

**Приложение 2 к РПД Теоретическая механика**  
**21.05.04 Горное дело**  
**Специализация № 3 «Открытые горные работы»**  
**Форма обучения – заочная**  
**Год набора - 2018**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ**  
**ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**1. Общие сведения**

|    |                     |  |
|----|---------------------|--|
| 1. | Кафедра             | Кафедра горного дела, наук о Земле и природообустройства |
| 2. | Специальность       | 21.05.04 Горное дело                                     |
| 3. | Специализация       | № 3 «Открытые горные работы»                             |
| 4. | Дисциплина (модуль) | Теоретическая механика                                   |
| 5. | Форма обучения      | заочная  |
| 6. | Год набора          | 2018   |

**2.Перечень компетенций**

– владение методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений (ОПК-9).

### 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   | 2                       | 3   | 4   | 5   | 6   |
| 1. Система сходящихся сил на плоскости и в пространстве. Кинематические способы задания движения точки.   | ОПК-9                   | основные понятия и концепции теоретической механики, важнейшие теоремы механики и их следствия, порядок применения теоретического аппарата механики в важнейшие практические приложения | пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла        | построением и исследованием математических и механических моделей технических систем  | Расчетно-графическое задание                |
| 2. Скорость точки. Ускорение точки.   | ОПК-9                   | основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования  | объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий | построением и исследованием математических и механических моделей технических систем  | Опрос                                       |
| 3. Поступательное движение. Вращательное движение Сферическое движение твердого тела. Общий случай движения точки. Общий случай движения твердого тела. | ОПК-9                   | основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования  | объяснять характер поведения механических систем с применением важнейших теорем механики и их следствий | построением и исследованием математических и механических моделей технических систем  | Опрос                                       |
| 4. Система материальных точек. Твердое тело. Моменты инерции твердого тела.   | ОПК-9                   | основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики   | пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла        | применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем | Тест  |
| 5. Теорема о движении центра масс механической системы. Теоремы об изменении количества движения материальной точки и механической системы.             | ОПК-9                   | основные методы исследования равновесия и движения механических систем, важнейших (типовых) алгоритмов такого исследования  | интерпретировать механические явления при помощи соответствующего теоретического аппарата               | применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем | Расчетно-графическое задание                |

| 1  | 2     | 3   | 4  | 5   | 6    |
|--|-------|---|--|---|------|
| 6. Дифференциальные уравнения движения механической системы в обобщенных координатах (Уравнения Лагранжа). | ОПК-9 | основные механические величины, их определения, смысл и значения для теоретической механики | пользоваться определениями механических величин и понятий для правильного истолкования их смысла | применением типовых алгоритмов исследования равновесия и движения механических систем | Тест |

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 4.1. Опрос

|                            |       |       |        |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| Процент правильных ответов | До 60 | 61-80 | 81-100 |
| Количество баллов          | 1     | 3     | 5      |

### 4.2. Расчетно-графическое задание

20 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задания, правильно изложил все варианты их решения, аргументировал их.

14 баллов выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных заданий, правильно изложил все варианты решения, аргументировал их.

7 баллов выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных заданий, правильно изложил все варианты их решения, аргументировал их.

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

### 4.3. Тест

|                            |       |       |        |
|----------------------------|-------|-------|--------|
| Процент правильных ответов | До 60 | 60-80 | 81-100 |
| Количество баллов          | 1     | 3     | 5      |

### 4.4. Опорный конспект

| Критерии оценки опорного конспекта  | Максимальное количество баллов |
|---|--------------------------------|
| - подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины только в текстовой форме;  | 2                              |
| - подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины в текстовой форме, которая сопровождается схемами, табличной информацией, графиками, выделением основных мыслей с помощью цветов, подчеркиваний. | 5                              |

*2. 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 по курсу «Теоретической механики»*

#### 5.1. Примеры решения задач

##### Расчетно-графическое задание №1

##### Определение реакций опор составной конструкции (система сочлененных тел)

Найти реакции опор и давление в промежуточном шарнире составной конструкции. Схемы конструкций представлены на рисунках, размеры в (м), нагрузка в табл.1

Пример выполнения задания:

Дано: схема конструкции (рис. 1);  $P_1 = 10 \text{ кН}$ ;  $P_2 = 12 \text{ кН}$ ;  $M = 25 \text{ кНм}$ ;  $q = 2 \text{ кН/м}$ ;  $\alpha = 60^\circ$ .

Определить реакции опор и давление в промежуточном шарнире.

Решение:

Сначала рассмотрим систему уравнивающих сил, приложенных ко всей конструкции (рис.2), что позволит определить вертикальные составляющие реакции опор  $A$  и  $B$ . Для упрощения вычисления момента силы  $\vec{P}_1$  раскладываем ее на составляющие по осям  $\vec{P}'_1$  и  $\vec{P}''_1$ :

$$P'_1 = P_1 \cos \alpha = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ кН};$$

$$P''_1 = P_1 \sin \alpha = 10 \cdot 0,866 = 8,66 \text{ кН}.$$

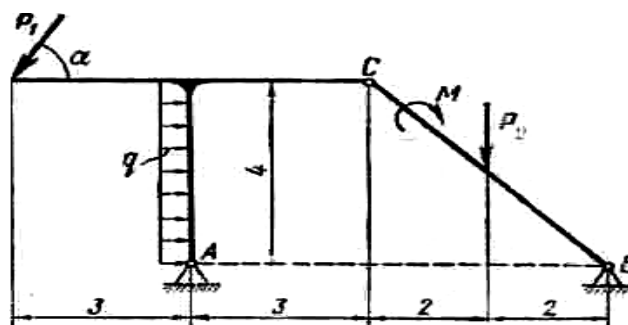


Рис. 1

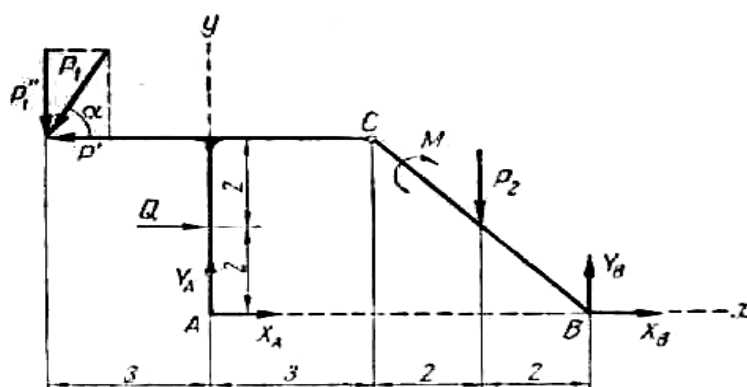


Рис.2

Уравнения равновесия имеют вид

$$\sum M_{iA} = 0; \quad P'_1 \cdot 4 + P''_1 \cdot 3 - Q \cdot 2 - M - P_2 \cdot 5 + Y_B \cdot 7 = 0, \quad (1)$$

где  $Q = L \cdot q = 4 \cdot 2 = 8 \text{ кН}$ ;

$$\sum Y_i = 0; \quad -P''_1 + Y_A - P_2 + Y_B = 0; \quad (2)$$

$$\sum X_i = 0; \quad X_A + X_B - P'_1 + Q = 0. \quad (3)$$

Из уравнения (1)

$$Y_B = \frac{-P'_1 \cdot 4 - P''_1 \cdot 3 + Q \cdot 2 + M + P_2 \cdot 5}{7} = \frac{-5 \cdot 4 - 8,66 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 25 + 12 \cdot 5}{7} = 7,86 \text{ кН}.$$

Из уравнения (2)

$$Y_A = P''_1 + P_2 - Y_B = 8,66 + 12 - 7,86 = 12,8 \text{ кН}.$$

Уравнение (3), содержащее два неизвестных, не позволяет определить их числовые значения. Рассмотрим теперь систему уравнивающих сил, приложенных к правой части конструкции (рис. 3).

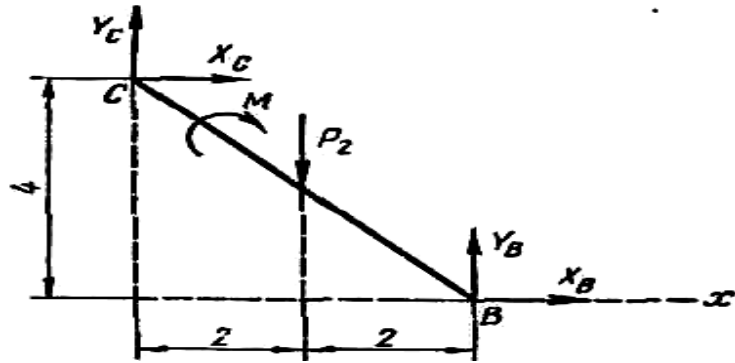


Рис.3

$$\Sigma M_{iC} = 0; \quad -M - P_2 \cdot 2 + X_B \cdot 4 = 0; \quad (4)$$

$$\Sigma X_i = 0; \quad X_B + X_C = 0; \quad (5)$$

$$\Sigma Y_i = 0; \quad Y_C - P_2 + Y_B = 0. \quad (6)$$

Из уравнения (4)

$$X_B = \frac{M + P_2 \cdot 2 - Y_B \cdot 4}{4} = \frac{25 + 12 \cdot 2 - 7,86 \cdot 4}{4} = 4,39 \text{ кН.}$$

Из уравнения (5)

$$X_C = -X_B = -4,39 \text{ кН.}$$

Из уравнения (6)

$$Y_C = P_2 - Y_B = 12 - 7,86 = 4,14 \text{ кН.}$$

Из уравнения (3)

$$X_A = -X_B + P_1' - Q = -4,39 + 5 - 8 = -7,39 \text{ кН.}$$

Для проверки правильности решения задачи убедимся в том, что соблюдается уравнение равновесия для сил, приложенных ко всей конструкции (см. рис. 2):

$$\Sigma M_{iB} = 0; \quad P_1' \cdot 4 + P_1'' \cdot 10 - Q \cdot 2 - Y_A \cdot 7 - M + P_2 \cdot 2 = \\ = 5 \cdot 4 + 8,66 \cdot 10 - 8 \cdot 2 - 12,8 \cdot 7 - 25 + 12 \cdot 2 = 130,6 - 130,6 = 0.$$

Результаты расчета сведем в таблицу.

| Силы, кН |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $X_A$    | $Y_A$ | $X_B$ | $Y_B$ | $X_C$ | $Y_C$ |
| -7,39    | 12,8  | 4,39  | 7,86  | -4,39 | 4,14  |

## 5.2 Типовые вопросы к опросу

### 1. Перечислить подробно основные способы задания движения точки (тела) в графическом и аналитическом вариантах

**Ответ:** Существуют три способа задания движения точки.

#### Векторный способ.

Положение точки определяется радиус-вектором (рис.1.1), проведённым в данную точку из неподвижного начала отсчёта.

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \equiv \overline{OM}(t).$$

С течением времени радиус-вектор будет изменяться, поэтому он является некоторой заданной векторной функцией времени  $\vec{r} = \vec{r}(t)$ . Это уравнение называется уравнением движения точки в векторной форме. Непрерывная кривая, с точками

которой в каждый момент времени совпадает движущаяся точка, называют траекторией. По отношению к различным системам отсчёта точка будет описывать разные кривые. Следовательно, траектория — относительное понятие. Геометрическое место концов переменного вектора называется годографом. Таким образом, траектория точки есть годограф радиус-вектора этой точки.

### Координатный способ.

Положение движущейся точки относительно выбранной системы отсчёта определяется её координатами в каждый момент времени (рис. 2):

$$x = f_1(t), \quad y = f_2(t), \quad z = f_3(t).$$

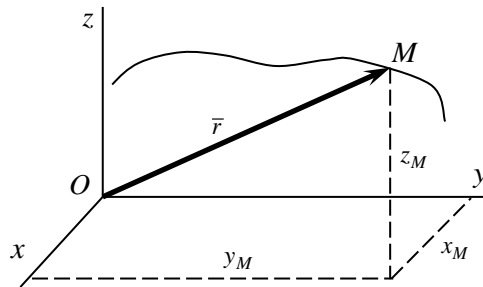


Рис. 2. Движение материальной точки

Функции  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$  должны быть однозначными, непрерывными и, по крайней мере, дважды дифференцируемыми. Уравнения движения точки в координатной форме можно рассматривать и как уравнения траектории в параметрическом виде. Если исключить из этих уравнений параметр  $t$ , то получим уравнение траектории, как пересечение двух поверхностей

$$F_1(x, y) = 0, \quad F_2(y, z) = 0.$$

### Естественный способ.

Если известен вид траектории, то движение точки удобно задать естественным способом (рис. 3). Для этого на траектории назначают начало отсчёта (точка  $O$ ), направление отсчёта и записывают зависимость дуговой координаты  $s$  от времени  $t$

$$OM = s(t).$$

Функция  $s = s(t)$  по самой природе механического движения должна быть непрерывной и однозначной.

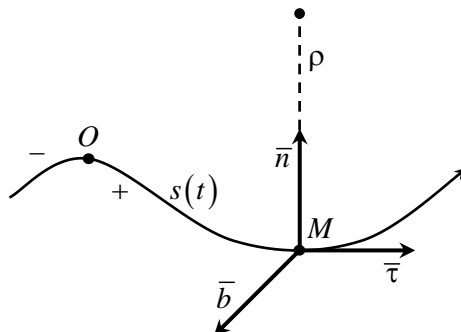


Рис. 3. Естественный координатный базис

С траекторией точки можно связать естественный координатный базис: единичные векторы касательной —  $\bar{\tau} = \frac{d\bar{r}}{ds}$ , главной нормали —  $\bar{n} = \frac{1}{\rho} \frac{d\bar{\tau}}{ds}$  и бинормали к траектории

$\bar{b} = \bar{\tau} \times \bar{n}$ . Здесь  $\rho$  — радиус кривизны траектории.

Эти три вектора образуют естественный репер, вдоль них идут естественные оси. Координатные плоскости образуют сопровождающий трёхгранник и носят названия: плоскость  $(\bar{\tau}, \bar{n})$  — соприкасающаяся, плоскость  $(\bar{n}, \bar{b})$  — нормальная, плоскость  $(\bar{b}, \bar{\tau})$  — спрямляющая.

## 2. Классификация движений точки по касательному и нормальному ускорениям

**Ответ:** Существует следующая градация движений точки по перечисленным ускорениям, а именно

- если  $a_\tau \neq 0, a_n = 0$ , то точка движется прямолинейно;
- если  $a_\tau = 0, a_n \neq 0$ , то точка движется равномерно по криволинейной траектории;
- если  $a_\tau > 0, v > 0$  или  $a_\tau < 0, v < 0$ , то точка движется ускоренно в сторону возрастания или убывания дуговой координаты соответственно;
- если  $a_\tau < 0, v > 0$  или  $a_\tau > 0, v < 0$ , то точка движется замедленно;
- если  $\rho = const$ , то точка движется по окружности.

## 3. Принцип освобождаемости от связей

**Ответ:** Тела, равновесие которых изучается, в большинстве случаев контактируют с другими окружающими телами, ограничивающими свободу данного тела. Тела, ограничивающие свободу данного тела, являются по отношению к нему связями. Воздействия связей на тело называются реакциями связей. Мысленно отбросив все связи и заменив их воздействием реакциями, получим свободное тело, на которое действуют как приложенные (активные) так и реактивные силы (реакции связей). Этот прием имеет название принципа освобождаемости от связей.

## 4. Перечислите основные свойства пар сил

**Ответ:** Свойства пар сил определяются рядом теорем, которые приводятся без доказательств:

- Две пары эквивалентны, если их векторные моменты равны по величине и одинаково направлены.
- Действие пары на тело не изменится, если ее перенести в плоскости действия на любое место.
- Действие пары на тело не изменится, если ее перенести из плоскости действия в параллельную ей плоскость.
- Действие пары на тело не изменится, если увеличить (уменьшить) величину силы пары, одновременно уменьшая (увеличивая) во столько же раз плечо пары.

## 5. Классификация задач динамики (две задачи динамики).

**Ответ:** В динамике решают две задачи:

### Первая задача динамики

По известным кинематическим уравнениям и массе точки требуется определить силу, вызывающую заданное движение. Задача решается двойным дифференцированием радиус-вектора материальной точки по времени, с последующим умножением результата на массу.



## Вторая основная задача динамики.

По заданным силам и массе точки требуется определить закон движения. Вторая основная задача связана с интегрированием. В соответствии с этим можно говорить и об относительной сложности этих задач. Обычно вторая основная задача значительно

### 5.3. Типовое тестовое задание

(правильные ответы на тесты выделены «жирным» шрифтом)

#### 1. СТАТИКА

1.1. Статика – это раздел теоретической механики, который изучает \_\_\_\_\_

**1. общие законы равновесия материальных точек и твердых тел и их взаимодействие;**

2. условия равновесия тел под действием внутренних сил;

3. равновесие тел как перемещение в пространстве; характеристики тел и причины, вызывающие движение, не рассматриваются.

1.2. Максимальное число неизвестных сил реакций связей в \_\_\_\_\_

1. катковой опоре;

**2. жесткой заделке;**

3. цилиндрическом шарнире .

1.3. Проекция силы равна нулю при значении угла  $\alpha$  между силой и осью \_\_\_\_\_

1.  $\alpha = 0$  град ;

**2.  $\alpha = 90$  град ;**

3.  $\alpha = 180$  град.

#### 2. КИНЕМАТИКА

2.1. Твердое тело вращается по закону  $\phi = 2t^2 - 3t$ . Угловая скорость вращения тела в момент вращение  $t = 1$ с равна ...  $c^{-1}$

1. 4;

2. 7;

**3. 3.**

2.2. Точка движется по прямой с постоянным ускорением  $a = -3 \text{ м/с}^2$ . Такое движение точки называют \_\_\_\_\_.

**1. равномерным;**

2. равноускоренным;

3. равнозамедленным.

2.3. Дополнительно указывают траекторию движения при ----- способе задания движения точки

**1. при естественном;**

2. при координатном;

3. при любом способе задания движения.

#### 3. ДИНАМИКА

3.1. Векторная величина, равная первой производной скорости или второй производной пути по времени, называется \_\_\_\_\_

**1. ускорение касательное;**

2. скорость;

3. нормальное ускорение.

3.2. Величина, равная произведению модуля силы на путь и косинус угла между направлением силы и направлением перемещения, называется \_\_\_\_\_

1. энергия;

**2. работа;**

3. мощность.

### 3.3. Сила – это \_\_\_\_\_

1. векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие тел между собой;
2. векторная величина, характеризующая механическое взаимодействие сил между собой;
3. векторная величина, характеризующая динамическое взаимодействие сил между собой.

### 5.4 Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Модели материальных тел. Сила, момент силы.
2. Системы сил и их преобразования.
3. Условия равновесия твердого тела под действием систем сил.
4. Связи и реакции связей.
5. Равновесие системы тел.
6. Сцепление и трение скольжения.
7. Трение качения.
8. Центр параллельных сил.
9. Центр тяжести твердого тела.
10. Способы задания движения точки.
11. Определение скорости и ускорения точки.
12. Поступательное движение твердого тела.
13. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.
14. Плоскопараллельное движение твердого тела.
15. Движение тела вокруг неподвижной точки.
16. Движение свободного твердого тела (общий случай движения).
17. Сложное движение точки.
18. Относительное, переносное и абсолютное движения.
19. Теоремы о сложении скоростей и ускорений в случае сложного движения.
20. Сложное движение твердого тела.
21. Сложение поступательных движений.
22. Сложение вращательных движений.
23. Сложение поступательных и вращательных движений.
24. Законы динамики.
25. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
26. Две основные задачи динамики.
27. Свободные колебания без учета сил сопротивления.
28. Свободные колебания при вязком сопротивлении (затухающие колебания)
29. Вынужденные колебания.
30. Дифференциальные уравнения относительного движения материальной точки.
31. Влияние вращения Земли на равновесие и движение тел.
32. Механическая система. Силы внешние и внутренние.
33. Масса системы. Центр масс.
34. Моменты инерции.
35. Дифференциальные уравнения движения системы.
36. Теоремы об изменении количества движения точки и системы.
37. Теорема о движении центра масс.
38. Момент количества движения точки и системы.
39. Теорема об изменении кинетического момента (теорема моментов).
40. Кинетическая энергия точки и системы.
41. Мощность и работа силы.
42. Теорема об изменении кинетической энергии.
43. Поступательное движение твердого тела.

44. Вращательное движение твердого тела вокруг неподвижной оси.
45. Плоскопараллельное движение твердого тела.
46. Явление удара, теорема об изменении количества движения при ударе.
47. Прямой центральный удар двух движущихся тел.
48. Принцип Даламбера для точки и для системы.
49. Главный вектор и главный момент сил инерции.
50. Основные понятия аналитической механики.
51. Принцип возможных перемещений.
52. Общее уравнение динамики.
53. Уравнения Лагранжа.
54. Функция Гамильтона. Канонические уравнения механики (уравнения Гамильтона).

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
**21.05.04 Горное дело**  
**специализация №3 «Открытые горные работы»**  
(код, направление, профиль)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

|   |  |                                 |             |                              |                    |
|---|--|---------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------|
| Шифр дисциплины по РУП                  | <b>Б1.Б.36</b>                                   |                                 |             |                              |                    |
| Дисциплина                              | <b>Теоретическая механика</b>                    |                                 |             |                              |                    |
| Курс                                    | <b>2, 3</b>                                      | семестр                         | <b>4, 5</b> |                              |                    |
| Кафедра                                 | горного дела, наук о Земле и природообустройства |                                 |             |                              |                    |
| Ф.И.О. преподавателя, звание, должность | Карначев И. П., д-р техн. наук, профессор        |                                 |             |                              |                    |
| Общ. Трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>    | <b>252/7</b>                                     | Кол-во семестров                | <b>2</b>    | Форма контроля               | <b>Экзамен 9/9</b> |
| ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>            | <b>14/14</b>                                     | ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub> | <b>4/4</b>  | ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub> | <b>-/-</b>         |
|   |  | СРС <sub>общ./тек. сем.</sub>   |             |                              | <b>225/225</b>     |

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**  
(код, наименование)

ОПК-9- владение методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений

| Код формируемой компетенции       | Содержание задания             | Количество мероприятий | Максимальное количество баллов | Срок предоставления              |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <i><b>Вводный блок</b></i>        |                                |                        |                                |                                  |
| Не предусмотрен                   |                                |                        |                                |                                  |
| <i><b>Основной блок</b></i>       |                                |                        |                                |                                  |
| ОПК-9                             | Опрос                          | 2                      | 10                             | Во время сессии                  |
| ОПК-9                             | Расчетно-графическое задание   | 2                      | 40                             | За две недели до сессии          |
| ОПК-9                             | Тест                           | 2                      | 10                             | Во время сессии                  |
| <b>Всего:</b>                     |                                |                        | <b>60</b>                      |                                  |
| ОПК-9                             | Экзамен                        | Вопрос 1               | 20                             | По расписанию                    |
|                                   |                                | Вопрос 2               | 20                             |                                  |
| <b>Всего:</b>                     |                                |                        | <b>40</b>                      |                                  |
| <b>Итого:</b>                     |                                |                        | <b>100</b>                     |                                  |
| <i><b>Дополнительный блок</b></i> |                                |                        |                                |                                  |
| ОПК-9                             | Составление опорного конспекта |                        | 5                              | По согласованию с преподавателем |

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.