

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 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению лабораторных работ**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Водоснабжение и водоотведение»**

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

по направлению подготовки  
**08.03.01 – "Строительство"**

с профилем  
**"Промышленное и гражданское строительство"**

Форма(ы) обучения: очная, очно-заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-05-23

Тула 2023 год

## Разработчик(и) методических указаний

### Разработчик:

Корнеева Н.Н., доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по дисциплине «Водоснабжение и водоотведение» предназначены для ознакомления студентов:

- с работой водопроводных сетей городов в различных ситуациях;
- с сравнением работы различных систем городского водопровода;
- с работой повысительных установок;
- с конструкцией насосов, применяемых в системах водоснабжения и водоотведения;
- с методикой построения рабочих характеристик насосов.

Лабораторные работы, выполняемые студентами, распределены по двум разделам:

1. Изучение работы различных водопроводных систем города. На модели водопроводной городской сети студенты знакомятся с различными системами водоснабжения (прямоточные, обратные и т.д.), различными схемами водоснабжения (кольцевые и тупиковые), приобретают навыки построения пьезометрических линий сети.

Выполняются на установке «Моделирование режимов работы водопроводной сети» (ауд. 8/103)

2. Изучение работы повысительных установок. На стендах лаборатории по изучению конструкций насосов студенты знакомятся с конструкциями и принципом действия различных насосов, применяемых в системах водоснабжения (консольные, вертикальные и т.д.) и в системах водоотведения (фекальные) (ауд. 8/211)

Студенты приобретают навыки опытного построения рабочих характеристик центробежных консольных насосов, изучают совместную работы двух одинаковых насосов.

1. Выполняются на установке «Насосное оборудование» (ауд. 8/103)

При измерении расходов допускается использование ультразвукового расходомера "АКРОН-01"

## **РАБОТА КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНЕ В ЕЕ НАЧАЛЕ**

Установка должна быть включена по схеме “Башня в начале сети”.

Уровень воды в баке должен быть постоянным, для чего в бак постоянно подается подпиточный расход. В течение всей работы должен наблюдаться перелив.

Все участки, примыкающие к внешнему контуру, должны быть перекрыты.

Соппротивление отдельных участков сети меняется в зависимости от степени открытия пробковых кранов на этих участках. Пробковый кран на участке 1-2 должен быть открыт полностью. Пробковый кран на участке 8-9 должен быть закрыт. Степень закрытия пробковых кранов на участках по линиям 1-2-3-4-5-6-7-8 и 1-14-13-12-11-10-9 должна постепенно увеличиваться.

После этого водоразборные краны в узлах 8 и 9 должны быть полностью открыты.

Необходимо замерить:

1) узловые расходы  $Q_8$  и  $Q_9$ ,  $\text{см}^3/\text{с}$ , с помощью секундомера и мерного сосуда;

2) величины пьезометрических напоров в узлах, расположенных по внешнему контуру,  $H_n$ , см:

$$\Delta h_{ik} = q_{ik}^2 * S_{ik},$$

где  $\Delta h_{ik}$ - потери напора на участке (разница пьезометрических напоров в узлах данного участка);

$q_{ik}$ - расход,  $\text{см}^3/\text{с}$ , проходящий по данному участку.

По результатам замеров определяется сопротивление участков внешнего контура:

$$S_{ik} = \Delta_{ik} / q_{ik}^2 .$$

Затем необходимо полностью открыть пробковый кран на участке 8-9, а  $S_{8-9} = S_{1-2}$ .

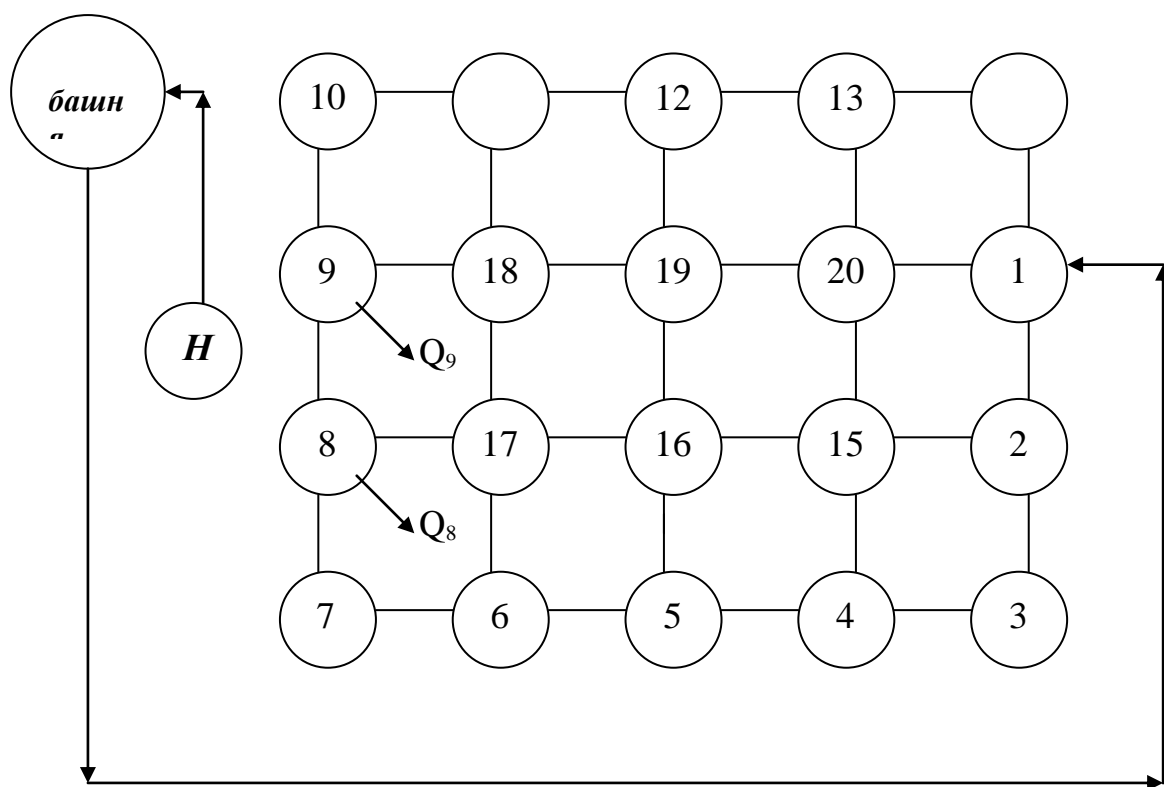
Целью проведения работы является уяснение студентами следующих вопросов:

1. Соотношение между конфигурацией пьезометрической линии и направлением движения воды в участках сети.
2. Установление режима работы различных участков сети по виду пьезометрической линии на этих участках.
3. Составление уравнения I-го закона Кирхгофа для узлов кольцевой сети.
4. Изменение режима работы отдельных участков сети в зависимости от изменения точки водозабора.

Перед началом работы на установке преподаватель должен напомнить студентам следующие положения:

1. I-ый и II-ой законы Кирхгофа (привести пример составления уравнений).
2. Построение пьезометрической линии и связь её уклона с потерями напора на участках и направлением движения воды по ним.

Преподаватель должен подробно объяснить, а студенты составить схему лабораторной установки.



Перед началом проведения работы лаборант должен включить установку в положение “башня в начале сети”, наполнить бак башни до уровня верхней переливной трубы, о чем свидетельствует тонкая струйка из переливной трубы. Этот режим должен поддерживаться в продолжении всей работы.

Все участки, примыкающие к внешнему контуру, должны быть перекрыты.

Преподаватель должен обратить внимание студентов на то, что при отсутствии движения воды по трубам во всех узлах сети пьезометры показывают одинаковые напоры.

При подаче воды в узел 1 преподаватель должен полностью открыть водоразборные краны в узлах 8 и 9, наблюдая процесс формирования пьезометрической линии и объясняя закономерность её конфигурации.

После стабилизации положения пьезометрической линии один из студентов читает показания пьезометров по всем 14 узлам внешнего контура сети, а остальные студенты записывают эти показания в таблицу. Студенты, пользуясь мерным сосудом и секундомером, замеряют расходы в узлах 8 и 9:

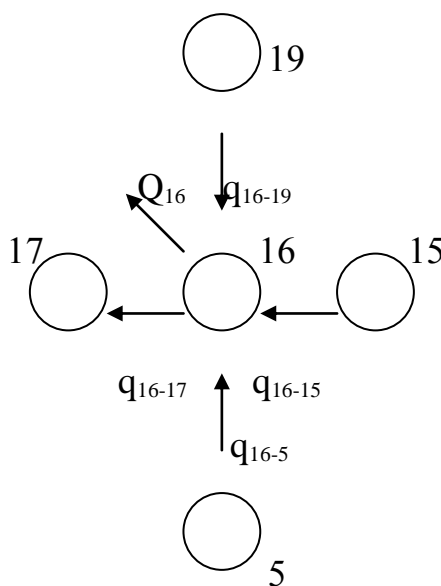
$$Q=W/t.$$

Водоразбор из узлов 8 и 9 прекращается и установка временно должна быть выключена. Студентам предлагается самостоятельно на схеме, пользуясь составленной таблицей, проставить на всех участках сети стрелки, указывающие направления движения воды. Если положения пьезометров по концам какого-либо участка совпадают, то вместо стрелки следует поставить 0.

В эту таблицу студенты должны занести величины полного сопротивления  $S_{ik}$  каждого из участков сети, которые им должен дать преподаватель. Зная направление движения воды по участкам и узловые расходы в узлах 8 и 9, студенты должны самостоятельно расписать величины расходов воды по участкам  $q_{ik}$ , причем расходы на участках, где вода движется по часовой стрелке, записываются со знаком “+”, а

расходы на участках, где вода движется против часовой стрелки, записываются со знаком “-”. Полученные значения величины  $q_{ik}$ ;  $S_{ik}$ ;  $H_{п1,1}$  передаются в вычислительный зал для вычисления величин пьезометрических напоров в узлах сети на ЭВМ. Итоги расчета на ЭВМ заносятся в таблицу.

Следующим этапом работы является уяснение смысла уравнения I-го закона Кирхгофа, для чего должны быть открыты пробковые краны на всех участках сети. Преподаватель должен открыть водоразбор из узлов 16 и 17 так, чтобы движение воды происходило от узла 16 к узлу 17, а затем предлагает студентам составить уравнение I-го закона Кирхгофа для узла 16, причем, расход в узле 16 предлагается замерить объемным способом. На доске составляется схема работы узла 16:



Студенты (один из них составляет уравнение на доске) должны записать показания пьезометров  $\Pi_{15}$ ,  $\Pi_{16}$ ,  $\Pi_{17}$ ,  $\Pi_{19}$ , определить направления движения воды на участках, примыкающих к узлу, проставить на схеме узла стрелки, а затем составить уравнение:

$$q_{16} - q_{16-17} + q_{16-19} + q_{16-15} - Q_{16} = 0.$$

Двое студентов (с секундомером и мерным цилиндром) должны замерить объем  $W$ ,  $\text{см}^3$ , и время  $t$ , с, при наборе воды в цилиндр из узла 16, а затем вычислить на доске величину  $Q_{16}$ .



Следующим этапом работы является самостоятельное построение студентами пьезометрической линии по контуру 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-1 по показаниям пьезометров.

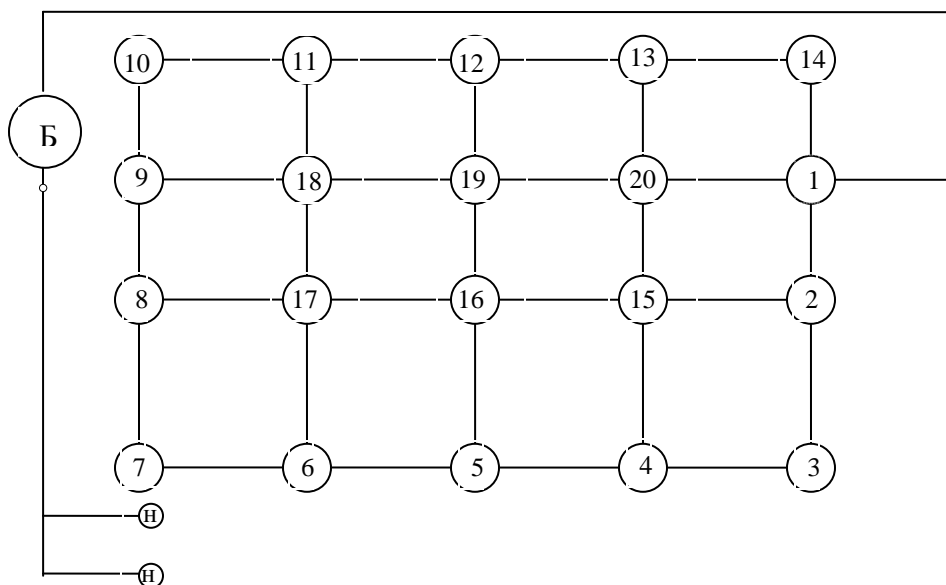
Затем студенты должны построить вторую пьезометрическую линию по контуру 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-1 по данным, полученным с ЭВМ.

В заключении работы студенты должны сформулировать выводы, дав ответы на вопросы:

1. Как по уклону пьезометрической линии определить направление движения воды в трубе?
2. Почему на отдельных участках кольцевой сети пьезометрическая линия имеет большой уклон, а на некоторых малый?
3. Как от изменения местоположения точки водоразбора может измениться работа отдельных участков кольцевой сети?
4. Почему наблюдается расхождение между величинами пьезометрических напоров по данным АВМ и ЭВМ?

**Лабораторная работа №  
РАБОТА КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ ПРИ ВОДОНАПОРНОЙ  
БАШНЕ В ЕЕ НАЧАЛЕ**

**1. Схема опытной установки**



**Б** – водонапорная башня

**н** – насосы

**1** – узлы

Рис.1 Схема опытного стенда

**2.Регистрация опытных данных**

**Таблица 1**

| <b>№<br/>узлов</b> | <b>Нп,<br/>м.в.с.</b> | <b>q,<br/>л/с</b> |
|--------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>1</b>           | <b>2</b>              | <b>3</b>          |
| 1                  |                       |                   |
| 2                  |                       |                   |
| 3                  |                       |                   |
| 4                  |                       |                   |
| 5                  |                       |                   |
| 6                  |                       |                   |
| 7                  |                       |                   |
| 8                  |                       |                   |
| 9                  |                       |                   |
| 10                 |                       |                   |
| 11                 |                       |                   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 12 |  |  |
| 13 |  |  |
| 14 |  |  |
| 15 |  |  |
| 16 |  |  |
| 19 |  |  |

**3. Обработка результатов опыта**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**4. Выводы:**

**Подпись студента.....**

**Работу принял .....**

**«.....».....200...г.**

## СРАВНЕНИЕ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОЙ И ТУПИКОВОЙ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.

Цель работы: показать различия в изменении пьезометрических напоров при кольцевом и тупиковом режиме работы.

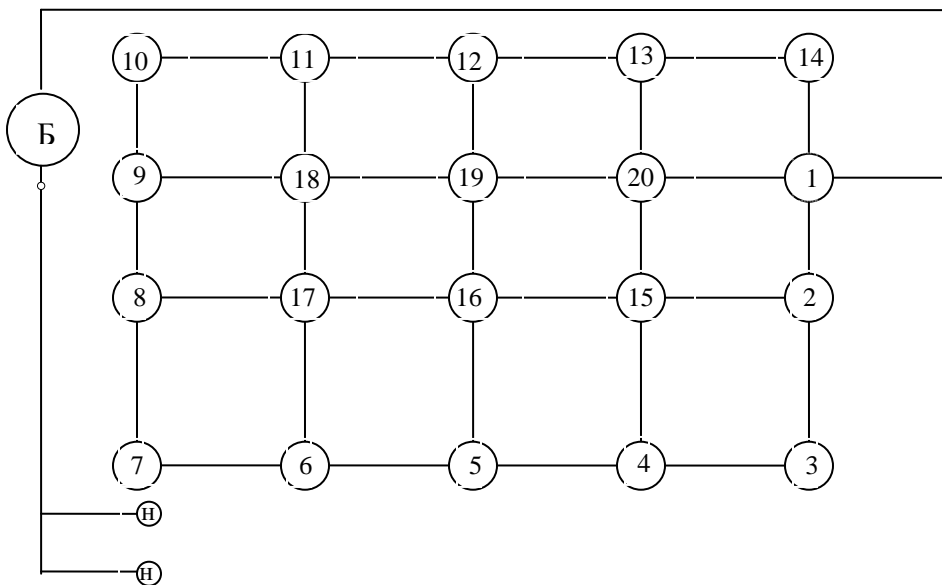
Работа выполняется в 2-х режимах:

1-й: подключение и снятие характеристик аналогично работе №1 с включенным водоразбором по 4...5 точкам по выбору студентов.

2-й: тоже, с перекрытым соединением на внешнем контуре  
Строятся пьезометрические линии по обоим режимам.

### Лабораторная работа СРАВНЕНИЕ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОЙ И ТУПИКОВОЙ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ.

#### 1.Схема опытной установки



**Б** – водонапорная башня

**н** – насосы

**1** – узлы

Рис.1. Схема опытного стенда

## 2. Регистрация опытных данных

### Таблица 1

| №<br>узлов | $H^K$ ,<br>м.в.с. | $q^K$ ,<br>л/с | $H^T$ ,<br>м.в.с. | $q^T$ ,<br>л/с |
|------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| 1          | 2                 | 3              | 4                 | 5              |
| 1          |                   |                |                   |                |
| 2          |                   |                |                   |                |
| 3          |                   |                |                   |                |
| 4          |                   |                |                   |                |
| 5          |                   |                |                   |                |
| 6          |                   |                |                   |                |
| 7          |                   |                |                   |                |
| 8          |                   |                |                   |                |
| 9          |                   |                |                   |                |
| 10         |                   |                |                   |                |
| 11         |                   |                |                   |                |
| 12         |                   |                |                   |                |
| 13         |                   |                |                   |                |
| 14         |                   |                |                   |                |

### 3. Обработка результатов опыта

[illegible]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

#### 4. Выводы:

Подпись студента.....

Работу принял .....

«.....».....200...г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ С БАШНЕЙ В ЕЕ НАЧАЛЕ В СЛУЧАЕ АВАРИИ.**

Цель работы: ознакомление студентов с режимом работы кольцевой водопроводной сети в случае аварии; уяснение ими, где и почему при возникновении аварии наступает отказ.

Отказом мы называем такие точки сети, в которых после возникновения аварии наблюдается нехватка напора или расхода.

Перед началом работы преподаватель должен объяснить студентам, где и на каком участке сети авария наиболее опасна для водопотребителей города. Такими участками являются участки, примыкающие к узлу присоединения кольцевой водопроводной сети к водоводам от насосной станции II подъема, т.к. при возникновении аварии на этих участках наибольшее число водопотребителей страдает от полной или частичной нехватки воды.

В данной работе лабораторная установка должна быть включена по схеме “башня в начале сети” с подключением бака водонапорной башни в точке 1. В бак постоянно должен поступать подпиточный расход воды, через переливную трубу в течение всей работы должен наблюдаться перелив.

Первым этапом работы является имитация обычного (доаварийного) потребления воды городом. При этом необходимо соблюдать следующие правила:

- 1 - кран в точке 7 должен быть почти полностью открыт;
- 2 - из каждого узла сети должен забираться значительный расход воды;
- 3 - через переливную трубу должен наблюдаться незначительный перелив.

Студенты измеряют:



- 1 - узловой расход в каждом из узлов сети;
- 2 - пьезометрический напор в каждом узле сети;
- 3 - пьезометрический напор в каждом узле сети.

Для более быстрого проведения работы желательно создать 3 бригады студентов, каждая из которых состоит из 2-х человек. 1-я бригада должна замерять расход в узлах 2,3,4,5,6,7,8,17,16,15; 2-я бригада – в узлах 1,20,19,18,9,10,11,12,13,14; 3-я бригада снимает показания пьезометров. Расход в узле определяется с помощью мерного цилиндра и секундомера:

$$Q = W/t, \text{ л/с.}$$

Для быстрейшего проведения замеров следует определять объем воды, которая поступит в мерный сосуд за  $t = 10$  сек. Тогда:

$$Q = 0,1 * W,$$

т.е. не требуется громоздких вычислений. Если расход воды в узле значительный, следует определить объем воды, которая поступит в мерный сосуд за 5 сек. Тогда:

$$Q = 0,2 * W.$$

Вторым этапом работы является имитация аварии на участке 1-2. Для этого пробковый кран на этом участке должен быть повернут на  $90^\circ$  (90 градусов). Вода по этому участку не идет. Уменьшение расходов в узлах, лежащих на магистралях 2-8, 3-7, наблюдается визуально. На это следует обратить внимание студентов. Студенты замеряют:

- 1 – узловой расход в каждом из узлов сети;
- 2 - пьезометрический напор в каждом узле сети;
- 3 – сумму узловых расходов по всей сети.

Для того чтобы наибольшее число студентов принимало участие в проведение лабораторной работы, следует полностью изменить состав бригад.

Необходимо обратить внимание студентов на то, что сумма узловых расходов воды до аварии превышает сумму узловых расходов воды после аварии.

Третий этап работы: студенты должны определить те узлы, в которых очень сильно изменился узловой расход. Путем дополнительного открытия кранов студентов должны попытаться восстановить доаварийные расходы воды в этих узлах.

Четвертый этап работы. Студенты измеряют:

- 1 - узловые расходы в каждом из узлов сети;
- 2 - пьезометрический напор в каждом узле сети;
- 3 - сумма узловых расходов по всей сети.

По результатам замеров на схеме сети должны быть построены линии равных давлений для 1-го и 4-го случаев.

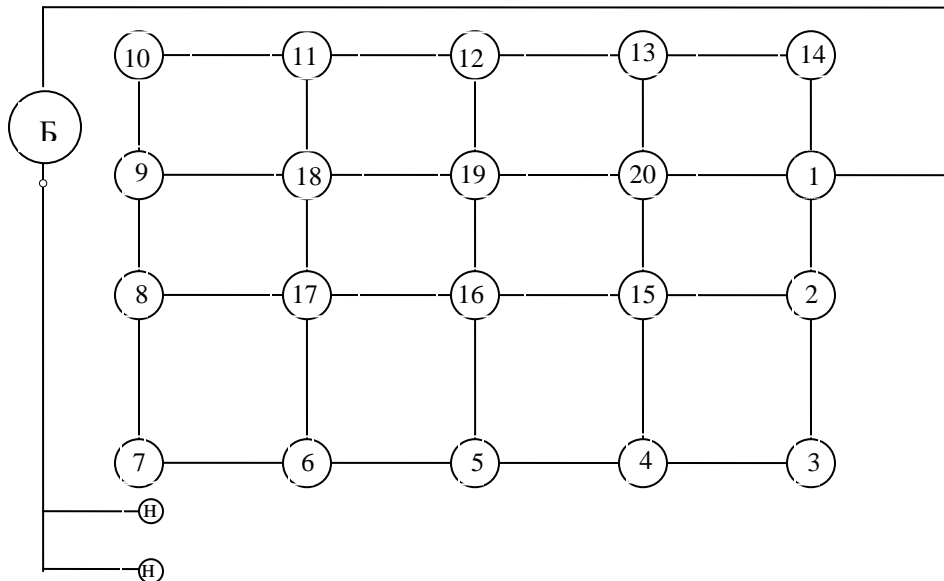
По полученной пьезокарте должна быть определена зона частичного или полного отказа в водообеспечении в результате возникновения аварии. Зона отказа заштриховывается. Должна быть проанализирована работа участков 1-14, 1-20, 1-2 до и после аварии.

Контрольные вопросы:

1. Какие меры предусматривают СНиП 2.04.02-84\* в случае возникновения аварии в кольцевой водопроводной сети?
2. Авария на каких участках сети наиболее тяжело скажется на водообеспечении города?
1. Как изменяются узловые расходы до и после аварии в узлах сети?

**Лабораторная работа**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ С**  
**БАШНЕЙ В ЕЕ НАЧАЛЕ В СЛУЧАЕ АВАРИИ.**

**1. Схема опытной установки**



**Б** – водонапорная башня

**н** – насосы

**1** – узлы

Рис.1 Схема опытного стенда

**2. Результаты опытных данных**

**Таблица 1**

| №<br>узлов | $H^k_{п,}$<br>м.в.с. | $q^k,$<br>л/с | $H^{ав}_{п,}$<br>м.в.с. | $q^{ав},$<br>л/с | % снижения<br>расхода |
|------------|----------------------|---------------|-------------------------|------------------|-----------------------|
| 1          | 2                    | 3             | 4                       | 5                | 6                     |
| 1          |                      |               |                         |                  |                       |
| 2          |                      |               |                         |                  |                       |
| 3          |                      |               |                         |                  |                       |
| 4          |                      |               |                         |                  |                       |
| 5          |                      |               |                         |                  |                       |
| 6          |                      |               |                         |                  |                       |
| 7          |                      |               |                         |                  |                       |

|    |  |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|--|
| 8  |  |  |  |  |  |
| 9  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |

**3. Обработка результатов опыта**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**4. Выводы:**

Подпись студента.....  
Работу принял .....  
«.....».....200...г.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.

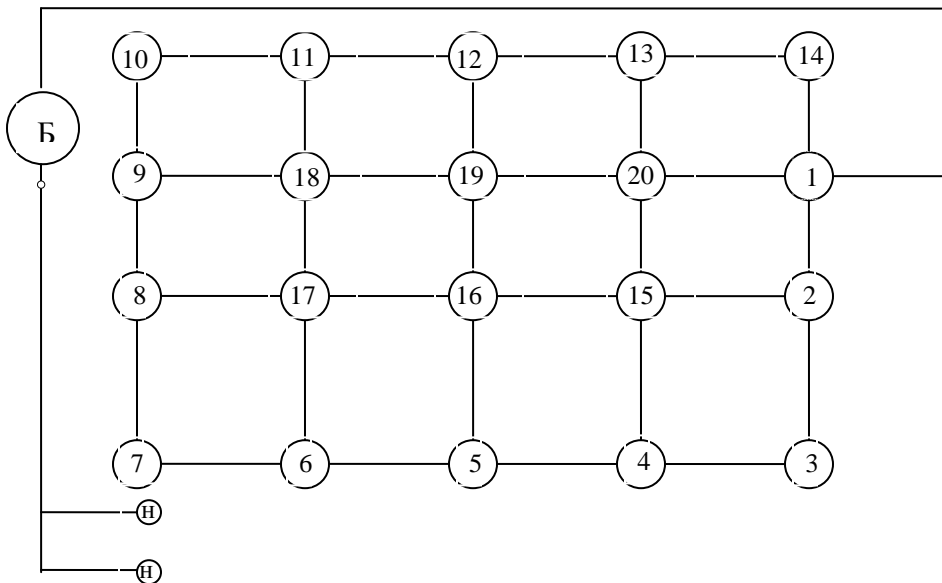
Цель работы: изучение возможности изменения давления в узловых точках путем изменения местных сопротивлений на участках сети.

Выполнение работы:

1. Включаем установку в режиме описанном в работе №1, замеряем узловые расходы и пьезометрические напоры.
2. Изменяем местные сопротивления на межузловых участках путем частичного перекрытия кранов.
3. Замеряем полученные узловые расходы и пьезометрические напоры.

### Лабораторная работа ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.

#### 1. Схема опытной установки



Б – водонапорная башня

н – насосы

1 – узлы

Рис.1 Схема опытного стенда

#### 2. Результаты опытных данных

## Таблица 1

| №<br>УЗЛОВ | $H_{п}^K$ ,<br>м.в.с. | $q_{п}^K$ ,<br>л/с | $H_{п}^{ав}$ ,<br>м.в.с. | $q_{п}^{ав}$ ,<br>л/с | $H_{рег}$ ,<br>м.в.с. | $q_{рег}$ ,<br>л/с | % снижения<br>расхода |
|------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1          | 2                     | 3                  | 4                        | 5                     | 6                     | 7                  | 8                     |
| 1          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 2          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 3          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 4          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 5          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 6          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 7          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 8          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 9          |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 10         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 11         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 12         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 13         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 14         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 15         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 16         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 17         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 18         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 19         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |
| 20         |                       |                    |                          |                       |                       |                    |                       |

### 3. Обработка результатов опыта

[illegible]

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

#### 4. Выводы:

Подпись студента.....

Работу принял .....

«.....».....200...г.

#### Вопросы к защите лабораторных работ №1,2,3,4

1. Из каких основных элементов состоит водонапорная башня ...?
2. Отношение высоты бака к его диаметру принимается ...?
3. В баке водонапорной башни должен находиться ...?
4. Формула для определения объёма водонапорной башни выглядит следующим образом...?
5. Формула для определения объёма резервуара выглядит следующим образом...?
6. Водоводы – это трубопроводы, которые ...?
7. Магистральные линии – это трубопроводы, которые ...?
8. Распределительные линии – это трубопроводы, которые ...?
9. Расстояние между линиями водовода ...?
10. По конфигурации в плане наружные сети могут быть...?
11. Расход - это ...?
12. Единицы измерения расхода?
13. Тупиковые сети применяют ...?
14. Что является задачей гидравлического расчета водопроводной сети?
15. В зависимости для гидравлического расчета  $q = \omega v$ ,  $q$  это ...?
16. В зависимости для гидравлического расчета  $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ ,  $\omega$  это ...?
17. В зависимости для гидравлического расчета  $q = \omega v$ ,  $\omega$  это ...?
18. В зависимости для гидравлического расчета  $q = \omega v$ ,  $v$  это ...?
19. В зависимости для гидравлического расчета  $d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}$ ,  $v$  это ...?
20. В зависимости для гидравлического расчета  $d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}$ ,  $q$  это ...?
21. В зависимости для гидравлического расчета  $d = \sqrt{\frac{4q}{\pi v}}$ ,  $d$  это ...?
22. В зависимости для гидравлического расчета  $v = \frac{q}{\omega}$ ,  $v$  это ...?



23. В зависимости для гидравлического расчета  $v = \frac{q}{\omega}$ ,  $q$  это ...?
24. В зависимости для гидравлического расчета  $v = \frac{q}{\omega}$ ,  $\omega$  это ...?
25. В зависимости для гидравлического расчета  $h_{\Pi} = il$ ,  $h_{\Pi}$  это ...?
26. В зависимости для гидравлического расчета  $h_{\Pi} = il$ ,  $i$  это ...?
27. В зависимости для гидравлического расчета  $h_{\Pi} = il$ ,  $l$  это ...?
28. На какие случаи ведется расчет водопроводной сети города?
29. Расчет водопроводной сети города ведут на...?
30. При каких скоростях движения воды в трубопроводах могут возникать гидравлические удары?
31. Первый закон Кирхгофа, описывающий движение воды в замкнутых контурах?
32. Второй закон Кирхгофа, описывающий движение воды в замкнутых контурах?
33. Водопроводная сеть считается увязанной если...?
34. Основные задачи водоснабжения?
35. Что называется системой водоснабжения?
36. Перечислите встречающиеся системы водоснабжения (по характеру обслуживаемых объектов)
37. Перечислите системы водоснабжения (по способу использования воды).
38. Что такое обратная система?
39. Что такое прямоточная система?
40. Система с повторным использованием воды это:...?
41. К физическим свойствам качества воды относятся?:
42. К химическим свойствам качества воды относятся?:
43. К бактериальным показателям качества воды относятся?:
44. Коэффициентом часовой неравномерности называется ...?
45. Коэффициентом суточной неравномерности называется ...?
46. Размеры отдельных элементов водопровода определяются ...?
47. Основным фактором, определяющим режим работы систем водоснабжения, является ...?
48. Определите правильную очередность элементов водоснабжения по ходу движения воды от источника к потребителю.
49. Роль водонапорной башни (ВБ) в системе водоснабжения города?
50. Свободный напор в колонках уличной сети при одноэтажной застройке должен быть ...?
51. Свободный напор в сети при двух и более этажной застройке равен?
52. Диктующей точкой называют ...?
53. Водонапорную башню располагают:
54. Напор, необходимый для тушения пожара?
55. В баке водонапорной башни должен находиться ...?
56. Формула для определения объёма водонапорной башни выглядит следующим образом...?
57. Формула для определения объёма резервуара выглядит следующим образом...?
58. Как по уклону пьезометрической линии определить направление движения воды в трубе?

59. Почему на отдельных участках кольцевой сети пьезометрическая линия имеет больший уклон, а на других малый?
60. Отказ сети при аварийном режиме – это...?

**Лабораторная работа**  
**ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНОГО**  
**КОНСОЛЬНОГО НАСОСА МАРКИ К50-32-125**

**1. Цели и задачи работы.**

Цель работы – дать знания и привить навыки по испытаниям центробежных насосов. Задача работы – обучить студентов методике проведения испытаний с целью получения напорных и энергетических характеристик центробежных насосов.

**2. Основы теории.**

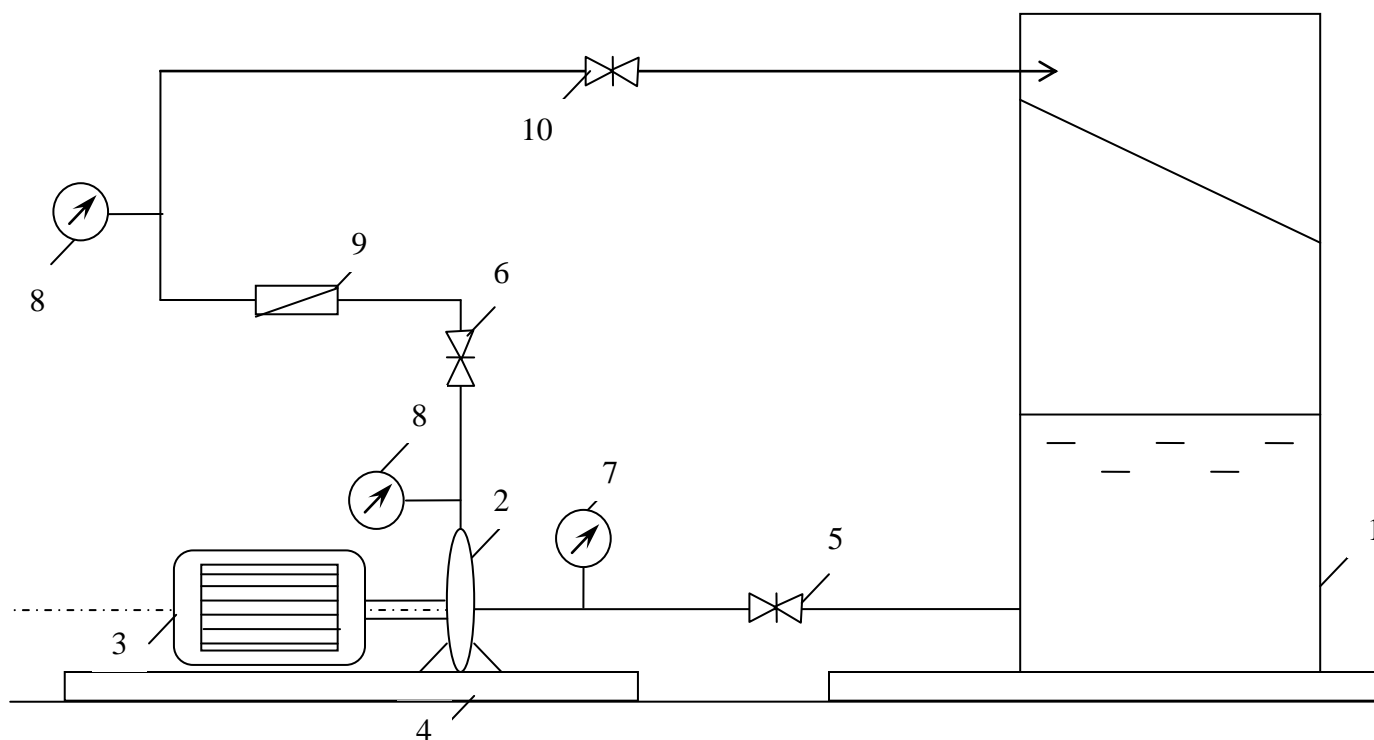
При испытаниях насосов должна быть получена напорная характеристика насоса в виде кривой, отражающей зависимость напора насоса от подачи. Для определения подачи студенты измеряют по водосчетчику объемы подаваемой насосом жидкости в единицу времени. Определение напора производится по показаниям манометра и вакуумметра, приведенным к оси насоса и величине скоростного напора. Энергетические показатели выражают зависимости мощности и КПД от подачи. Их измерения производятся по приборам установленным на щите: ваттметру, амперметру, фазометру, электросчетчику.

**3. Объекты и средства исследования.**

Объектом исследования является опытный стенд с промышленными насосами типа К и щитами с соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой.

**4. Выводы.**

К защите лабораторной работы студент должен представить заполненный отчет, форма которого приведена ниже.



**1- бак с водой**

**2- насос**

**3- электродвигатель**

**4- основание насосной установки**

**5- задвижка на всасывающем трубопроводе**

**6- задвижка на напорном трубопроводе**

**7- вакуумметр**

**8- манометр**

**9 – водомерный узел**

## 10 – задвижка на обратном трубопроводе

Рис.1 Схема опытного стенда

### 2. Регистрация опытных данных

2.1. Диаметр всасывающего патрубка  $d_{вс} = 40\text{мм} = \quad \text{м}$

2.2. Диаметр напорного патрубка  $d_n = 37.50\text{мм} = \quad \text{м}$

2.3. Число оборотов электродвигателя  $2900\text{об} / \text{мин}$

Таблица 2.1

| №№<br>пп | Измеряемые<br>величины       | Ед.<br>измер<br>ения       | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|------------------------------|----------------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |                              |                            | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.4.     | Показания<br>манометра $P_m$ | $\text{кгс} / \text{см}^2$ |           |   |   |   |   |
| 2.5.     | Показания<br>водомера:       |                            |           |   |   |   |   |
|          | Время $t_1$                  | $\text{с}$                 |           |   |   |   |   |
|          | Объем воды $W$               | $\text{м}^3$               |           |   |   |   |   |
|          |                              | $\text{л}$                 |           |   |   |   |   |
| 2.6.     | Показания<br>ваттметра $N_1$ | $\text{кВт}$               |           |   |   |   |   |
| 2.7.     | Показания<br>вольтметра $U$  | $\text{в}$                 |           |   |   |   |   |
| 2.8.     | Показания<br>амперметра $I$  | $\text{А}$                 |           |   |   |   |   |

|       |  |    |  |  |  |  |  |
|-------|--|----|--|--|--|--|--|
| 2.9.  | Показания<br>фазометра $\cos \varphi$    |    |  |  |  |  |  |
| 2.10. | Показания<br>счетчика<br>электроэнергии: |    |  |  |  |  |  |
|       | Кол-во оборотов<br>диска $n$             | об |  |  |  |  |  |
|       | Время $t_2$                              | с  |  |  |  |  |  |

### 3. Обработка результатов опыта

#### 3.1. Площади живых сечений:

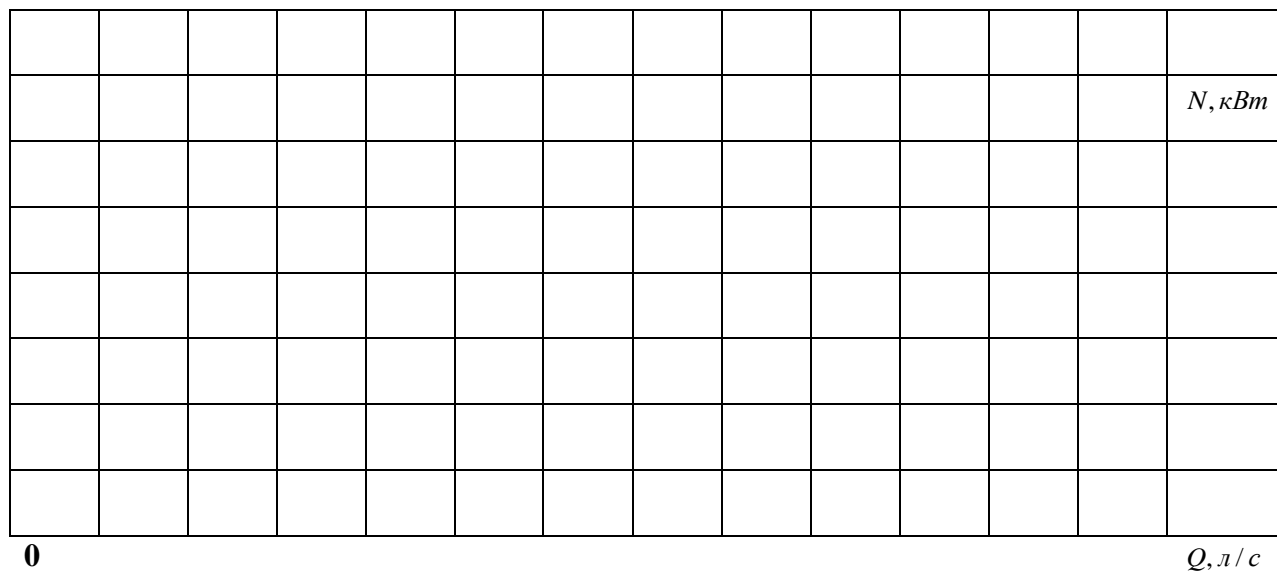
- во всасывающем трубопроводе  $\omega_{вс} =$   $m^2$ ;

- во всасывающем трубопроводе  $\omega_n =$   $m^2$ ;

Таблица 3.1.

| №№<br>пп | Вычисляемые<br>величины                                   | Формулы   | Ед.<br>измерения | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|---|---|------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |   |   |                  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.2.     | Перевод показаний<br>монومتра в высоту<br>водяного столба | $h_m = P_m \cdot 10^5 / \rho g$ ,<br>где $g = 9.81 m/s^2$ ,<br>$\rho = 1000 kg/m^3$ | $m$              |           |   |   |   |   |
| 3.3.     | Производительность<br>насоса                              | $Q = W / t_1$   | $m^3 / c$        |           |   |   |   |   |
|          |   |   | $л / c$          |           |   |   |   |   |
| 3.4.     | Мощность  | $N_2 = 8n / t_2$  | $кВт$            |           |   |   |   |   |
| 3.5.     | Мощность  | $N_3 = 1.73 \cdot 10^{-3} UI \cos \varphi$  | $кВт$            |           |   |   |   |   |
|          | Средняя скорость течения                                  |   |                  |           |   |   |   |   |
| 3.6.     | Во всас.тр-де   | $V_{вс} = Q / \omega_{вс}$  | $m / c$          |           |   |   |   |   |





**Рис. 2. Рабочие характеристики насоса**

Подпись студента .....  
 Работу принял .....

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**Лабораторная работа**  
**ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ДВУХ ОДИНАКОВЫХ НАСОСОВ МАРКИ К-50-32-125**

**1. Цели и задачи работы.**

Цель работы – дать знания по изменению напорных и энергетических характеристик насосов при их параллельной и последовательной работе на общий трубопровод. Задача работы – показать студентам как изменяются параметры работы насосов в случае их параллельного или последовательного соединения.

**2. Основы теории.**

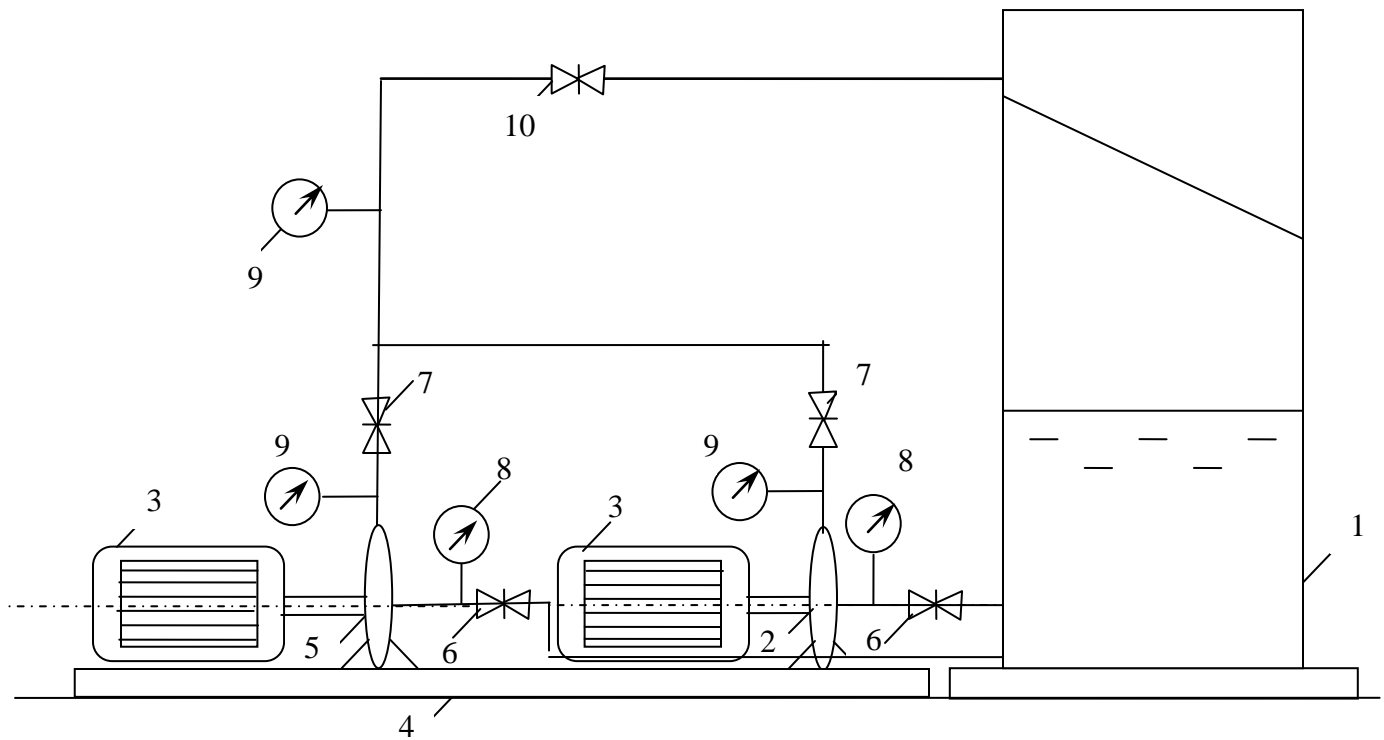
При параллельной работе одинаковых насосов их подача практически увеличивается в 2 раза, а развиваемые ими напоры не изменяются. В случае последовательного соединения двух одинаковых насосов их напоры увеличиваются в 2 раза, а подача остается неизменной.

**3. Объекты и средства исследования.**

Объектом исследования является опытный стенд с промышленными насосами типа К и щитами с соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой.

**4. Выводы.**

К защите лабораторной работы студент должен представить заполненный отчет, форма которого приведена ниже.



- 1- бак с водой
- 2- насос №1
- 3- электродвигатель
- 4- основание насосной установки
- 5- насос №2
- 6- задвижка на всасывающем трубопроводе
- 7- задвижка на напорном трубопроводе
- 8- вакууметры
- 9- манометры
- 10 – задвижка на обратном трубопроводе

**Рис.1** Схема опытного стенда

## 2. Регистрация опытных данных

**2.1. Диаметр всасывающего патрубка  $d_{вс} = 40 \text{ мм} =$**  **м**

**2.2. Диаметр напорного патрубка  $d_n = 37.50 \text{ мм} =$   $\text{м}$**

### 2.3. Число оборотов электродвигателя 2900об / мин

### Таблица 2.1

| №№<br>пп | Измеряемые<br>величины                             | Ед.<br>измер<br>ения | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|--|----------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |  |                      | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.4.     | Показания<br>манометра Р <sub>м</sub>              | кгс/см <sup>2</sup>  |           |   |   |   |   |
| 2.5.     | Показания счетчика<br>электроэнергии:<br>насоса №1 |                      |           |   |   |   |   |
|          | Кол-во оборотов<br>диска n <sub>1</sub>            | об                   |           |   |   |   |   |
|          | Время t <sub>1</sub>                               | с                    |           |   |   |   |   |
| 2.6.     | Показания счетчика<br>электроэнергии:<br>насоса №2 |                      |           |   |   |   |   |
|          | Кол-во оборотов<br>диска n <sub>2</sub>            | об                   |           |   |   |   |   |
|          | Время t <sub>2</sub>                               | с                    |           |   |   |   |   |

 $P_m, \text{кгс/см}^2$ [illegible]

[illegible] $Q, л / с$ 

**Рис.2. Вспомогательный график совместной работы двух одинаковых, параллельно работающих, насосов**

### 3. Обработка результатов опыта

### 3.1. Площади живых сечений:

- во всасывающем трубопроводе  $\omega_{6C} = m^2$ ;

- во всасывающем трубопроводе  $\omega_H = \dots m^2$ ;

### Таблица 3.1.

| №№<br>пп | Вычисляемые<br>величины                                   | Формулы   | Ед.<br>измерения        | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|---|---|-------------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |   |   |                         | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.2.     | Перевод показаний<br>монومتра в высоту<br>водяного столба | $h_m = P_m \cdot 10^5 / \rho g$ ,<br>где $g = 9.81 \text{ м / с}^2$ ,<br>$\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$ | м                       |           |   |   |   |   |
| 3.3.     | Производительность<br>насоса                              | По вспомог.<br>графику  | $\text{м}^3 / \text{с}$ |           |   |   |   |   |
|          |   |   | л / с                   |           |   |   |   |   |
| 3.4.     | Мощность Эл.дв.<br>насоса №1                              | $N_1 = 8n_1 / t_1$  | кВт                     |           |   |   |   |   |
| 3.5.     | Мощность Эл.дв.<br>насоса №2                              | $N_2 = 8n_2 / t_2$  | кВт                     |           |   |   |   |   |
|          | Средняя скорость течения                                  |   |                         |           |   |   |   |   |
| 3.6.     | Во всас.тр-де   | $V_{вс} = Q / \omega_{вс}$  | м / с                   |           |   |   |   |   |
| 3.7.     | В напорн. тр-де   | $V_n = Q / \omega_n$  | м / с                   |           |   |   |   |   |
| 3.8.     | Разность<br>скоростных напоров                            | $\frac{V_n^2 - V_{вс}^2}{2g}$   | м                       |           |   |   |   |   |
| 3.9.     | Полный напор<br>насоса                                    | $H = h_m + \frac{V_n^2 - V_{вс}^2}{2g}$   | м                       |           |   |   |   |   |
| 3.10.    | Мощность на валу<br>насоса                                | $N_n = \rho g Q H 10^{-3}$  | кВт                     |           |   |   |   |   |

|       |            |  |   |  |  |  |  |  |
|-------|------------|--|---|--|--|--|--|--|
| 3.11. | КПД насоса | $\eta = N_{\text{н}} 100 / 0.5(N_1 + N_2)$ | % |  |  |  |  |  |
|-------|------------|--|---|--|--|--|--|--|

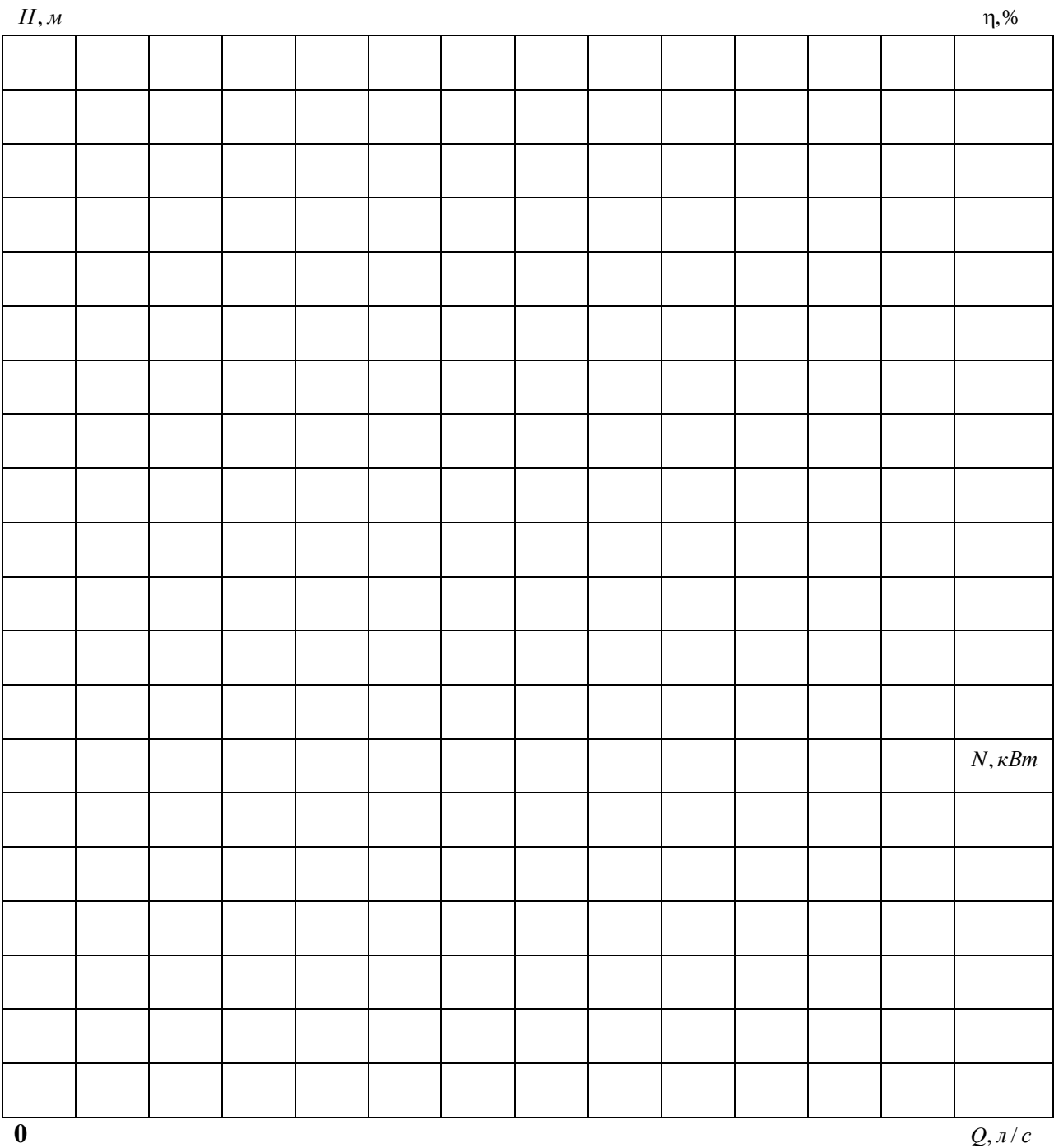


Рис. 2. Рабочие характеристики при параллельной работе двух одинаковых насосов

Подпись студента .....

**Работу принял .....**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **20** \_\_\_\_ г.

**Лабораторная работа**  
**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАБОТА ДВУХ ОДИНАКОВЫХ НАСОСОВ МАРКИ К-50-**  
**32-125**

**1. Цели и задачи работы.**

Цель работы – дать знания по изменению напорных и энергетических характеристик насосов при их параллельной и последовательной работе на общий трубопровод. Задача работы – показать студентам как изменяются параметры работы насосов в случае их параллельного или последовательного соединения.

**2. Основы теории.**

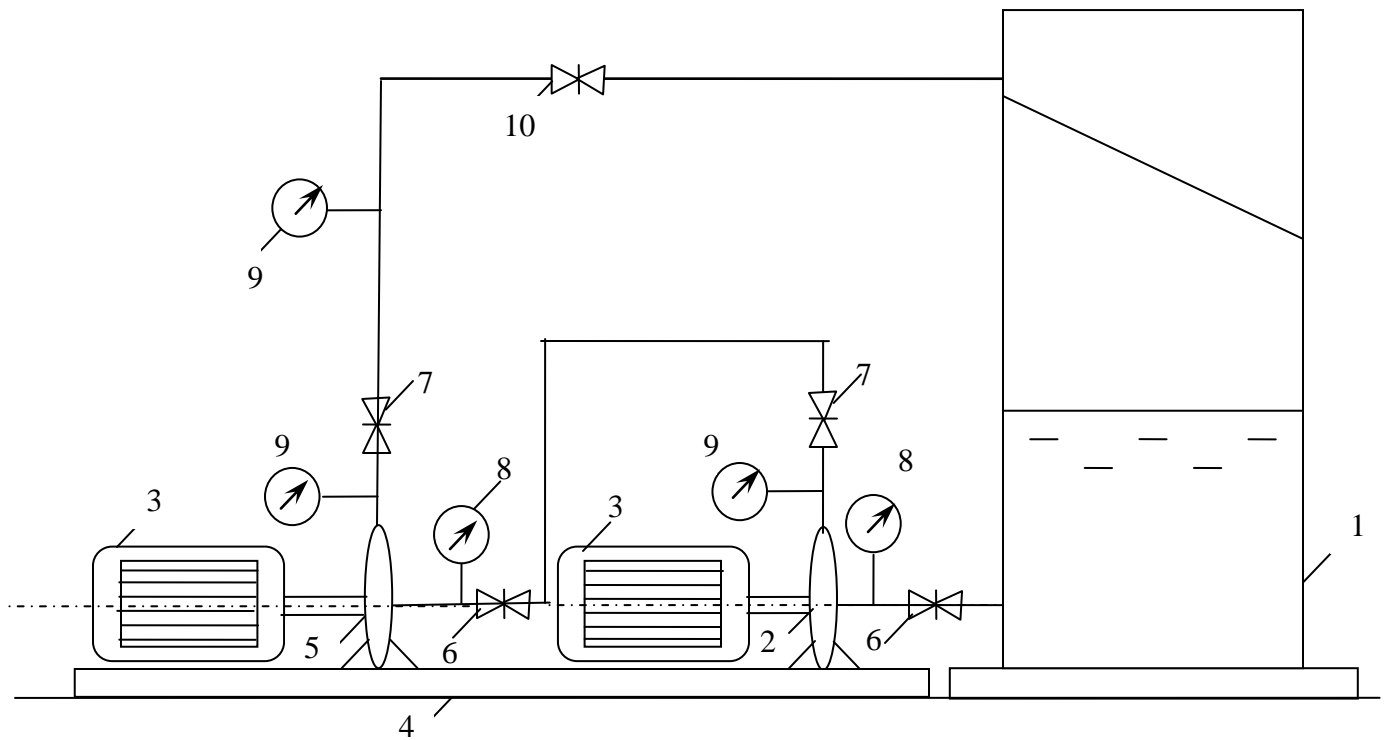
При параллельной работе одинаковых насосов их подача практически увеличивается в 2 раза, а развиваемые ими напоры не изменяются. В случае последовательного соединения двух одинаковых насосов их напоры увеличиваются в 2 раза, а подача остается неизменной.

**3. Объекты и средства исследования.**

Объектом исследования является опытный стенд с промышленными насосами типа К и щитами с соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой.

**4. Выводы.**

К защите лабораторной работы студент должен представить заполненный отчет, форма которого приведена ниже.



- 1- бак с водой
- 2- насос №1
- 3- электродвигатель
- 4- основание насосной установки
- 5- насос №2
- 6- задвижка на всасывающем трубопроводе
- 7- задвижка на напорном трубопроводе
- 8- вакууметры
- 9- манометры
- 10 – задвижка на обратном трубопроводе

**Рис.1** Схема опытного стенда

## 2. Регистрация опытных данных



**2.1. Диаметр всасывающего патрубка  $d_{вс} = 40 \text{ мм} =$**  **м**

**2.2. Диаметр напорного патрубка  $d_n = 37.50 \text{ мм} =$   $\quad \text{м}$**

### 2.3. Число оборотов электродвигателя 2900об / мин

### Таблица 2.1

| №№<br>пп | Измеряемые<br>величины                             | Ед.<br>измер<br>ения  | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|--|-----------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |  |                       | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.4.     | Показания<br>манометра Р <sub>м</sub>              | кгс / см <sup>2</sup> |           |   |   |   |   |
| 2.5.     | Показания счетчика<br>электроэнергии:<br>насоса №1 |                       |           |   |   |   |   |
|          | Кол-во оборотов<br>диска n <sub>1</sub>            | об                    |           |   |   |   |   |
|          | Время t <sub>1</sub>                               | с                     |           |   |   |   |   |
| 2.6.     | Показания счетчика<br>электроэнергии:<br>насоса №2 |                       |           |   |   |   |   |
|          | Кол-во оборотов<br>диска n <sub>2</sub>            | об                    |           |   |   |   |   |
|          | Время t <sub>2</sub>                               | с                     |           |   |   |   |   |

 $P_m, \text{кгс/см}^2$ [illegible]

0

 $Q, л / с$ 

Рис.2. Вспомогательный график совместной работы двух одинаковых, последовательно работающих, насосов

### 3. Обработка результатов опыта

#### 3.1. Площади живых сечений:

- во всасывающем трубопроводе  $\omega_{вс} =$   $м^2$  ;

- во напорном трубопроводе  $\omega_n =$   $м^2$  ;

Таблица 3.1.

| №№<br>пп | Вычисляемые<br>величины                                  | Формулы   | Ед.<br>измерения | О П Ы Т Ы |   |   |   |   |
|----------|--|---|------------------|-----------|---|---|---|---|
|          |  |   |                  | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3.2.     | Перевод показаний<br>монетра в высоту<br>водяного столба | $h_m = P_m \cdot 10^5 / \rho g$ ,<br>где $g = 9.81 м / с^2$ ,<br>$\rho = 1000 кг / м^3$ | $м$              |           |   |   |   |   |
| 3.3.     | Производительность<br>насоса                             | По вспомог.<br>графику  | $м^3 / с$        |           |   |   |   |   |
|          |  |   | $л / с$          |           |   |   |   |   |
| 3.4.     | Мощность Эл.дв.<br>насоса №1                             | $N_1 = 8n_1 / t_1$  | $кВт$            |           |   |   |   |   |
| 3.5.     | Мощность Эл.дв.<br>насоса №2                             | $N_2 = 8n_2 / t_2$  | $кВт$            |           |   |   |   |   |
|          | Средняя скорость течения                                 |   |                  |           |   |   |   |   |
| 3.6.     | Во всас.тр-де  | $V_{вс} = Q / \omega_{вс}$  | $м / с$          |           |   |   |   |   |
| 3.7.     | В напорн. тр-де  | $V_n = Q / \omega_n$  | $м / с$          |           |   |   |   |   |
| 3.8.     | Разность<br>скоростных напоров                           | $\frac{V_n^2 - V_{вс}^2}{2g}$   | $м$              |           |   |   |   |   |
| 3.9.     | Полный напор<br>насоса                                   | $H = h_m + \frac{V_n^2 - V_{вс}^2}{2g}$   | $м$              |           |   |   |   |   |
| 3.10.    | Мощность на валу<br>насоса                               | $N_n = \rho g Q H 10^{-3}$  | $кВт$            |           |   |   |   |   |



**Рис. 2. Рабочие характеристики при последовательной работе двух одинаковых насосов**

Подпись студента .....  
Работу принял .....

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.