание. По данным, полученным у преподавателя, вычислить значение \mathcal{U} при известных \mathcal{X} с использованием линейной и квадратичной интерполяции. Определить погрешности полученных значений. Сделать выводы.

5.2 Примерные темы рефератов

1. Роль физико-математического моделирования в истолковании геофизических данных
2. Уравнения математической физики, применяемые при решении задач геофизики.
3. Особенности строения реальных геологических сред, определяющие принципы и методы решения прямых и обратных задач геофизики.

4. Теория потенциала, её роль в геофизике.
5. Классификация геофизических методов исследования.
6. Количественная и качественная интерпретация геофизических данных.
7. Вероятностная модель в естествознании и геофизике.
8. Основные методы численного моделирования геофизических полей.
9. Обратные задачи геофизики: особенности постановки и основные подходы к решению.
10. Нейрокомпьютерный подход и распознавание образов.
11. Приложение методов обработки изображений и сигналов в геофизике.

5.3 Вопросы к зачету

1. Основные уравнения математической физики: теплопроводности, Пуассона, Лапласа, волновое, Гельмгольца, Навье-Стокса, описываемые ими физические процессы и применение в геофизике.
2. Нормальное и аномальное поле силы тяжести. Редукции силы тяжести.
3. Численное интегрирование функций. Оптимальные квадратурные формулы. Оценка погрешности квадратур.
4. Методы разделения и трансформаций аномалий потенциальных полей. Истокообразные аппроксимации.
5. Методы обработки сейсмических данных. Фильтрация, деконволюция.
6. Распространение волн в слоистых средах. Преломлённые и отражённые волны. Годографы.
7. Методы решения прямой задачи сейсмологии в неоднородной среде. Лучевые и волновые методы.
8. Свёрточная модель в сейсморазведке. Преимущества, недостатки и границы применения.
9. Методы регуляризации при решении обратных задач геофизики. Использование априорной информации. Определение параметров регуляризации.
10. Эквивалентность и ϵ -эквивалентность при решении обратных задач геофизики.
11. Статистическая постановка задачи качественной интерпретации. Критерии оптимальности.
12. Количественная интерпретация и теория оптимального оценивания.
13. Спектральные методы в задачах обработки и интерпретации геофизических данных.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
05.03.01 Геология, направленность (профиль) «Геофизика»

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.10						
Дисциплина	Теория обработки геофизической информации						
Курс	4	семестр	7				
Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройства						
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Бекетова Елена Борисовна, канд.техн.наук, доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства						
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	144/4	Кол-во семестров	1	Форма контроля	зачет		
ЛК _{общ./тек. сем.}	32/32	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	32/32	ЛБ _{общ./тек. сем.}	-	СРС _{общ./тек. сем.}	80/80

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способностью использовать знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих ископаемых, экологической геологии для решения научно-исследовательских задач (в соответствии с направленностью (профилем) подготовки) (ПК-1);
- готовностью в составе научно-производственного коллектива участвовать в составлении карт, схем, разрезов и другой установленной отчетности по утвержденным формам (ПК-6).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ПК-1, ПК-6	Практическая работа	7	35	В течение семестра
ПК-1, ПК-6	Работа на практических занятиях	7	7	В течение семестра
ПК-1, ПК-6	Реферат	3	18	В течение семестра
Всего:			60	
ПК-1, ПК-6	Зачет		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
Всего:			40	
Итого:			100	
<i>Дополнительный блок</i>				
ПК-1, ПК-6	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
Всего баллов по дополнительному блоку			10	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.