



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина

Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

УТВЕРЖДАЮ

Начальник УМУ

« 27 » / 20 20 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ  
РАБОТЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.11 «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**

для подготовки бакалавров

Направление – 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность – Энергообеспечение предприятий

Курс 3

Семестр 5

Форма обучения очная

Москва, 2020

Разработчик: Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

«19» 08 2020 г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент

«19» 08 2020 г.

Методические указания обсуждены на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» протокол № \_\_\_ от «19» 08 2020 г.

Зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент

«19» 08 2020 г.

**Согласовано:**

И.о. директора института  
ИМиЭ им. В.П. Горячкина  
Панин А.В.

«26» 10 2020 г.

Председатель учебно-методической комиссии ИМиЭ им. В.П. Горячкина  
Парлюк Е.П., к.э.н., доцент

«16» 10 2020 г.

**Бумажный экземпляр и копия электронного варианта получены:**

Методический отдел УМУ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

	<b>стр.</b>
Аннотация	4
1. Цель и задачи курсовой работы	4
2. Перечень планируемых результатов выполнения курсовой работы по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
3. Структура курсовой работы	4
4. Порядок выполнения курсовой работы	8
5. Требования к оформлению курсовой работы	18
6. Порядок защиты курсовой работы	20
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение курсовой работы	22
Приложения	24

**АННОТАЦИЯ**  
**курсовой работы учебной дисциплины**  
**Б1.О.11 «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**  
**для подготовки бакалавра**  
**по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**  
**направленность – Энергообеспечение предприятий**

Курсовая работа по дисциплине «Гидрогазодинамика» для подготовки бакалавров по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий направлена на закрепление теоретического материала дисциплины, получения навыков выполнения гидравлического расчета трубопроводов. Выполняется курсовая работа в процессе изучения учебной дисциплины.

Курсовая работа имеет практический характер.

### **1. Цель и задачи курсовой работы**

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Гидрогазодинамика» для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий проводится с целью формирования компетенций и навыков самостоятельного решения профессиональных задач, а именно приобретение студентами умений и навыков решать инженерные задачи с использованием основных законов гидравлики, проводить гидравлические расчеты трубопроводных систем, на основе которых подбирать основное и вспомогательное гидравлическое оборудование; быть готовыми к обработке результатов экспериментальных исследований, проводить и оценивать результаты измерений.

### **2. Перечень планируемых результатов выполнения курсовой работы по дисциплине «Гидрогазодинамика», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Реализация в курсовой работе по дисциплине «Гидрогазодинамика» требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий должна формировать следующие компетенции, представленные в таблице 1.

### **3. Структура курсовой работы**

По объему курсовая работа должна быть **не менее 20 страниц** печатного текста.

Примерная структура курсовой работы:

Таблица 2 - Структура курсовой работы и объем отдельных разделов

№ п/п	Элемент структуры курсовой работы	Объем (примерный) страниц
1	Титульный лист ( <i>Приложение А</i> )	1
2	Задание ( <i>Приложение Б</i> )	2
3	Содержание	1-2
4	Введение	1-2
5	Исходные данные для расчета	2
6	Гидравлический расчет и подбор основного оборудования	7
7	Построение характеристики трубопровода и подбор дополнительного насоса	5
8	Библиографический список	не менее 5 источников
9	Приложения	По необходимости
10	Графическая часть	1 лист А1

Методические указания по выполнению курсовой работы дисциплины «Гидрогазодинамика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Таблица 1 – Требования к результатам выполнения курсовой работы по учебной дисциплине

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Код и содержание индикатора достижения компетенции (или её части)	В результате выполнения курсовой работы по учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-2.1. Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов	математические методы анализа и моделирования функций.	применять соответствующий физико-математический аппарат для анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований.	методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований
2.	ОПК-3	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.1. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа	основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу расчета гидравлических систем;	решать типовые инженерные задачи гидравлики с применением соответствующего физико-математического аппарата.	навыками расчета гидравлических систем теплотехнических установок и систем
			ОПК-3.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем	основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу расчета теплотехнических установок и систем	применять современные приборы и средства измерения основных физических параметров;	навыками расчета и подбора оборудования для теплотехнических установок и систем

## 4. Порядок выполнения курсовой работы

### 4.1 Выбор темы

Тематика курсовой работы направлена на закрепление теоретического материала дисциплины, приобретение навыков работы с нормативной и справочной литературой, и умений выполнять расчеты технологического оборудования. Работа предполагает расчёт тупиковой водопроводной сети (в зависимости от схемы сети, ее местоположения), а так же подбор насосов и выбор типовой схемы водонапорной башни.

Студент самостоятельно выбирает вариант курсовой работы (схему водопроводной сети, график водопотребления) из предлагаемого списка.

Таблица 3 – Примерная тематика курсовой работы по дисциплине «Гидрогазодинамика»

№ п/п	Тема курсовой работы
1	Расчет системы водоснабжения поселка (по вариантам)

Выбор темы курсовой работы регистрируется в журнале регистрации курсовых работ на кафедре.

### 4.2 Получение индивидуального задания

Задание на выполнение курсовой работы (Приложение Б) выдаётся за подписью руководителя, датируется днём выдачи и регистрируется на кафедре в журнале. Факт получения задания удостоверяется подписью обучающегося в указанном журнале.

### 4.3 Составление плана выполнения курсовой работы

Выбрав тему, определив цель, задачи, структуру и содержание курсовой работы необходимо совместно с руководителем составить план-график выполнения курсовой работы с учетом графика учебного процесса (табл. 4).

Таблица 4 – Примерный план-график выполнения курсовой работы

№	Наименование действий	Сроки, № недели семестра
1	Выбор темы	1
2	Получение задания по курсовой работе	1
3	Уточнение темы и содержания курсовой работы	1
4	Составление библиографического списка	2-3
5	Изучение научной и методической литературы	2-3
6	Сбор материалов, подготовка плана курсовой работы	4-6

7	Анализ собранного материала	4-6
8	Предварительное консультирование	6
9	Гидравлический расчет и подбор основного оборудования	6-8
10	Построение характеристики трубопровода и подбор дополнительного насоса	8-11
11	Представление руководителю первого варианта курсовой работы и обсуждение представленного материала и результатов	11-12
12	Составление окончательного варианта курсовой работы	12-13
13	Заключительное консультирование	14
14	Рецензирование курсовой работы	15
15	Защита курсовой работы	16

#### 4.4 Требования к разработке структурных элементов курсовой работы

Текст расчетно-пояснительной записки должен быть представлен в логической последовательности. Рекомендуется следующее примерное содержание представления материала.

Титульный лист.

Задание.

Содержание.

Введение, в котором дается определение системы водоснабжения и ее основных элементов, ее назначение.

Расчет тупиковой водопроводной сети поселка согласно заданию и рекомендациям по выполнению расчета.

Расчет и построение напорной и пьезометрической линий.

Построение графиков суммарного суточного водопотребления и водоподачи. Определение емкости и высоты водонапорной башни.

Подбор насосов. Построение характеристик насосов.

Расчет и построение рабочей характеристики трубопровода, нахождение параметров рабочей точки.

Подбор дополнительного насоса. Построение характеристику двух последовательно работающих насосов, нахождение параметров рабочей точки.

Библиографический список.

Приложения.

Графическая часть. Графическая часть должна содержать 1 лист формата А1 на котором должны быть представлены:

Чертеж схемы тупиковой сети.

Чертеж графиков суточного водопотребления (согласно своему варианту).



- Графики суммарного суточного водопотребления и водоподдачи.  
 Построение напорной и пьезометрической линии.  
 Построение рабочей характеристики трубопровода для:  
 – одного насоса;  
 – двух последовательно работающих насосов.

#### 4.5. Методические рекомендации к выполнению курсовой работы

##### 1. Методика расчета тупикового водопровода

При расчете тупикового водопровода для определения значений показателей его эффективной работы используют основные зависимости гидравлики.

В водопроводе в течение суток вода расходуется неравномерно, принимается, что в каждый отрезок суток продолжительностью в 1 час расходуется некоторое количество процентов от максимального суточного водопотребления. В расчетах рассматривают наиболее невыгодный случай, т.е. тот час, на который падает наибольшее количество процентов от максимального суточного водопотребления (максимальное суточное водопотребление принимается за 100%). Расход водопровода в течение этого часа является пиковым:

$$q_n = \frac{Q_{сут.макс.}}{100 \cdot 3,6} \cdot c$$

где  $Q_{сут.макс.}$  – максимальное суточное водопотребление объекта, для которого строится водопровод, м<sup>3</sup>/сут.;

$q_n$  – пиковый расход, л/с;

$c$  – количество процентов от максимального суточного водопотребления, приходящихся на час максимального водопотребления.

Для проведения расчета разбивают водопроводную сеть на участки. Начало и конец каждого участка называется узлом. Принимают, что пиковый расход частично или полностью распределяется между узлами, т.е. в каждом узле из сети вытекает, так называемый, узловый расход, составляющий некоторый процент от пикового:

$$q_{уз} = \frac{c_{уз} q_n}{100}$$

где  $q_{уз}$  – узловый расход, л/с;

$c_{уз}$  – процентное отношение узлового расхода к пиковому (общему расходу водопровода).

Чем меньше диаметр трубопровода, тем он дешевле, однако с уменьшением диаметра возрастают потери напора, а, следовательно, высота водонапорной башни и стоимость энергии, затрачиваемой на подачу воды, поэтому в стремлении получить наименьшую стоимость воды практикой выработаны рекомендации по выбору диаметра труб в зависимости от пропускаемого по ним расхода. Таким образом, диаметр труб на участке водопровода между узлами выбираем по расчетному расходу на этом участке:

$$Q_{i-k} = \sum q_{уз} + \sum q_{пут} L_{пут}$$

где  $Q_{i-k}$  – расчетный расход на участке водопровода, идущем от узла  $i$  к узлу  $k$ , л/с;

$q_{уз}$  – узловый расход в узле  $k$  и во всех узлах, расположенных после него по направлению движения воды, л/с;

$q_{пут}$  – путевой расход на участках, расположенных дальше узла  $k$  (путевым называется расход, вытекающий на каждом метре по длине участка), л/(с·м);

$L_{пут}$  – длины участков, имеющие равномерные путевые расходы по своей длине, м.

Целесообразно начинать определение расчетных расходов с участков, наиболее удаленных от водонапорной башни, постепенно добавляя узловые расходы, произведения путевых на соответствующие длины участков, и расходы, поступающие в ветви водопровода, ответвляющиеся от выбранной магистрали. На участке, непосредственно примыкающем к водонапорной башне, при отсутствии на нем путевого расхода, расчетный расход будет равен пиковому.

Расчет рекомендуется выполнять в форме таблицы (таблица 5).

Таблица 5 – Сводная таблица гидравлического расчета

Участок	Длина участка, км	Расчетный расход, л/с	Диаметр труб, мм	Гидравлический уклон, м/км	Потери напора по длине, м	Общие потери напора, м	Сумма потерь от башни до диктующей точки, м
1-2	$L_{1-2}$	$Q_{1-2}$	$d_{1-2}$	$(1000i)_{1-2}$	$h_{дл.1-2}$	$h_{w1-2}$	-
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Б-1	$L_{Б-1}$	$Q_{Б-1}$	$d_{Б-1}$	$(1000i)_{Б-1}$	$h_{дл.Б-1}$	$h_{wБ-1}$	-

Для каждого расчетного расхода справочная литература рекомендует выбирать диаметр, являющийся оптимальным для соответствующего материала труб.

По известным значениям расхода и диаметра труб определяют потери напора по длине участка:

$$h_{\text{дл.}i-k} = (1000i)_{i-k} L_{i-k}$$

где  $h_{\text{дл.}i-k}$  – потери напора по длине участка, соединяющего узел  $i$  с узлом  $k$ , м;

$(1000i)_{i-k}$  – увеличенный в 1000 раз гидравлический уклон на рассматриваемом участке, или, другими словами, потери напора в метрах на участке километровой длины  $L_{i-k}$  в км, м/км.

Когда значение расчетного расхода оказывается между двумя табличными, для определения значения  $1000i$ , соответствующего расчетному, необходимо прибегнуть к линейному интерполированию:

$$(1000i)_p = (1000i)' + \frac{(1000i)'' - (1000i)'}{Q'' - Q'} (Q_p - Q')$$

где  $(1000i)_p$  – значение соответствующее расчетному расходу, м/км;

$(1000i)''$  и  $(1000i)'$  – значения, соответствующие ближайшим большему и меньшему к расчетному табличным значениям расхода, м/км;

$Q'$  и  $Q''$  – табличные значения расхода ближайшие меньшее и большее к расчетному, л/с.

$Q_p$  – расчетное значение расхода, л/с.

Считается, что местные потери напора составляют 10 % от потерь напора по длине, т.е. общие потери напора на участке водопровода, соединяющем узел  $i$  с узлом  $k$ , составят:

$$h_{W(i-k)} = 1,1h_{\text{дл.}i-k}$$

Высота водонапорной башни должна быть такой, чтобы в диктующей точке свободный напор в час максимального водопотребления не был меньше допустимого (рис. 3):

$$H_B = \sum h_{w(B-ДТ)} + h_{CB} + z_{ДТ} - z_B$$

где  $H_B$  – минимальная необходимая высота водонапорной башни, м;

$\sum h_{w(B-ДТ)}$  – сумма потерь напора по участкам водопровода, соединяющим диктующую точку с водонапорной башней, м;

$h_{CB}$  – минимальное значение свободного напора, м;

$z_{ДТ}$  и  $z_B$  – отметки поверхности земли (расстояние по вертикали от некоторой общей горизонтальной поверхности, расположенной ниже поверхности земли, до поверхности земли) в диктующей точке и в точке, где установлена водонапорная башня, м.

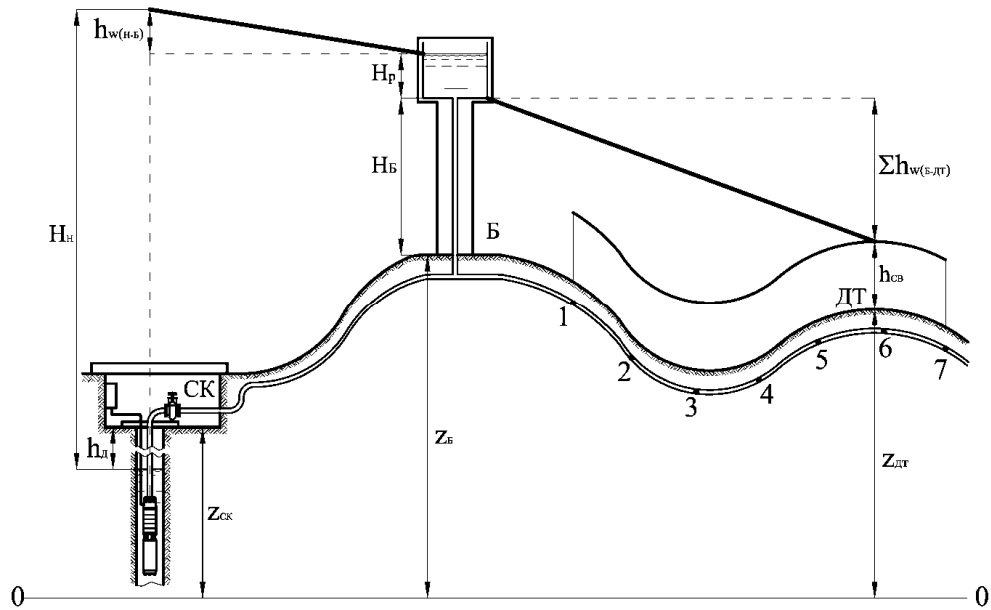


Рисунок 3 – Построение пьезометрической линии

Диктующей называется точка водопроводной сети, где в час максимального водопотребления свободный напор (пьезометрический (гидростатический) напор в трубопроводе, отсчитанный от поверхности земли) минимален.

Обычно, положение диктующей точки определяют сравнением. Выбирают точки водопроводной сети, каждая из которых предположительно может быть диктующей (наиболее удаленные от водонапорной башни), и сравнивают значения высоты водонапорной башни для каждой из этих точек. Та, для которой высота водонапорной башни окажется наибольшей, и является диктующей.

Суточный объем воды, израсходованный потребителями, должен быть восполнен подачей насосной станции за время ее работы в течение суток. Если принять подачу постоянной, она составит:

$$Q_H = \frac{Q_{\text{сут. макс.}}}{t}$$

где  $Q_H$  – подача насосной станции,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$t$  – число часов непрерывной работы погружного насоса в сутки.

Подача насосной станции, вычисленная по этой формуле, в некоторые часы суток будет меньше расхода водопотребления, а в другие больше, поэтому необходимо решить вопрос об определении регулирующей емкости бака водонапорной башни:

$$W = W_P + W_{II} + W_{AB}$$

где  $W$  – необходимый объем бака водонапорной башни,  $\text{м}^3$ ;

$W_p$  – регулирующий объем бака водонапорной башни, м<sup>3</sup>;

$W_{II}$  – пожарный запас, м<sup>3</sup> (принять равным 10% от регулирующего объема);

$W_{AB}$  – аварийный запас, м<sup>3</sup> (принять равным 10% от регулирующего объема).

Регулирующая емкость (регулирующий объем) бака водонапорной башни определяется с использованием суммарной кривой водопотребления и суммарной прямой водоподачи.

На рисунке 4 а – суммарная кривая водопотребления, б – суммарная прямая подача насосной станции. По оси абсцисс берутся часы суток от 0 часов до 24. По оси ординат – проценты от максимального суточного водопотребления от 0 до 100%. Против соответствующего часа строится точка с ординатой, равной суммарному водопотреблению от 0 до этого часа в %. Например, если в таблице процентного распределения суточного водопотребления по часам суток дано, что в течении времени от 0 часов до 1 часа израсходовано 0,75%, от 1 до 2 – 1%; от 2 до 3 – 1,25% и т.д., эти данные используют для определения положения точек суммарной кривой водопотребления, они будут иметь координаты, соответственно (0;0); (1;0,75); (2; 1,75); (3; 3). Аналогично определяется положение и других точек суммарной кривой водопотребления. Последняя точка имеет координаты 24 ч, 100%.

По известному времени пуска и остановки насосной станции строится прямая суммарной подачи насосной станции. Пусть насосная станция работает с 6 до 20 часов, в этом случае прямая суммарной подачи должна соединять точки с координатами (6; 0) и (20; 100).

Проводя через полученный график в пределах прямой водоподачи вертикальные прямые, находят, час для которого ордината кривой максимально превосходит ординату прямой и обозначают разность ординат для этого часа через  $i$  %, и так же определяют час для которого ордината прямой будет максимально превосходить ординату кривой, обозначив разность ординат через  $k$  %, тогда:

$$W_p = \frac{i + k}{100} Q_{сут. макс.}$$

Подбор типового проекта водонапорной башни осуществляется по минимальной необходимой высоте водонапорной башни и необходимом объеме бака.

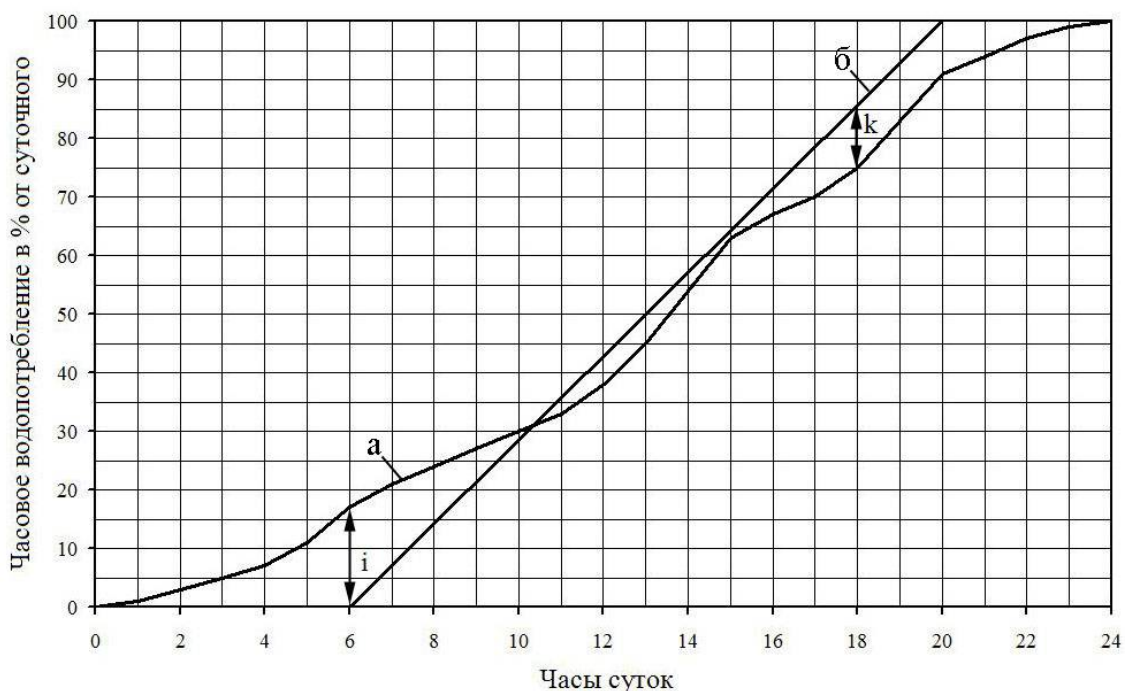


Рисунок 4 – График суммарного суточного водопотребления и водоподачи

Напор погружного насоса определяют по проектной, несколько измененной, формуле напора насоса:

$$H_H = h_D + H_B + H_P + h_{W(H-B)} + z_B - z_{СК}$$

где  $H_H$  – напор насоса, м;

$h_D$  – расстояние от поверхности земли до динамического (устанавливающегося при откачке) уровня воды в скважине, м;

$H_P$  – высота бака водонапорной башни, м (принять  $H_P = 3$  м);

$h_{W(H-B)}$  – суммарные потери напора в трубопроводе, идущем от погружного насоса в водонапорную башню, м;

$z_B$  и  $z_{СК}$  – отметки поверхности земли у водонапорной башни и около устья скважины, м.

$$h_{W(H-B)} = 1,1(1000i)_{H-B} L_{H-B}$$

где 1,1 – множитель учитывающий влияние местных сопротивлений;

$(1000i)_{H-B}$  – для труб, идущих от насоса до водонапорной башни, зависит от материала, диаметра трубопровода, подачи насоса, м/км;

$L_{H-B}$  – длина указанных труб, км.

$$L_{H-B} = h_D + H_B + H_P + l$$

где  $l$  – расстояние от водонапорной башни до скважины, суммированное с заглублением погружного насоса под динамический уровень, км.

Подбор погружного насоса осуществляется по требуемому напору насоса и подаче насосной станции.

### Построение характеристики трубопровода

Требуемый напор любого насоса определяется по проектной формуле (1). Если в этой формуле обозначить величину

$$H_{\Gamma} + \frac{P_d - P_0}{\gamma} = h_{\text{ст}},$$

тогда 
$$H = h_{\text{ст}} + h_w, \quad (1)$$

где  $h_{\text{ст}}$  – статический напор насосной установки, м;  $h_w$  – суммарные потери напора, м.

В общем случае суммарные потери напора  $h_w$  определяются по формуле

$$h_w = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g},$$

Пренебрегая разницей в диаметрах напорного и всасывающего трубопроводов и выразив скорость через расход получим

$$h_w = \frac{\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}{2g \cdot \omega^2} \cdot Q^2.$$

Для развитого турбулентного режима, коэффициенты  $\lambda$  и  $\sum \xi$  можно считать величинами постоянными, поэтому

$$\frac{\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi}{2g \cdot \omega^2} = k,$$

где  $k$  – сопротивление трубопроводов насосной установки.

С учетом вышеизложенного формула (11) примет вид:

$$H = h_{\text{ст}} + k \cdot Q^2. \quad (2)$$

Для данной насосной установки статический напор  $h_{\text{ст}}$  является величиной постоянной. Поэтому зависимость (2) является параболической и может быть построена в координатах  $H - Q$  (рис. 5). Полученная кривая  $H = f(Q)$  носит название *характеристики трубопровода*.

Эта характеристика показывает зависимость напора, который надо сообщить жидкости, поступающей в трубопровод, от расхода, подаваемого по трубопроводу.

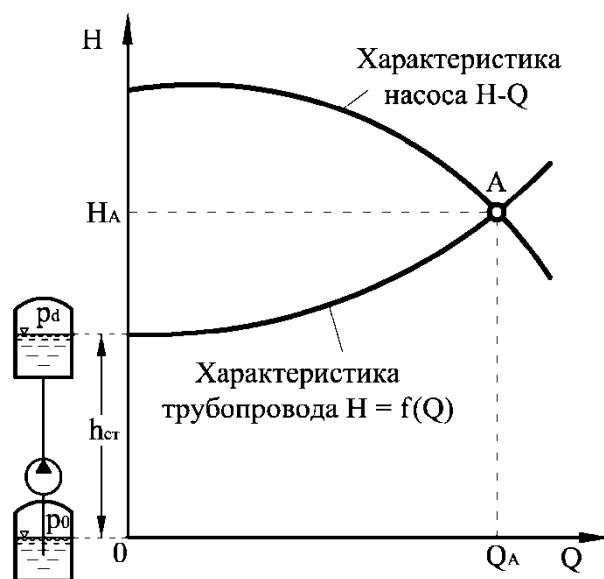


Рисунок 5 – Работа насоса на данный трубопровод

Построив характеристики центробежного насоса и трубопровода в общей системе координат (рис. 5) получим точку их пересечения ( $A$ ), называемую *рабочей точкой*. Рабочая точка соответствует рабочему режиму насоса в данной системе, т. е. данный центробежный насос подавая жидкость с напором  $H_A$  в данный трубопровод обеспечит подачу  $Q_A$ .

### Последовательная работа насосов

Центробежные насосы включают в одну систему *последовательно* в тех случаях, когда напор, развиваемый одним насосом, недостаточен для подачи жидкости на требуемую высоту. При этом один насос подает жидкость во всасывающий патрубок другого, который подает ее далее в напорный трубопровод.

Для построения суммарной характеристики последовательно работающих насосов необходимо сложить ординаты характеристик  $H - Q$  этих насосов при одной и той же подаче, так как напор, развиваемый последовательно работающими насосами, равен сумме напоров, развиваемых каждым из этих насосов.

В случае последовательной работы двух насосов с одинаковыми характеристиками (рис. 6) ординаты (при данной подаче) удваиваются:  $ав = 2аб$ .



Рабочая точка последовательно включенных насосов (точка  $A$ ) лежит на пересечении кривой совместной работы насосов с характеристикой трубопровода.

В случае последовательного включения двух насосов с неодинаковыми характеристиками суммарная кривая их совместной работы строится путем сложения ординат характеристик каждого из последовательно работающих насосов. Подбирается дополнительный насос.

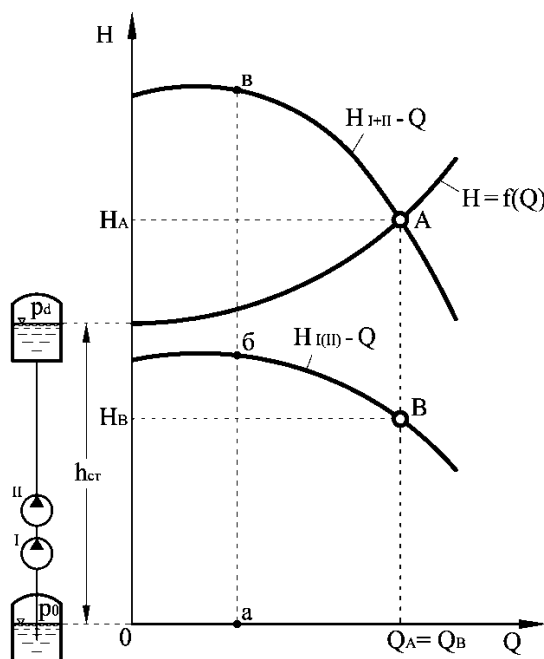


Рисунок 6 – Построение характеристики последовательной работы двух одинаковых центробежных насосов

## 5. Требования к оформлению курсовых работ

Пояснительная записка должна быть оформлена в печатном или рукописном виде соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСПД, ГОСТ, СТП и других нормативных документов на листах формата А4, скреплена степлером или подшита в папку. Поля: с левой стороны – 25 мм; с правой – 10 мм; в верхней части – 20 мм; в нижней – 20 мм. При оформлении пояснительной записки в печатном виде тип шрифта: *Times New Roman Cyr*. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Шрифт заголовков разделов (глав): полужирный, размер 16 пт. Шрифт заголовков подразделов: полужирный, размер 14 пт. Цвет шрифта должен быть черным. Межсимвольный интервал – обычный. Межстрочный интервал – полуторный. Абзацный отступ – 1,25 см.

Страницы должны быть пронумерованы. Порядковый номер ставится в середине верхнего поля. Первой страницей считается титульный лист, но номер страницы на нем не проставляется.

Главы имеют сквозную нумерацию в пределах работы и обозначаются арабскими цифрами. В конце заголовка точка не ставится. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовках не допускаются. Номер подраздела (параграфа) включает номер раздела (главы) и порядковый номер подраздела (параграфа), разделенные точкой. Пример – 1.1, 1.2 и т.д.

Рисунки должны располагаться непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Рисунки нумеруются арабскими цифрами, при этом нумерация сквозная или в пределах раздела (главы). Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки.

Пример - Рисунок 2 – Тепловая схема. На рисунки в тексте должны быть даны ссылки.

Таблица должна располагаться непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице.

Все таблицы нумеруются (нумерация сквозная, либо в пределах раздела – в последнем случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера внутри раздела, разделенных точкой (*например*: Таблица 1.2 – Сводная таблица результатов расчета). Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением обозначения приложения (*например*: Приложение 2, табл. 2). На таблицы в тексте должны быть ссылки.

При написании курсовой работы необходимо давать краткие внутритекстовые библиографические ссылки. Если делается ссылка на источник в целом, то необходимо после упоминания автора или авторского коллектива, а также после приведенной цитаты работы, указать в квадратных скобках номер этого источника в библиографическом списке. Например: [7]. Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, в ней указывают порядковый номер и страницы, на которых помещен объект ссылки.

Сведения разделяют запятой, заключая в квадратные скобки. Например, [10, с. 81].

Графическая часть выполняется на одной стороне белой чертёжной бумаги в соответствии с требованиями ГОСТ 2.301-68 формата А1 (594x841). В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов.

Требования к оформлению графической части изложены в стандартах ЕСКД: ГОСТ 2.302-68\* «Масштабы»; ГОСТ 2.303-68\* «Линии»; ГОСТ 2.304-81\* «Шрифты», ГОСТ 2.305-68\*\* «Изображения – виды, разрезы, сечения» и т.д. Основная надпись на чертежах выполняется по ГОСТ 2.104-68\*. Оформление основной надписи графической части выполняется в соответствии с ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС.

Чертежи должны быть оформлены в полном соответствии с государственными стандартами: «Единой системы конструкторской документации» (ЕСКД); «Системы проектной документации для строительства» (СПДС (ГОСТ 21)) и других нормативных документов.

## **Оформление библиографического списка**

### **Оформление учебников и учебных пособий**

1. Рудобашта, С.П. Теплотехника: учебник/ С.П. Рудобашта. – М.: «Перо», 2015. – 672 с.

2. Исаев, А.П. Гидравлика: учебник/ А.П. Исаев, Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 420 с.

### **Описание нормативно-технических и технических документов**

1. ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 23 с.

2. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В.И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

### **Электронные ресурсы**

1. ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 23 с.

2. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК7 Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В.И.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09; заявл. 18.12.00; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.

## 6. Порядок защиты курсовой работы

Заведующий кафедрой формирует состав комиссии по защите курсовых работ, утвержденный протоколом заседания кафедры. Руководитель информирует студентов о дне и месте проведения защиты курсовых работ, дает краткую информацию студентам о порядке проведения защиты курсовых работ.

К защите могут быть представлены только работы, которые получили положительную рецензию. Не зачтенная работа должна быть доработана в соответствии с замечаниями руководителя в установленные сроки и сдана на проверку повторно.

Защита курсовых работ до начала экзаменационной сессии. Защита курсовой работы включает:

- краткое сообщение автора об актуальности работы, целях, объекте исследования, результатах;
- вопросы к автору работы и ответы на них;
- отзыв руководителя курсового проектирования.

Защита курсовой работы производится публично (в присутствии студентов, защищающих работы в этот день) членам комиссии. К защите могут быть представлены только те работы, которые получили положительную рецензию руководителя.

Если при проверке курсовой работы или защите выяснится, что студент не является ее автором, то защита прекращается. Студент будет обязан написать курсовую работу по другой теме.

При оценке курсовой работы учитывается:

- степень самостоятельности выполнения работы;
- актуальность и новизна работы;
- сложность и глубина разработки темы;
- знание современных подходов на исследуемую проблему;
- использование периодических изданий по теме;
- качество оформления;
- четкость изложения доклада на защите;
- правильность ответов на вопросы.

В соответствии с установленными правилами курсовая работа оценивается по следующей шкале:

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы.

Средний уровень «4» (хорошо)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению работы. При защите работы студент владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны собственные выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы.

По итогам защиты за курсовую работу выставляется оценка на титульный лист работы, в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение курсовой работы**

### **7.1 Основная литература**

1. Кудинов, А.А. Гидрогазодинамика: Учеб.пособие/ А.А. Кудинов – М.: ИНФРА-М, 2012. – 336 с.

2. Гидравлика: Учебник / А.П. Исаев, Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 420 с.

3. Практикум по гидравлике: Учебное пособие./ Н.Г. Кожевникова, Н.П. Тогунова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, В.Ф. Кривчанский – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 428 с.

4. Гидравлика и гидравлические машины. Лабораторный практикум: Учебное пособие. / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный, В.А. Шевкун, А.А. Цымбал, Б.Т. Бекишенв - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 352 с.: ил. - Режим доступа <https://e.lanbook.com/reader/book/76272/#1>

## 7.2 Дополнительная литература

1. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Учебное пособие. Т.3 / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова – М.: Издательство АСВ, 2010. – 400 с.
2. Калекин, А. А. Гидравлика и гидравлические машины: Учебное пособие / А.А. Калекин. – М.: Мир, 2005. – 512 с.
3. Орлов, В.А. Водоснабжение: Учебник/ В.А. Орлов, Л.А. Квитка – И.: ИНФРА-М, 2015. – 443 с.
4. Ухин, Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод/ Б.В. Ухин – М.: ИД «ФОРУМ» - ИНФРА-М, 2011. – 320 с.
5. Чугаев, Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов/ Р.Р. Чугаев. – 6-е изд., репринтное. – М.: Издательский Дом «БАСЕТ», 2013. –672 с.; ил.
6. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие/ Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. 9-е изд. – М.: ООО «БАСЕТ», 2007. – 352 с.

## 7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 2.704-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
2. СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84\*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

## 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Гидрогазодинамика: Методические указания/ А.А. Цымбал, Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драпый. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017, 47 с.

Методические указания разработал:  
Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент



(подпись)

## Приложение А

### Пример оформления титульного листа курсовой работы



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
 МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»  
 (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина  
 Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

Учебная дисциплина «Гидрогазодинамика»

### КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему: «Расчет системы водоснабжения поселка»

Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил  
 обучающийся ... курса... группы

\_\_\_\_\_  
 ФИО

Дата регистрации КР  
 на кафедре \_\_\_\_\_

Допущен (а) к защите

Руководитель:

\_\_\_\_\_  
 ученая степень, ученое звание, ФИО

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_  
 ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_  
 подпись

\_\_\_\_\_  
 ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_  
 подпись

\_\_\_\_\_  
 ученая степень, ученое звание, ФИО

\_\_\_\_\_  
 подпись

Оценка \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

Москва, 20\_\_

**Приложение Б****Примерная форма задания**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Российский государственный аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина  
Кафедра «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

**ЗАДАНИЕ  
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ (КР)**

Обучающийся \_\_\_\_\_  
Тема КР \_\_\_\_\_

Исходные данные к работе \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Перечень подлежащих разработке в работе вопросов:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Перечень дополнительного материала \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель (подпись, ФИО) \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению (подпись обучающегося) \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.



**Приложение В**  
**Примерная форма рецензии на курсовую работу**

**РЕЦЕНЗИЯ**

на курсовую работу обучающегося  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Российский государственный аграрный университет  
– МСХА имени К.А. Тимирязева»

Обучающийся \_\_\_\_\_  
Учебная дисциплина \_\_\_\_\_  
Тема курсовой работы \_\_\_\_\_

**Полнота раскрытия темы:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Оформление:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Замечания:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Курсовая работа отвечает предъявляемым к ней требованиям и заслуживает \_\_\_\_\_ оценки.  
(отличной, хорошей, удовлетворительной, не удовлетворительной)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество, уч. степень, уч. звание, должность, место работы)

Дата: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.                      Подпись: \_\_\_\_\_

Пронумеровано, прошнуровано и  
скреплено печатью 25  
Владимир Кевля лист 08  
председатель учебно-методической  
комиссии института механики и  
энергетики имени В.Д.Рорякина  
Парлюк Е.П. 