



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
" КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО "**

**А.Р. Степанюк, С.В. Гулієнко**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ**

**З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ**

**«ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ – 1.**

**БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ТЕОРІЇ ТЕПЛОМАСООБМІНУ»**

**“ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК І ВИБІР НАСОСІВ”**

**Напрямок підготовки 133 - Галузеве машинобудування**

КИЇВ 2017

УДК 532.52:66.045

Методичні вказівки до розрахункової роботи з кредитного модуля «Процеси та обладнання хімічних технологій-1. Базові принципи теорії тепломасообміну» «Гідравлічний розрахунок і вибір насосів» для студентів напряму підготовки 133 - Галузеве машинобудування: [Електронний ресурс] / А. Р. Степанюк, С.В. Гулієнко; Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 24 с.

*Гриф надано Вченою радою  
інженерно-хімічного факультету  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2017 р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Корнієнко Я.М., професор, д.т.н.

Рецензент:

Сокольський Олександр Леонідович, доцент, к.т.н.

*Навчальне видання*

Степанюк Андрій Романович, к.т.н., доц. кафедри МАХНВ  
Гулієнко Сергій Валерійович, к.т.н., ст. викл. кафедри МАХНВ

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

«Процеси та обладнання хімічних технологій – 1.  
Базові принципи теорії тепломасообміну»

“ Гідравлічний розрахунок і вибір насосів ”

для студентів напряму підготовки 133 - Галузеве машинобудування

спеціалізація

Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

## Зміст

Вступ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ .....	4
1.1 Вибір діаметра трубопроводу.....	4
1.2 Визначення витрат на тертя.....	6
1.3 Визначення витрат на місцеві опори .....	7
1.4 Визначення сумарних витрат .....	7
1.5 Вибір насоса .....	8
1.6 Гранична висота всмоктування .....	8
2. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ .....	9
3. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ .....	10
3.1 Завдання на розрахункову роботу.....	10
3.2 Склад, обсяг і структура розрахункової роботи.....	10
3.3 Вказівки до виконання розділів розрахункової роботи.....	10
3.4 Структура пояснювальної записки .....	12
3.5 Вимоги до форматування пояснювальних записок .....	12
3.6 Виклад тексту розрахункової роботи .....	13
3.7 Оформлення розрахунків.....	13
3.8 Рекомендації щодо порядку захисту розрахункової роботи .....	16
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	16
Додаток А. Зразок титульного листа розрахункової роботи .....	17
Додаток Б. Завдання до розрахункової роботи. ....	18
Додаток В. Приклад змісту розрахункової роботи .....	19
Додаток Г. Приклад наступних аркушів розрахункової роботи.....	20
Додаток Д. Теплофізичні властивості розчинів NaOH.....	21
Додаток Ж. Технічна характеристика відцентрових насосів .....	22
Додаток З. Тиск насиченої водяної пари .....	24

## Вступ

Переміщення рідин і газів є однією з найважливіших проблем сьогодення. У всіх технологічних процесах для забезпечення протікання процесів необхідно забезпечувати певні витрати компонентів через апарати (циклони, центрифуги, ректифікаційні колони, теплообмінники, тощо) [1]. Величина гідродинамічного опору апарата впливає на енергетичні витрати для проведення процесів. Вдалий підбір обладнання для переміщення дозволить значно зменшити як капітальні так і експлуатаційні витрати.

Метою роботи є підбір обладнання для забезпечення необхідних витрат сировини.

Задачі розрахункової роботи:

- вибір діаметру трубопроводу;
- визначення втрат на тертя та на місцеві опори;
- вибір насосів;
- визначення граничних висот всмоктування.

## 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 1.1 Вибір діаметра трубопроводу

Матеріал викладено, згідно авторів [1-6]. Внутрішній діаметр трубопроводу може бути визначений за залежністю:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \quad (1)$$

де  $G$  – витрата (видаток) рідини, кг/м;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$w$  – швидкість руху рідини в трубопроводах, м/с.

Витрата (видаток) задана за умовою розрахунку, густина є властивістю речовини, що визначається за довідковими даними (додаток 1). На основі експериментальних і техніко-економічних даних встановлені середні

швидкості, які рекомендуються при визначенні діаметру трубопроводу при русі рідини та газів в трубопроводах доцільно вибирати, відповідно до таких рекомендацій,  $w$ , м/с [1]:

Рідини:

при русі самотоком:

в'язкі	0,1–0,5
малов'язкі	0,5–1,0

при перекачуванні насосами:

у всмоктувальних трубопроводах	0,8–2,0
у нагнітальних трубопроводах	1,5–3,0

Повна інформація щодо рекомендованих швидкостей наведена в спеціалізованій літературі, наприклад [1, 2].

Бажано вибирати швидкість однаковою у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах.

Після розрахунку діаметра трубопроводу необхідно прийняти стандартні розміри внутрішнього діаметру трубопроводу з такого ряду, мм: 19, 28, 32, 39, 51, 81, 98, 121, 147, 207, 257, 313, 359, 406, 506.

Після того, як приймається діаметр трубопроводу, необхідно уточнити швидкість рідини в трубопроводах, м/с:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot d^2} \quad (2)$$

де  $G$  – продуктивність, кг/с;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$d$  – діаметр трубопроводу, м.

## 1.2 Визначення витрат на тертя

Розрізняють гідравлічний опір по довжині — втрати на тертя ( $h_m$ ), який залежить від довжини та площі перерізу трубопроводів, їх шорсткості, в'язкості рідини та швидкості руху, та місцеві гідравлічні опори ( $h_m$ ), де відбувається зміна швидкості за напрямком та величиною:

$$h_d = h_m + h_m. \quad (3)$$

За одиницю вимірювання напору і, відповідно, втрат напору (гідравлічних опорів) у гідравліці прийнято метри водяного стовпа (м. вод. ст., або у системі Сі використовується Па). Для круглих труб сталого перерізу втрати напору на тертя визначають за формулою Дарсі-Вейсбаха

$$\Delta p_m = \left( \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{\rho w^2}{2}, \quad (4)$$

де  $l$  — сумарна довжина трубопроводу, м;

$\lambda$  — коефіцієнт втрат на тертя по довжині трубопроводу (також він називається коефіцієнт Дарсі), який залежить від в'язкості, речовини, що транспортується.

Визначення коефіцієнту тертя

Коефіцієнт втрат на тертя залежить від режиму руху рідини, тому для його визначення необхідно розрахувати критерій Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{wd}{\nu} \quad (6)$$

де  $\nu$  — коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с (додаток 1).

При ламінарному режимі ( $\text{Re} < 2300$ ), коефіцієнт тертя визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (7)$$

При турбулентному режимі:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left[ \frac{\varepsilon}{3,7} + \left( \frac{6,81}{\text{Re}} \right)^{0,9} \right] \quad (9)$$

де  $\varepsilon$  – відносна шорсткість:

$$\varepsilon = \frac{e}{d} \quad (10)$$

де  $e$  – абсолютна шорсткість стінок посудини. Для сталевих трубопроводів з незначною корозією  $e=0,2$  мм. Інформація щодо вибору значення величини абсолютної шорсткості стінок  $e$  для інших видів труб наведена авторами [1, 2].

### 1.3 Визначення витрат на місцеві опори

Втрати напору у місцевих опорах визначають за формулою:

$$\Delta p_m = \sum \xi \frac{\rho w^2}{2} \quad (5)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевого опору;

$\xi$  – коефіцієнт місцевого опору, який визначається за довідковими даними по результатах експериментів.

При визначенні коефіцієнтів місцевих опорів, які визначаються залежно від виду місцевих опорів доцільно користуватися довідковою літературою, наприклад [4].

### 1.4 Визначення сумарних витрат

Сумарні витрати тиску визначаються за формулою, Па:

$$\Delta p = \Delta p_m + \Delta p_{\lambda} = \left( \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{\rho w^2}{2} + \sum \xi \frac{\rho w^2}{2} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho w^2}{2}, \quad (11)$$

З урахуванням:

$$\Delta p = \rho g h \quad (12)$$

втрати напору можна записати у вигляді, м:

$$h_d = h_m + h_{\lambda} = \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2}{2g} \quad (13)$$

Втрати напору визначаються окремо у всмокутавальному і нагнітаючому трубопроводах за формулою (5), потім визначається їх сума:

$$h_n = h_{d \text{ всмок}} + h_{d \text{ нагн}} \quad (14)$$

## 1.5 Вибір насоса

Насос вибирається за продуктивністю та потужністю.

Повний напір, що розвивається насосом визначається за формулою:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_z + h_n \quad (15)$$

Корисна потужність визначається за формулою:

$$N_k = \rho g H Q = \frac{\rho g H G}{\rho} = g H G \quad (16)$$

де  $Q$  – об'ємна витрата (видаток) м<sup>3</sup>/с.

Потужність на валу двигуна:

$$N_\delta = \frac{N_k}{\eta_n \eta_n} \quad (17)$$

де  $\eta_n$  – ККД насоса,  $\eta_n = 0,98$ ,  $\eta_n$  – ККД передачі,  $\eta_n = 0,65$ .

Потужність, що споживається з мережі:

$$N_m = \frac{N_\delta}{\eta_\delta} \quad (18)$$

де  $\eta_\delta$  – ККД двигуна,  $\eta_\delta = 0,8$ .

З урахуванням коефіцієнту запасу міцності потужність установки приймається:

$$N_y = 1,5 N_m \quad (19)$$

За значенням потужності установки та повного напору насос приймається за таблицею додатка 2.

## 1.6 Гранична висота всмоктування

Запас напору для уникнення кавітації визначається за формулою:



$$h_3 = 0,3 \left( \frac{G}{\rho} n^2 \right)^{\frac{2}{3}} = 0,3 \left( \frac{G}{\rho} n^2 \right)^{\frac{2}{3}} \quad (20)$$

Гранична висота всмоктування:

$$H_{вс} \leq \frac{p_a}{\rho g} - \left( \frac{p_t}{\rho g} + \frac{w_1^2}{2g} + h_{всмोक} + h_3 \right) \quad (21)$$

де  $p_a$  – атмосферичний тиск, Па;  $p_t$  – тиск насичених парів за робочої температури (додаток 3).

Насос має розташовуватися не вище вказаної величини над рівнем рідини в ємності.

## 2. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ

1. Визначається діаметр трубопроводу за залежністю (1) та виконується підбір стандартного діаметру труби.
2. Визначаються втрати на тертя **окремо у всмокутавальному і нагнітаючому трубопроводах** за залежністю (4).
3. Визначаються втрати на місцеві опори **окремо у всмокутавальному і нагнітаючому трубопроводах** за залежностями (6-10 та 5).
4. Визначаються сумарні витрати тиску **окремо у всмокутавальному і нагнітаючому трубопроводах** за залежностями (13 та 14).
5. Виконується вибір насоса за залежностями (15-19).
6. Визначається гранична висоти всмоктування за залежностями (20-21).

### **3. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ**

#### **3.1 Завдання на розрахункову роботу**

Завдання видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання. перелік завдань наведено у додатку А.

Текст завдання підписується студентом, що буде виконувати розрахункову роботу та керівником розрахункової роботи.

#### **3.2 Склад, обсяг і структура розрахункової роботи**

Розрахункова робота є текстовим конструкторським документом.

Розрахункова робота складається з розділів, наведених у зразку змісту (Додаток Б). орієнтовний обсяг пояснювальної записки 20...40 аркушів формату А4.

#### **3.3 Вказівки до виконання розділів розрахункової роботи**

При виконанні розділів, необхідно звернути увагу на:

Розділ «**Вступ**».

У вступі коротко надається інформація про актуальність насосного обладання та точність визначення витрат на переміщення рідин і газів. Далі у відповідності до змісту роботи ставляться мета та задачі розробки. В кінці вступу вказується, коли було видано завдання на проектування.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

## Розділ «Завдання»

У розділі наводиться завдання з вказівкою величин цифрами, відповідно до варіанту та схема трубопроводів до розрахунку насоса з довжинами трубопроводів (Приклад 1).

### Приклад 1

#### **Завдання**

Розрахувати і підібрати відцентровий насос для подачі  $G=5,0$  т/год розчину гідроксиду натрію, концентрацією  $x=10$ , %, з ємності 1, що працює під атмосферним тиском ( $p_1=0,1$  МПа)...

... Далі наводиться схема ...

## Розділ «Розрахунок насоса»

У пояснювальній записці наводяться всі розрахунки згідно алгоритму розрахунку.

У висновках наводяться параметри вибраного насосу. Приблизний обсяг розділу – 15...20 аркушів.

### Підрозділ «Висновки»

У висновку наводяться аналіз результатів розрахунку. Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

### **3.4 Структура пояснювальної записки**

Пояснювальна записка виконується згідно вимог ГОСТ 2.105-95.

Пояснювальна записка для курсового проекту розпочинається титульним листом з надписом „Розрахункова робота”(додаток А), наступним аркушем є „Завдання” (додаток Б). Далі розміщується аркуш з заголовком „Зміст” (додаток В). Позиція у основному надписі розрахункової роботи, позначена ХХХ – це номер варіанта, (наприклад 002).

### **3.5 Вимоги до форматування пояснювальних записок**

Текст пояснювальної записки розділяють на розділи і підрозділи, відповідно до змісту.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах усього документа (частини), позначені арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділів або підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера розділу або підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з декількох пунктів.

Найменування розділів повинні бути короткими. Найменування розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків з абзацу прописними літерами (окрім першої великої літери) напівжирним форматом літер (Приклад 2). Використання курсивного форматування, підкреслення та переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку наприкінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Розташовувати назву розділу, підрозділу та тексту на різних сторінках забороняється.

Відстань між заголовком розділу або підрозділу і текстом повинна бути у 3 інтервали. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 1,5 інтервали. Кожен розділ пояснювальної записки починають з нового листа (сторінки).

Відстань між попереднім підрозділом та наступним заголовком підрозділу повинна бути 3 інтервали.

Нумерація сторінок повинна бути наскрізна для всієї записки, включаючи додатки.

Приклад 2 Оформлення заголовку

## **2 Гідравлічний розрахунок і вибір насосів**

### **2.1 Вибір діаметра трубопроводу**

Мета розрахунку ... .

### **3.6 Виклад тексту розрахункової роботи**

Повне найменування назви розрахункової роботи на титульному листі, в основному написі і при першому згадуванні в тексті документа повинне бути однаковим з найменуванням його в основному конструкторському документі (специфікації). Найменування, що наводяться в тексті пояснювальної записки і на ілюстраціях, повинні бути однаковими.

### **3.7 Оформлення розрахунків**

Необхідні розрахунки апаратів визначаються керівником. **Всі величини подаються в системі СІ.** В кожному підрозділі розрахунок складається за такою схемою (Приклад 3):

1. Мета розрахунку з вказівкою, що потрібно визначити.
2. Розрахункова схема або ескіз виробу (у довільному масштабі).
3. Вхідні данні.
4. Умови розрахунку.
5. Розрахунок.

6. Висновки, відповідно до мети.

При наведенні алгоритмів та комп'ютерних програм матеріал викладається у такій послідовності (Приклад 4):

1. Опис математичної моделі та алгоритм розрахунку.
2. Алгоритмічна-схема та її опис.
3. Данні для розрахунку.
4. Програма.
5. Результати розрахунку на ЕОМ.
6. Висновки за результатами розрахунку на ЕОМ.

Алгоритмічна-схема, її опис та програма виносяться у додаток.

### Приклад 3

#### 2.1 Вибір діаметра трубопроводу

Метою розрахунку - є визначення діаметру трубопроводу та підбір стандартного діаметру.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4.

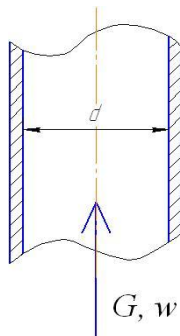


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема до визначення діаметру трубопроводу

Вихідні дані:

продуктивність, кг/с,  $G$

8,2

.....

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [12].

Вибираємо швидкість у трубопроводах, приймаємо, що швидкість у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однакова і дорівнює 0,8 м/с.

Визначаємо попередньо діаметр трубопроводу, за залежністю:

$$\dots d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \dots$$

.....

Висновок: Приймаємо стандартний трубопровід, діаметром 51 мм:

#### Приклад 4

Метою розрахунку - є визначення діаметру трубопроводу та підбір стандартного діаметру.

... далі наводяться початкові данні, посилання на розрахункову схему, розрахункова схема та посилання на авторів алгоритму розрахунку. ...

... –Подається алгоритм розрахунку... :

Вибираємо швидкість у трубопроводах, приймаємо, що швидкість у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однакова і дорівнює 0,8 м/с.

Визначаємо попередньо діаметр трубопроводу, за залежністю:

$$\dots d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot w}} \dots$$

Алгоритмічна-схема та її опис знаходиться в додатку А, таблиці ідентифікаторів знаходиться в додатку Б, програма розрахунку (на на одній з мов MathCad, Matlab, Delphi, Python) знаходиться в додатку В.

... Наводяться результати розрахунку...

Висновок: Приймаємо стандартний трубопровід, діаметром 51 мм:

### **3.8 Рекомендації щодо порядку захисту розрахункової роботи**

Зброшурована пояснювальна записка повинна містити усі необхідні розрахунки.

Розрахункова робота захищається після перевірки на керівником розрахункової роботи всіх розділів, про що свідчать підпис керівника на титульному аркуші пояснювальної записки.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.

2. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. — М. : Химия, 1992. — 416 с.

3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

4. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1992. – 672 с: ил.

5. Пічне обладнання у хімічних та нафтопереробних процесах: навч. посіб. / А.Р. Степанюк. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017 – 172 с.

6. Часс.С.И. Гидромеханика в примерах и задачах. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГИ, 2006, 2016 с.



**Додаток А.**

**Зразок титульного листа розрахункової роботи**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**РОЗРАХУНКОВА РОБОТА**

з кредитного модуля:

**ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ – 1.  
БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ТЕОРІЇ ТЕПЛОМАСООБМІНУ**

на тему: **ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК І ВИБІР НАСОСІВ**

Студента(ки) II курсу, групи ЛН-61

**Іванова Івана Івановича**

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Спеціалізація Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв

Керівник доцент, к.т.н., Степанюк А. Р.

Національна оцінка \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_ оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени

комісії:

\_\_\_\_\_ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Студент \_\_\_\_\_ І.І. Іванов

Київ 2017

## Додаток Б.

### Завдання до розрахункової роботи.

Розрахувати і підібрати відцентровий насос для подачі  $G$ , т/год розчину гідроксиду натрію, концентрацією  $x$ , %, з ємності 1, що працює під атмосферним тиском ( $p_1=0,1$  МПа) в ємність 2 під надлишковим тиском  $0,1$  МПа ( $p_2=0,2$  МПа). Температура розчину  $t$  °С. Довжина всмоктуючої і нагнітаючої лінії та місцеві опори показані на схемі (рисунок 1). Геометрична висота підйому –  $H_z$ , м. Висота труб теплообмінного апарата  $H_T=3$  м, діаметр теплообмінних труб,  $d$  мм, кількість труб  $Z$ .

**При розрахунках всі величини перевести в систему СІ.**

$n$ (варіант)	$G$ , т/год	$n$ (варіант)	$x$ , %	$n$ (варіант)	$t$ , °С	$n$ (варіант)	$H_z$ , м	$n$ (варіант)	$L$ , м	$n$ (варіант)	$d$ , мм	$Z$
1	5,0	1	5	1	52	1	4,2	1	5,0	1	16	19
2	5,2	2	10	2	57	2	4,6	2	5,1	2	21	13
3	5,4	3	15	3	63	3	4,8	3	5,2	3	16	61
4	5,6	4	20	4	68	4	5,0	4	5,3	4	21	37
5	5,8	5	25	5	72	5	5,2	5	5,4	5	16	100
6	6,0	6	30	6	77	6	5,4	6	5,5	6	21	62
7	6,2	7	40	7	83	7	5,6	7	5,6	7	16	181
8	6,4	8	50	8	88	8	5,8	8	5,7	8	21	111
9	6,6	9	60	9	92	9	6,0	9	5,8	9	16	389
0	6,8	0	70	0	98	0	6,2	0	5,9	0	21	257

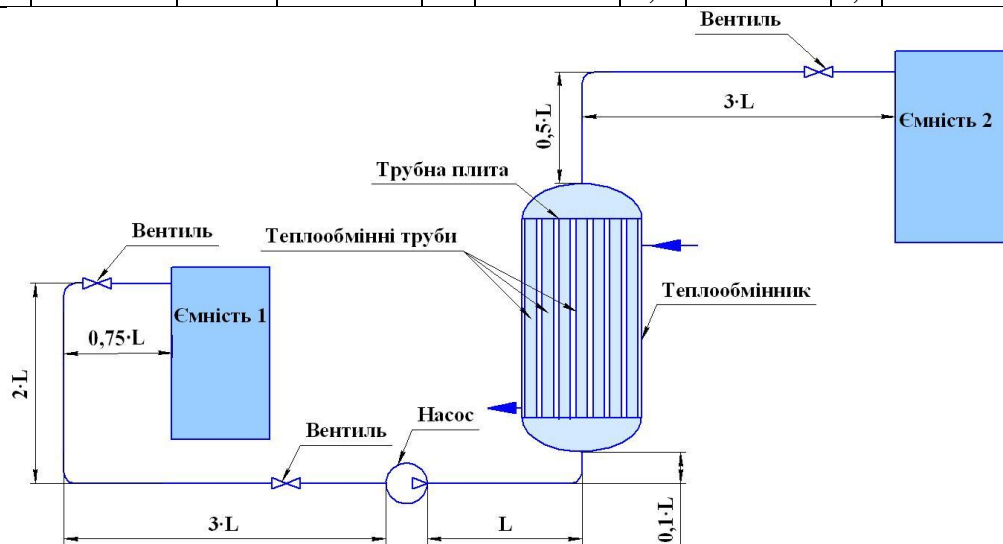


Схема трубопроводів до розрахунку насоса

Група	Дата видачі	Студент	Завдання видав

## Додаток В

### Приклад змісту розрахункової роботи

#### Зміст

Вступ	3
1 Завдання	4
2. Розрахунок насоса	5
2.1 Вибір діаметра трубопроводу	6
2.2. Визначення витрат на тертя	7
2.3. Визначення витрат на місцеві опори	9
2.4. Визначення сумарних витрат	11
2.5. Вибір насоса	12
2.6 Гранична висота всмоктування	13
Висновки	14

					ЛН61.060035. XXX РР		
ЗМН	Арк	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.		Магдич			Літ.	Лист	Листів
Пенер		Степанюк			3	23	
Реценз.					Гідравлічний розрахунок і вибір насоса КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н.Контр.							
Затв.							

## Додаток Г

### Приклад наступних аркушів розрахункової роботи

#### Вступ

... Викладається текст вступу. ...

					ЛН61.060035. XXX РР	20
ЗМН.	Анк	№ доквм.	Піппис	Лат		4

## Додаток Д

### Теплофізичні властивості розчинів NaOH

Густина розчинів NaOH,  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>

Концентрація, %	Температура розчинів							
	50	60	70	80	90	100	110	120
0	998	983	978	972	965	958	951	943
5	1041	1036	1030	1024	1018	1012	1005	997
10	1094	1089	1083	1077	1071	1064	1057	1049
15	1148	1142	1136	1130	1124	1117	1110	1102
20	1202	1196	1190	1183	1177	1170	1163	1155
25	1309	1250	1244	1237	1230	1223	1216	1208
30	1410	1303	1296	1289	1283	1276	1269	1261
40	1410	1403	1396	1389	1382	1375	1368	1360
50	1504	1497	1490	1483	1476	1469	1462	1454
60	1595	1588	1581	1574	1567	1560	1553	1544
70	1684	1677	1670	1663	1656	1649	1642	1663

Коефіцієнт кінематичної в'язкості розчинів NaOH,  $\nu \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>/с

Концентрація, %	Температура розчинів						
	60	70	80	90	100	110	120
0	0,479	0,415	0,367	0,325	0,286	0,268	0,244
5	0,667	0,568	0,515	0,485	0,460	0,436	0,415
10	0,835	0,706	0,650	0,629	0,611	0,592	0,574
15	1,111	0,957	0,872	0,827	0,806	0,783	0,760
20	1,364	1,185	1,074	1,011	0,983	0,958	0,935
30	2,611	2,046	1,678	1,511	1,428	1,378	1,351
40	3,878	3,192	2,597	2,194	1,978	1,822	1,744
50	5,361	4,436	3,733	3,222	2,706	2,467	2,353
60	8,167	6,389	4,778	4,028	3,500	3,128	2,903
70	11,686	9,444	7,222	5,278	4,278	3,778	3,528

## Додаток Ж

### Технічна характеристика відцентрових насосів

Марка	Q, м <sup>3</sup> /Г	H, м	n, об/хв	Електродвигун	
				тип	N, кВт
Консольні насоси загального призначення для води					
К 8/18	8	18	2900	4A80A2	1,5
КМ 20/18a	17	15	2900	4AX80A2	1,5
К 20/18	20	18	2900	4A80B2	2,2
К 20/30	20	30	2900	4A100S2	4,0
К 45/30	45	30	2900	4A112M2	7,5
КМ 80-50-200	50	50	2900	4A160S2	15,0
К 90/20	90	90	2900	4A112M2	7,5
К 90/35	90	90	2900	4A160S2	15,0
КМ 90/55a	90	90	2900	4A112M2	18,5
КМ 100-65-200	100	100	2900	4A112M2	30,0
К 160/30	160	160	1450	4A112M4	15,0
КМ 150-125-315	160	200	1450	4A112M4	30,0
К 290/18	290	290	1450	4A112S4	22,0
К290/30	290	290	1450	4A112M4	37,0
Насоси для хімічних виробництв. Консольні насоси.					
ХМ 2/25	2	25	2900	4A71B2	1,1
Х 3/40	3	40	2900	4A1002	4,0
Х 8/18	8	18	2900	2B100S2	4,0
Х 8/30	8	30	2900	4A100S2	4,0
ХМ 8/40	8	40	2900	2B100S2	4,0
Х 8/60	8	60	2900	2A160M2	18,5
Х 50-32-125	12,5	20	2900	4A90L2	3,0
Х 20/18	20	18	2900	2B100S2	4,0
Х 65-50-125	25	20	2900	4A100S2	4,0
Х 65-50-160	25	32	2900	AB100L2	5,5
АХ 65-40-200	25	50	2900	4A160S2	15,0
Х 20/31	20	31	2900	4A112M2	7,5
Х 20/53	20	53	2900	4A132M2	11,0
ХО 20/95	20	95	2900	B160M2	18,5
Х 45/31	45	31	2900	4A160S2	15,0
Х 45/54	45	54	2900	4A180S2	22,0
Х 45/90	45	90	2900	4A200M2	37
Х 80-50-160	50	32	2900	4A160M2	18,5
Х 50-50-200	50	50	2900	4A160M2	18,5
ТХ 72/20	72	20	1450	4A160S2	15
АХ 125-80-250	80	20	1450	4A160S4	15

X 90/33	90	33	2900	4A180S2	22
X 90/49	90	49	2900	4A180M2	30
X 90/85	90	85	2900	4A225M2	55
X 100-80-160	100	32	2900	4A180S2	22
X 100-65-250	100	80	2900	4A225M2	55
X 160/29	160	29	1450	4A200M4	37
X 130/49/2	160	49	2900	4A225M2	55
X 150-125-315	200	32	1450	4A225M4	55
X 280/29	280	29	2900	4A225M4	55
X 280/42	280	42	2900	4A225M4	55
X 280/72	280	72	2900	AO 101-4M	125
Герметичні електронасоси					
ЦГ 6,3/20	6,3	29	3000		1,1
ЦГ 63/32	6,3	32	3000		2,2
1ЦГ 12,5/50	12,5	50	3000		4
2ХГ -9	20	19	3000		2,8
2ХГ -5	20	44	3000		4,5
2ХГ -4	20	61	3000		10
ЦГ 25/50	25	50	3000		14
ЦГ 25/80	25	80	3000		15
ЦГ 50/12,5	50	12,5	1500		3
ЦГ 50/50	50	50	3000		15
ЦГ 50/80	50	80	3000		30
ЦГ 100/32	100	32	3000		15
ЦГ 100/80	100	80	3000		45
ЦГ 200/50	200	50	3000		45

### Додаток 3.

#### Тиск насиченої водяної пари

t, °C	T, K	p, мм. рт. ст.	p, МПа
50	323	92,51	0,0123
60	333	149,4	0,0199
70	343	222,7	0,0297
80	353	355,1	0,0473
90	363	525,8	0,0701
100	373	760,0	0,101
110	383	1072	0,1430
120	393	1485	0,1980