

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
«20» января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

 Р.А. Ковалев

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«Гидравлика напорных потоков»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**08.04.01 – "Строительство"**

с профилем  
**"Водоснабжение и водоотведение"**

Форма(ы) обучения: очная, заочная


Идентификационный номер образовательной программы: 080401-01-22

Тула 2022 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

**Разработчик(и):**

Белоусов Р.О., доцент, к.т.н., доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

---

(подпись)

## **1. Описание фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

Фонд оценочных средств (оценочные материалы) включает в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю). Указанные контрольные задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины (модуля), а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

Полные наименования компетенций и индикаторов их представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## **2. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

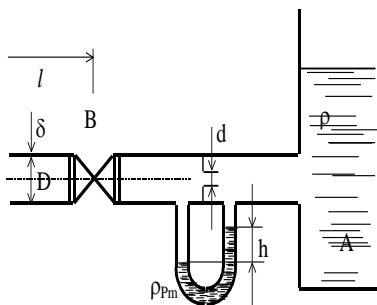
### **Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.1)**

1. Понятие о коротких трубопроводах.
2. Понятие о длинных трубопроводах.
3. Понятие и формула определения коэффициента сопротивления короткого трубопровода.
4. Понятие и формула определения напора самотечной трубы.
5. Понятие и формула определения коэффициента расхода самотечной трубы.
6. Определение производительности самотечной трубы.
7. Определение потерь напора в самотечной трубе.
8. Определение диаметра самотечной трубы.
9. Понятие о сифонной трубе.
10. Определение максимальной высоты сифона.
11. Определение максимальной высоты всасывания насоса.
12. Расчет потоков в длинных трубопроводах
13. Понятие и формула удельного сопротивления трубопровода.
14. Определение удельного сопротивления с помощью таблиц
15. Определение потерь напора в дырчатых трубопроводах.
16. Определение общих потерь напора при последовательном сопротивлении труб.
17. Сложение характеристик участков при их последовательном соединении.
18. Распределение общего расхода по участкам параллельно соединенных труб.
19. Сложение характеристик участков при их параллельном соединении.
20. Принцип расчета и построения напорной линии потока в тупиковой сети.
21. Принцип расчета и построения напорной линии потока в кольцевой среде.
22. Понятие о гидравлическом ударе в трубах.
23. Фаза гидравлического удара.
24. Понятие о прямом, непрямом и обратном гидравлическом ударе.
25. Факторы, влияющие на величину гидравлического удара.

### 3. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.2)

#### Задача 1



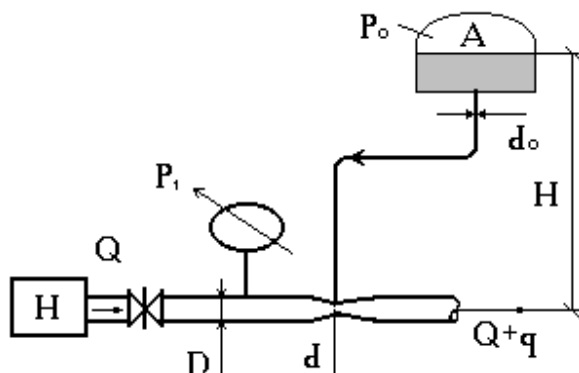
Вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\beta_p = 5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ ) подается по трубе длиной  $l$ , внутренним диаметром  $D$ , толщиной стенок  $\delta$ , выполненной из материала с модулем упругости  $E_m$ . Расход воды, поступающей в резервуар, измеряется с помощью водомерной шайбы с диаметром отверстия  $d$ , коэффициентом расхода  $\mu$  и ртутного ( $\rho_{\text{рт}} = 13600 \text{ кг/м}^3$ ) дифманометра, показание которого равно  $h$ . В конце трубы установлена задвижка  $B$ , которая способна перекрывать все сечения трубы за интервал времени  $t$ .

Определить величину дополнительных напряжений  $\sigma$  в стенках трубы при гидравлическом ударе, возникающем при перекрытии сечения трубы задвижкой  $B$ .

#### Исходные данные

| Величина | Единица измерения | Вариант          |                  |                  |                  |                  |
|----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          |                   | 1                | 2                | 3                | 4                | 5                |
| $l$      | км                | 6,2              | 6,4              | 7,5              | 8,0              | 8,3              |
| $D$      | мм                | 300              | 350              | 400              | 450              | 500              |
| $\delta$ | мм                | 10               | 12               | 12               | 14               | 15               |
| $E_m$    | кПа               | $96 \times 10^6$ | $80 \times 10^6$ | $60 \times 10^6$ | $02 \times 10^6$ | $10 \times 10^6$ |
| $d$      | мм                | 100              | 120              | 250              | 300              | 350              |
| $\mu$    | -                 | 0,75             | 0,77             | 0,79             | 0,74             | 0,76             |
| $h$      | см                | 20               | 25               | 22               | 24               | 23               |
| $t$      | с                 | 15               | 20               | 12               | 18               | 22               |

#### Задача 2



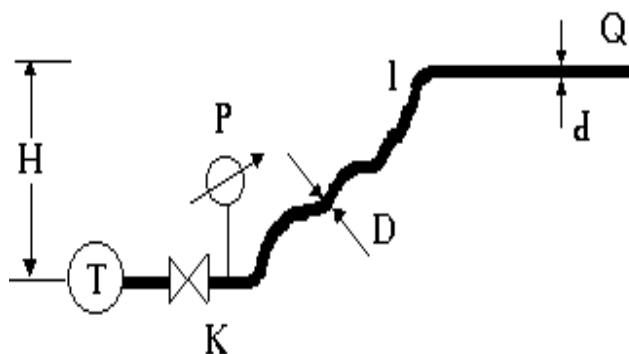
Насос  $H$  подает воду ( $\rho_v=1000\text{кг/м}^3$ ) в трубопровод с внутренним диаметром  $D$  под давлением  $p_1$  в количестве  $Q$ . В напорном бачке  $A$ , расположенном на высоте  $H$  под давлением  $p_0$  находится раствор реагента ( $\rho_p = 1010 \text{ кг/м}^3$ ), который должен подаваться в трубопровод в количестве  $q$ . Для этого в трубопроводе устроено сужение до диаметра  $d$ , в горловину которого подсоединена труба внутренним диаметром  $d_0$  от напорного бачка  $A$ , ее коэффициент расхода равен  $\mu_{кт}$ .

Определить давление  $p_0$  в напорном бачке  $A$ , необходимое для подачи требуемого количества реагента.

Исходные данные

| Величина   | Единица измерения | Вариант |      |      |      |      |
|------------|-------------------|---------|------|------|------|------|
|            |                   | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    |
| $Q$        | л/с               | 70      | 130  | 35   | 52   | 80   |
| $q$        | л/с               | 0,5     | 0,8  | 0,4  | 0,5  | 0,6  |
| $D$        | мм                | 300     | 350  | 200  | 250  | 300  |
| $d$        | мм                | 100     | 150  | 80   | 80   | 100  |
| $d_0$      | мм                | 25      | 32   | 20   | 25   | 32   |
| $p_1$      | мПа               | 0,20    | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,24 |
| $\mu_{кт}$ | —                 | 0,45    | 0,48 | 0,42 | 0,44 | 0,46 |
| $H$        | м                 | 1,5     | 1,6  | 1,7  | 1,8  | 2,0  |

Задача 3



Пожарный прорезиненный рукав внутренним диаметром  $D$  и длиной  $l$  подсоединен к напорному трубопроводу  $T$  через задвижку  $K$ , давление после которой  $p$  измеряется манометром. Рукав заканчивается насадкой (стволом) диаметром на выходе  $d$ , коэффициентом сжатия струи  $\varepsilon$  и коэффициентом сопротивления  $\zeta$ ; он поднят над точкой подсоединения к трубопроводу на высоту  $H$ . Под действием давления из пожарного ствола вылетает струя воды ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ).

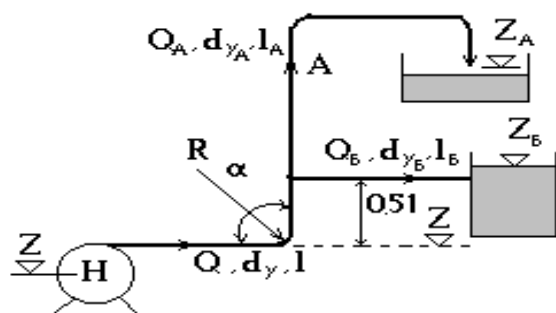
Определить расход  $Q$  струи, вылетающей из пожарного ствола.

Исходные данные

| Величина | Единица измерения | Вариант |   |   |   |   |
|----------|-------------------|---------|---|---|---|---|
|          |                   | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |

|               |     |      |      |     |      |      |
|---------------|-----|------|------|-----|------|------|
| D             | мм  | 50   | 66   | 77  | 89   | 50   |
| $l$           | м   |      | 130  | 125 | 140  | 110  |
| d             | мм  | 20   | 40   | 40  | 50   | 30   |
| $\zeta$       | —   | 30   | 0.15 | 0.1 | 0.14 | 0.16 |
| $\varepsilon$ | —   | 0.2  | 0.98 | 1.0 | 0.94 | 0.96 |
| H             | м   | 0.95 | 12   | 14  | 16   | 20   |
| $\rho$        | кПа | 10   | 850  | 900 | 950  | 1000 |
|               |     | 800  |      |     |      |      |

## Задача 4



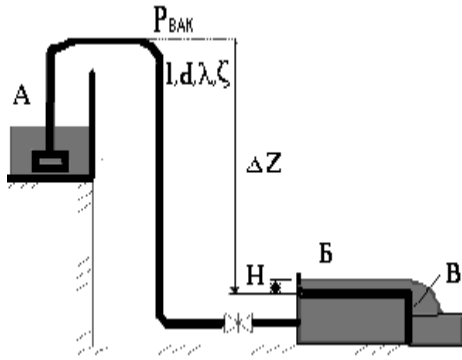
Насос  $H$  расположенный на отметке  $z$  подает воду ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ) по тупиковой системе труб в резервуар  $A$  свободной струей (расход  $Q_A$ ) и в резервуар  $B$  - под уровень (расход  $Q_B$ ). Трубы новые стальные электросварные, диаметры их по участкам  $d_y$ ,  $d_{yA}$  и  $d_{yB}$ , а длины участков соответственно  $l$ ,  $l_A$  и  $l_B$ .

В середине начального участка  $A$  расположено колено трубопровода под углом  $\alpha = \pi/2$ . Сила давления воды на него  $R$  зависит от давления  $p$  в данном сечении потока. Определить силу  $R$ , если объемным способом замерено, что в бак  $A$  за интервал времени  $t$  поступает объем  $W$  воды.

Исходные данные

| Величина | Единица Измерения | Вариант |     |     |     |     |
|----------|-------------------|---------|-----|-----|-----|-----|
|          |                   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   |
| $d_y$    | мм                | 200     | 250 | 300 | 300 | 250 |
| $d_{yA}$ | мм                | 50      | 60  | 75  | 80  | 60  |
| $d_{yB}$ | мм                | 100     | 125 | 150 | 175 | 150 |
| $l$      | м                 | 400     | 450 | 420 | 440 | 430 |
| $l_A$    | м                 | 52      | 56  | 48  | 46  | 44  |
| $l_B$    | м                 | 100     | 110 | 116 | 114 | 120 |
| $z$      | м                 | 74      | 76  | 78  | 77  | 72  |
| $z_A$    | м                 | 98      | 97  | 102 | 105 | 96  |
| $z_B$    | м                 | 87      | 85  | 91  | 94  | 88  |
| $W$      | л                 | 200     | 210 | 190 | 200 | 180 |
| $t$      | с                 | 102     | 80  | 45  | 38  | 85  |

## Задача 5



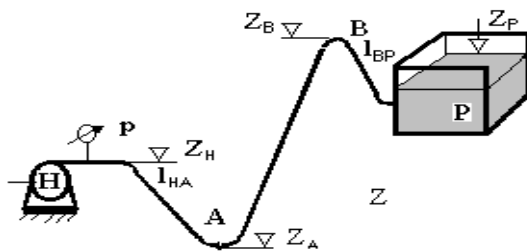
Вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ) перекачивается из резервуара *A* в резервуар *B* сифонной трубой внутренним диаметром  $d$ , разрежение в верхнем сечении которой равно  $p_{\text{вак}}$ . Длина нисходящей ветви сифонной трубы равна  $l$ , гидравлические сопротивления ее характеризуются коэффициентами  $\lambda$  и  $\Sigma\zeta$ . Для измерения расхода  $Q$  принят мерный треугольный водослив *B* с углом выреза  $\theta = \pi/2$ . Напор над гребнем водослива равен  $H$ . Превышение верхнего сечения сифонной трубы над гребнем водослива равно  $\Delta z$ .

Определить в процентах величину разрежения  $p_{\text{вак}}$ , если атмосферное давление равно  $p_{\text{атм}}$ .

Исходные данные

| Величина         | Единица измерения | Вариант |       |       |       |       |
|------------------|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
|                  |                   | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     |
| $d$              | мм                | 100     | 125   | 150   | 125   | 100   |
| $l$              | м                 | 15      | 16    | 18    | 17    | 14    |
| $\lambda$        | —                 | 0,029   | 0,027 | 0,025 | 0,026 | 0,028 |
| $\Sigma\zeta$    | —                 | 3,4     | 3,2   | 3,1   | 3,5   | 3,9   |
| $\Delta z$       | м                 | 4,1     | 4,3   | 3,8   | 3,9   | 4,2   |
| $H$              | см                | 12      | 14    | 15    | 13    | 11    |
| $p_{\text{атм}}$ | мм рт.ст          | 735     | 740   | 745   | 750   | 755   |

## Задача 6



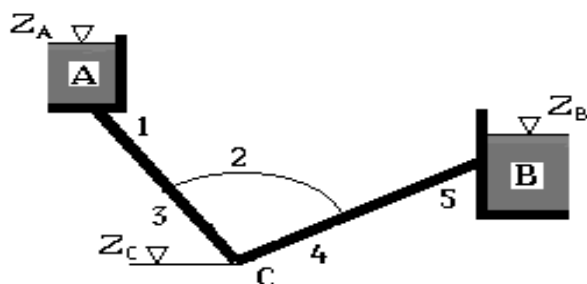
Насос *H*, расположенный на отметке  $z_n$ , создавая давление  $p_n$ , подает жидкость плотностью  $\rho$  по напорному трубопроводу постоянного диаметра длиной  $L$  в приемный резервуар *P*, уровень жидкости в котором расположен на отметке  $z_p$ , а манометрическое давление ее паров  $p_p$ . Ось трубопровода имеет наинизшую отметку  $z_a$  в точке *A*, расположенной от насоса расстоянии  $l_{на}$ , а наивысшую  $z_b$  - в точке *B*, расположенной от резервуара на расстоянии  $l_{бр}$ .

Определить абсолютные давления (в кПа) в точках *A* и *B*, если атмосферное давление  $p_{\text{атм}}$ .

Исходные данные

| Величина  | Единица измерения | Вариант |     |     |      |      |
|-----------|-------------------|---------|-----|-----|------|------|
|           |                   | 1       | 2   | 3   | 4    | 5    |
| $Z_H$     | м                 | 74      | 82  | 66  | 88   | 76   |
| $P_H$     | ат                | 5,6     | 5,8 | 6,2 | 6,4  | 6,6  |
| $L$       | м                 | 850     | 860 | 870 | 880  | 900  |
| $z_p$     | м                 | 86      | 98  | 78  | 99   | 85   |
| $p_p$     | мм рт.ст.         | 70      | 72  | 71  | 74   | 73   |
| $z_A$     | м                 | 52      | 63  | 45  | 74   | 63   |
| $l_{HA}$  | м                 | 140     | 150 | 160 | 170  | 180  |
| $z_B$     | м                 | 98      | 110 | 90  | 111  | 94   |
| $l_{BP}$  | м                 | 210     | 220 | 230 | 240  | 250  |
| $\rho$    | кг/м <sup>3</sup> | 950     | 960 | 970 | 980  | 990  |
| $p_{атм}$ | м вод. ст.        | 10.1    | 9.9 | 9.8 | 10.2 | 10.3 |

## Задача 7



Вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ) из резервуара А подается в резервуар В по системе труб, состоящей из пяти участков длиной  $l_i$  из не новых стальных водопроводных труб диаметром  $d_i$ . Отметки уровней воды в резервуарах  $z_A$  и  $z_B$ , отметка наинизшего сечения трубопровода на стыке 3-го и 4-го участков  $z_C$ .

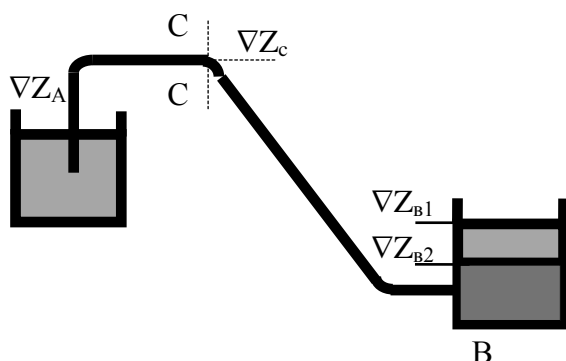
Определить манометрическое давление воды  $p_C$  в наинизшем сечении трубопровода.

## Исходные данные

| Величина    | Единица измерения | Вариант |      |      |      |      |
|-------------|-------------------|---------|------|------|------|------|
|             |                   | 1       | 2    | 3    | 4    | 5    |
| $z_A$       | м                 | 118     | 122  | 126  | 130  | 140  |
| $z_B$       | м                 | 72      | 74   | 81   | 88   | 92   |
| $z_C$       | м                 | 61      | 65   | 70   | 72   | 80   |
| $d_{3,4}$   | мм                | 100     | 150  | 200  | 250  | 100  |
| $d_{1,2,5}$ | мм                | 150     | 200  | 250  | 300  | 150  |
| $l_1$       | км                | 0,2     | 0,22 | 0,21 | 0,24 | 0,23 |
| $l_2$       | км                | 0,82    | 0,81 | 0,79 | 0,83 | 0,85 |
| $l_3$       | км                | 0,41    | 0,44 | 0,43 | 0,45 | 0,48 |
| $l_4$       | км                | 0,52    | 0,56 | 0,57 | 0,51 | 0,53 |
| $l_5$       | км                | 1,40    | 1,29 | 1,31 | 1,09 | 1.18 |



## Задача 8



Вода ( $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\nu = 0,01 \text{ Ст}$ ) из резервуара с постоянным уровнем на отметке  $z_A$  подается в резервуар с переменным уровнем на отметке от  $z_{B1}$  до  $z_{B2}$ , с помощью сифонной трубы, верх которой расположен на отметке  $z_C$ . Сифонная труба имеет внутренний диаметр  $d$ , шероховатость  $\Delta_{\text{э}}$ , общую длину  $L$ , длину головной части (до сечения с-с)  $l_r$ . Повороты трубы на углы  $\pi/2$  и  $\pi/4$  выполнены радиусом  $R=2d$ . Труба оборудована краном К в виде прямооточного вентиля.

Определить интервал изменения абсолютного давления в сечении с-с при атмосферном давлении  $p_{\text{атм}}$

Исходные данные

| Величина            | Единица измерения | Вариант |       |       |       |       |
|---------------------|-------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
|                     |                   | 1       | 2     | 3     | 4     | 5     |
| $Z_A$               | м                 | 110     | 115   | 117   | 120   | 125   |
| $Z_{B1}$            | м                 | 108     | 113   | 115   | 118   | 123   |
| $Z_{B2}$            | м                 | 104     | 109   | 111   | 114   | 119   |
| $Z_C$               | м                 | 111,2   | 116,3 | 118,4 | 121,5 | 126,8 |
| $d$                 | мм                | 100     | 80    | 40    | 80    | 100   |
| $\Delta_{\text{э}}$ | мм                | 0,09    | 0,1   | 0,08  | 0,07  | 0,11  |
| $L$                 | м                 | 15      | 16    | 17    | 18    | 19    |
| $l_r$               | м                 | 2,1     | 2,2   | 2,3   | 2,4   | 2,5   |
| $p_{\text{атм}}$    | мм рт.ст.         | 730     | 735   | 740   | 745   | 750   |

#### 4. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся (защиты курсовой работы (проекта)) по дисциплине (модулю)

Задание: вода из точки водозабора насосом подается в бак, из которого перетекает по сложным трубопроводам в точку водразбора.

Требуется определить: не заданные значения отметок и давлений; силу давления воды на люк в стенке бака и глубину погружения точки приложения этой силы (центр давления); расходы воды на всех участках водоводов (как до бака, так и после него) и режимы движения воды в них; скорость истечения воды из отверстия расположенного в дне баке; увеличение давления в водоводе при аварийной остановке насоса.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-2 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-2.3)**

Проверяется:

- соответствие выполненной работы заданию
- определение геодезических отметок узлов сети
- определение давлений
- определение потерь напора
- определение расходов простых и сложных трубопроводов
- определение параметров гидравлического удара