

**Демонстрационный вариант практической части
предпрофессионального экзамена
2018-2019 учебный год**

Исследовательское направление

Одним из наиболее экономически выгодных способов генерации электроэнергии является применение гидроэнергетики или гидроэлектростанций. Принципиальная схема гидроэлектростанции представлена на рисунке 1. состоит из следующих элементов (рис. 1): 1 – водохранилище, 2 – напорный туннель, 3 – уравнильный резервуар, 4 – трубопровод, 5 – запорное устройство, 6 – турбина.

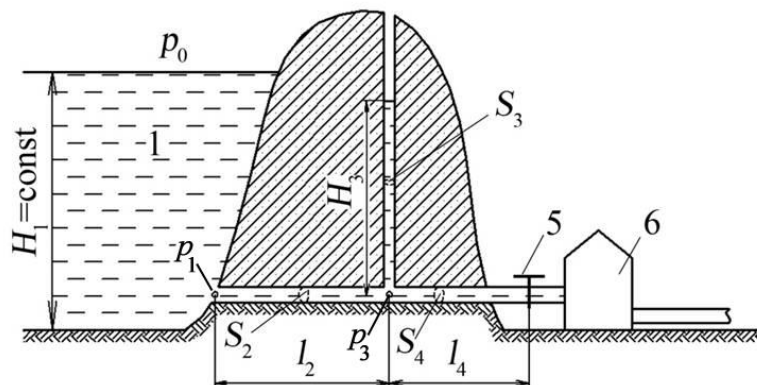


Рисунок 1. Принципиальная схема гидроэлектростанции

1 – водохранилище, 2 – напорный туннель, 3 – уравнильный резервуар, 4 – трубопровод, 5 – запорное устройство, 6 – турбина.

Падение давления Δp по длине трубы определяется следующим соотношением

$$\Delta p = Q_{\text{ж}} \cdot R_{\text{г}}$$

где $Q_{\text{ж}}$ – объёмный расход жидкости [$\text{м}^3/\text{с}$], $R_{\text{г}}$ – гидравлическое сопротивление трубы [$\text{Па} \cdot \text{с}/\text{м}^3$].

Для трубы круглого сечения из закона Пуазейля гидравлическое сопротивление равно

$$R_{\text{г}} = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

где η – динамическая вязкость [$\text{Па} \cdot \text{с}$], l – длина трубы, r – радиус трубы.

Напором или пьезометрическим напором в гидравлике называют величину равную

$$H = z + \frac{p}{\rho g}$$

где z – геометрическая (нивелирная) высота, p – давление жидкости, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения.

Вопросы:

1) Определить зависимость высоты столба жидкости в уравнительном резервуаре H_3 от изменения объёмного расхода жидкости на входе в турбину. Считать уровень воды в водохранилище неизменным, гидравлическим сопротивлением запорного устройства пренебречь.

2) Определить гидравлический напор на входе в турбину если $R_2=100$ Па·с/м³, $R_4=0.5 \cdot R_2$, ρ воды=1000 кг/м³, глубина водохранилища (до входа в напорную магистраль) 200 м, расход 250 м³/с.

Решение:

1) При закрытом запорном устройстве высота уровня жидкости в уравнительном резервуаре равна высоте уровня жидкости в водохранилище.

Давление p_1 на входе в напорный туннель определяется соотношением

$$p_1 = \rho g H_1,$$

и так как $H_1 = \text{const}$, остаётся неизменным.

Падение давления в напорной трубе можно определить из соотношения

$$p_1 - p_3 = R_2 Q_2,$$

тогда

$$p_3 = p_1 - R_2 Q_2.$$

Высота столба жидкости в уравнительном резервуаре

$$H_3 = \frac{p_3}{\rho g},$$

При постоянном расходе жидкости $Q_2 = Q_4$

Тогда в зависимости от объёмного расхода жидкости на входе в турбину

$$H_3 = H_1 - \frac{R_2 Q_4}{\rho g}.$$

При увеличении объёмного расхода уровень будет понижаться.

2) Предположим, что на входе в турбину давление p_6 , тогда

$$p_1 - p_6 = Q_2 (R_2 + R_4),$$

$$p_6 = p_1 - Q_2 (R_2 + R_4).$$

Так как труба горизонтальна, то

$$H_6 = H_1 - \frac{Q_4 (R_2 + R_4)}{\rho g} = 200 - \frac{250 \cdot 1.5 \cdot 100}{1000 \cdot 10} = 196 \text{ м}$$

Основные критерии оценивания решения задач по направлениям: конструкторское, исследовательское, технологическое

- 1. Выделение основных физических процессов, их последовательности и причинно-следственных связей.** Данный пункт подразумевает оценку текстового и графического описания физических процессов.
- 2. Правильная формализация физических процессов, запись основных зависимостей (формул), описывающих физические процессы или состояния элементов системы.** В качестве исходных формул необходимо использовать законы и определения физических величин, общие известные уравнения процессов и состояний.

3. **Составление системы уравнений, алгоритма расчета, математической модели.** Здесь корректная запись системы является приоритетной относительно упрощения и приведения к удобному виду. Оценивается умение комбинировать и преобразовывать выражения, с целью получения нужных данных.
4. **Проведение расчетов, получение и представление результата.** Оценивание каждого вопроса задачи производится отдельно с весовым коэффициентом, равным $(1/[\text{количество вопросов}])$, а также добавляется бонусный балл за качество оформления или представления ответа.

Критерии оценивания решения задач

	Конструкторская	Технологическая	Исследовательская
1. Выделение физических процессов, последовательности и причинно-следственных связей			
Основные баллы	9	8	10
Графическое описание	+3	+3	+2
Структурирование	+2	+2	+2
Максимальное число баллов за этап	14	13	14
2. Формализация физических процессов			
Основные баллы	8	9	10
Максимальное число баллов за этап	8	9	10
3. Подготовка системы уравнений, алгоритма, математической модели			
Основные баллы	8	8	10
Преобразование системы уравнений	+2	+2	+3
Максимальное число баллов за этап	10	10	13
4. Проведение расчетов, получение и представление результата			
Расчеты и результат	9	8	5
Представление результата	+3	+4	+2
Максимальное число баллов за этап	12	12	7
5. Дополнительные баллы в соответствии со спецификой задачи			

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Максимальное число баллов за этап	6	6	6
Общее количество баллов			
Максимальная сумма баллов за задачу	50	50	50