

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані
механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка**

Виконав (-ла): студент (-ка) 4 курсу, групи МА-72

Керівник: к.т.н. доцент Коваль О.Д. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н. доц. Кореньков В.М.
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри
Олександр ЛУГОВСЬКИЙ

(підпис)
“ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Сторожуку Павлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Розробка лабораторного стенду з «Гідравліки»

Керівник проєкту: Коваль Олексій Дмитрович к.т.н. доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від “ ” _____ 2021 року №

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту: наукові статті, наукові джерела з питань автоматизованих та механічних систем, нормативно-правові джерела щодо охорони, захисту та управління інтелектуальною власністю.

4.Зміст пояснювальної записки Вступ. Розділ 1. Аналіз лабораторного стенду з «Гідравліки». Розділ 2. Розробка лабораторного стенду з «Гідравліки». Розділ 3. Технологія машинобудування. Розділ 4. Охорона праці. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	ст.викл. Ковтун А.І.		
2. Технологія машинобудування	доц. Кореньков В.М.		

7. Дата видачі завдання 10.05.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Загальне ознайомлення з поняттям «лабораторний стенд»	10.05.2021- 11.05.2021	Виконано
2	Проведення аналізу ринку лабораторних стендів	12.05.2021- 16.05.2021	Виконано
3	Дослідження понять про місцевий опір	17.05.2021- 22.05.2021	Виконано
4	Розробка принципової гідравлічної схеми	23.05.2021- 28.05.2021	Виконано
5	Підбір обладнання	29.05.2021- 31.05.2021	Виконано
6	Конструювання деталей	01.06.2021- 04.06.2021	Виконано
7	Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	05.06.2021- 07.06.2021	Виконано
8	Охорона праці	08.06.2021- 09.06.2021	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник проєкту

(підпис)

Сторожук П.В.

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Коваль О.Д.

(Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка до дипломного проєкту

на тему: Розробка лабораторного стенду з «Гідравліки»

Київ – 2021 року

АНОТАЦІЯ

Підготовка висококваліфікованих фахівців та досвідченого наукового персоналу завжди була головною метою будь-якого вищого навчального закладу. Для досягнення цих цілей студентів на протязі досить тривалого часу навчають в межах стін ВУЗу. Більшість отриманих студентами протягом навчання знань є теоретичними, й «черпаються» з підручників, методичних вказівок, наукових праць та, безпосередньо, від досвідчених викладачів. Але, не менш важливим елементом в процесі фахової підготовки є підтвердження отриманих теоретичних фактів дослідним шляхом. Як правило, для цього використовуються лабораторні стенди.

На превеликий жаль, використання лабораторних стендів є не завжди можливим, в першу чергу, через високу вартість. Саме з метою розробки якнайбільш економічно доцільного лабораторного стенду з «Гідравліки» я розпочав працю над даним дипломним проектом. Найбільшого впливу ідеї економії при створенні стенду зазнав список підбраної апаратури, адже він складається виключно з відносно недорогих та легкодоступних складових. При цьому, бралось до уваги, що суттєве зменшення собівартості не повинно жодним чином вплинути на якість навичок отриманих при роботі зі стендом.

Проведена мною дослідна робота дозволила на основі аналізу існуючих рішень на ринку та вивченого матеріалу з гідродинаміки розробити лабораторну установку, що дозволить студентам вивчати вплив місцевих опорів на втрати напору в трубопроводі.

ABSTRACT

Preparation of highly qualified specialists and experienced scientific staff has always been the main goal of any higher education institution. To achieve these goals, students are taught for a long time within the walls of the university. Most of the knowledge acquired by students during their studies is theoretical and is "derived" from textbooks, methodical instructions, scientific works and, directly, from experienced teachers. However, no less important element in the process of professional training is the confirmation of the obtained theoretical facts experimentally. As a rule, laboratory stands are used for this purpose.

Unfortunately, the use of laboratory stands is not always possible, primarily due to the high cost. It is with the aim of developing the most economically feasible laboratory stand from "Hydraulics" that I started working on this diploma project. The list of selected equipment was most influenced by the idea of saving when creating a stand, because it consists exclusively of relatively inexpensive and easily accessible components. At the same time, it was taken into account that a significant reduction in cost should not in any way affect the quality of skills acquired when working with the stand.

My research work allowed me to develop a laboratory setup based on the analysis of existing solutions on the market and the studied material on hydrodynamics, which will allow students to study the influence of local resistances on pressure losses in the pipelin

Зміст

Вступ.....	10
РОЗДІЛ 1. Аналіз лабораторного стенду з «Гідравліки».....	11
1.1. Постановка проблеми при розробці лабораторного стенду з «Гідравліки»	11
1.2. Поняття про місцевий опір	12
1.3. Вплив місцевого опору на потік рідини	13
1.4. Визначення коефіцієнта місцевих опорів шляхом проведення експерименту	14
1.5. Раптове розширення трубопроводу	16
1.6. Раптове звуження трубопроводу	17
1.7. Вплив повороту ділянки на втрати напору	18
1.8. Вплив запірно-регулюючої апаратури.....	20
1.9. Витратомірні прилади	21
1.10. Гідравлічні характеристики лопатевих насосів	22
1.11. Аналіз існуючих лабораторних стендів	24
1.12. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1.....	28
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ З «ГІДРАВЛІКИ»	29
2.1. Схема лабораторного стенду	29
2.2. Визначення характеристик лопатевого насоса	30
2.3. Визначення втрат напору при раптовому розширенні-звуженні	31
2.4. Розрахунок втрат на дросельній шайбі	40
2.5. Підбір обладнання для лабораторного стенду.....	43
2.6. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2.....	48
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	49
3.1. Вибір заготовки.....	50
3.2. Технологічний цикл	52
3.3. Вибір інструменту	53
3.4. Підбір інструментальної остнастки.....	55
3.5. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3.....	57

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
4.1. Загальні питання охорони праці	58
4.2. Загальна характеристика учбової аудиторії.....	59
4.3. Електробезпека.....	60
4.4. Шум у робочому приміщенні.....	61
4.5. Освітлення	62
4.6. Пожежна безпека	63
4.7. Висновки за розділом 4.....	64
ВИСНОВКИ	65
Список використаних джерел.....	66

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		9

Вступ

При виконанні даного дипломного проекту за мету було взято розробити навчальний стенд, що може використовуватися в навчальних закладах для підтвердження лабораторними дослідями теоретичних навичок отриманих в процесі проходження курсу з Гідравліки. Дана установка дозволить вивчати вплив місцевих опорів на роботу гідросистем. Крім цього, вона дозволяє визначити основні статичні характеристики лопатевих насосів.

Враховуючи, що навчально-матеріальна база університету вимагає оновлення, даний проект є актуальним. Недоліком закупівлі готових рішень від виробників є висока вартість, як самих лабораторних стендів, так і їх подальшого обслуговування в процесі їх експлуатації. Саме тому за ідеологію розробки даної установки була взята необхідність здешевлення процесу виготовлення за рахунок підбору загальнодоступних комплектуючих невисокої вартості.

В процесі виконання даної роботи були поставлені наступні цілі:

- провести аналіз існуючих рішень на ринку;
- розробити схему майбутнього стенду;
- провести підбір необхідного обладнання;
- розробити технологічний процес виготовлення однієї з деталей;

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. Аналіз лабораторного стенду з «Гідравліки»

1.1. Постановка проблеми при розробці лабораторного стенду з «Гідравліки»

На сьогоднішній день навчально-матеріальна база в технічних вищих навчальних закладах потребує оновлення й доповнення у вигляді нових стендів для дослідження, вивчення та закріплення отриманих на лекційних заняттях теоретичних навичок. Дана проблема набула особливої гостроти з початком активного розвитку галузі гідравліки та гідродинаміки й необхідності в прискореній підготовці кадрів для створення нових (в тому числі в авіаційній промисловості) та обслуговування вже існуючих гідросистем. Неймовірно важливим етапом в навчальному процесі студента будь якої технічної спеціальності є саме підтвердження отриманих від викладача на лекційних заняттях або вивчених самостійно зі спеціалізованої літератури матеріалів адже, як нам відомо, самостійно підкріпленні навички набагато глибше «врізаються» в нашу пам'ять та залишають набагато більш «глибокий» слід, що й в будь якому випадку допоможе майбутньому фахівцеві в подальшій діяльності незалежно від того буде вона науковою чи професійною.

При використанні готових рішень виникають проблеми пов'язані з високою вартістю, як купівлі самої лабораторної установки, так і подальшої її експлуатації. Враховуючи, що головними експлуатантами подібних установок є не кваліфіковані спеціалісти, а студенти рівень навичок в роботі з обладнанням яких є мізерним, питання вартості заміни комплектуючих набуває особливої гостроти. Саме тому перед нами постала задача оновити навчально-матеріальну базу нашої кафедри застосовуючи мінімальні вкладення й можливості чим найбільш широкого застосування навчальних установок.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				11
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

1.2. Поняття про місцевий опір

Оскільки при проходженні практики переді мною постала задача в розробці лабораторного стенду з «Гідравліки» для вивчення впливу місцевого опору необхідно більш детально вивчити питання про втрати напору в місцевих опорах.

Під поняттям місцевого опору розуміють будь-яку зміну геометрії трубопроводу, що призводить до деформації потоку й зміну його параметрів, наприклад – швидкості та тиску. Зазвичай, відчутно різке падіння падання лінії енергії відбувається на досить короткому участку трубопроводу, втрати на якому значно перевищують втрати в рівномірному потоці при тій же довжині ділянки. У місцевих опорах гідравлічний опір зумовлює не тільки гальмівна дія стінок, а й деформація потоку обмежованими поверхнями в яких утворюються заповнені вихровими масами рідини зони, в наслідок чого зростає робота в'язкісних напружень, що призводить до втрат напору.

До місцевих опорів належать:

- повороти трубопроводу з різними радіусами згинання;
- запірно-регулювальна апаратура;
- трійники;
- раптове розширення ділянки трубопроводу;
- раптове звуження ділянки;
- поступове розширення ділянки;
- поступове звуження ділянки;
- вихід рідини з резервуару до трубопроводу;
- вхід рідини з трубопроводу до резервуару.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				12
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

1.3. Вплив місцевого опору на потік рідини

При протіканні робочої рідини через місцевий опір потік змінюється за рахунок утворення вихрових зон та деформації епюри швидкостей. Дані зміни в потоці можуть поширюватися як безпосередньо за місцевим опором, так і перед ним. Саме тому визначати вплив місцевого опору на потік рідини на ділянці шляхом визначення величини сумарних витрат гідравлічного напору доцільно лише за умови, що в місцеві опори розташовані на ділянці не мають між собою взаємного впливу. Задовольняється дана умова виключно наявністю між ними ділянки зі стабілізованим розподілом швидкості руху рідини. Інакше, вплив двох або більше джерел місцевого опору необхідно розглядати як одне ціле.

Доведено, що в різних видах місцевих опорів структура потоку також різна, що значно ускладнює подальші розрахунки через велике різноманіття відмінних один від одного типів опорів. Але, згідно з законами гідродинаміки, можливо вивести загальну формулу здатну виразити втрати в будь-якому типі місцевого опору. Інакше місцеві втрати можна вирахувати користуючись емпіричними формулами та коефіцієнтами отриманими при обробці дослідних даних.

Судячи з дослідів, можна зробити висновок, що гідравлічні втрати пропорційні до квадрату швидкості. На основі даного спостереження була

створена формула для

$$h_m = \xi_m \frac{V^2}{2g} (м),$$

визначення втрат тиску на ділянці з місцевим опором:

(1.1.)

де V - середня швидкість в перерізі ділянки, де розташований місцевий опір;

ξ_m - коефіцієнт місцевого опору (визначається експериментально).

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		13

Також можна виразити значення гідравлічних втрат напору в одиницях тиску:

$$\Delta p_M = h \rho g = \zeta_M \frac{V^2}{2} \rho (\text{Па}).$$

1.4. Визначення коефіцієнта місцевих опорів шляхом проведення експерименту

На практиці коефіцієнт місцевого опору визначають методом модельного трубопроводу великої довжини, в центрі якого розміщених місцевий опір, вплив якого досліджується. При цьому, втрати питомої енергії в системі визначають як різницю втрат напору на ділянці без місцевого опору й без нього. Схема подібної установки зображена на рис.1.1 [2].

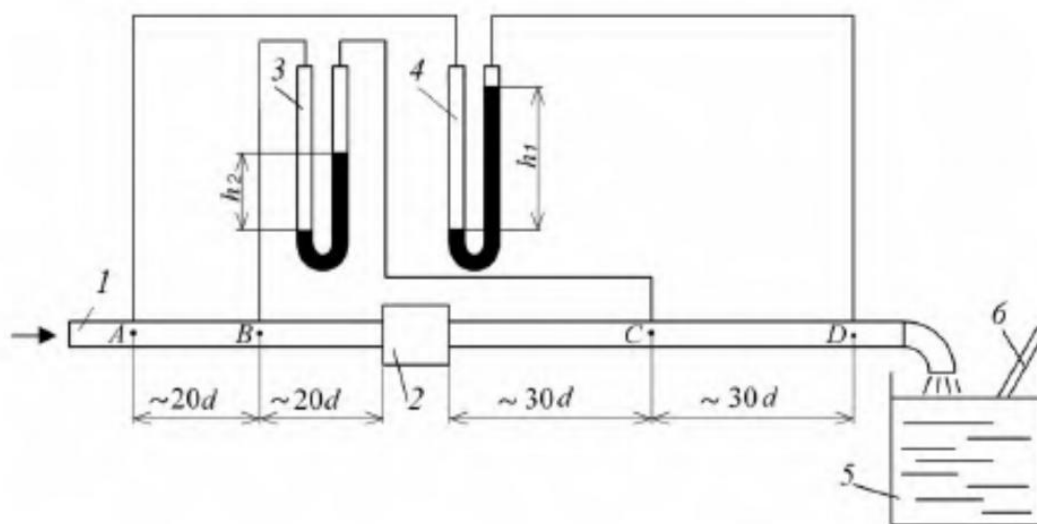


Рис. 1.1. Схема експериментальної установки для визначення коефіцієнта місцевого опору, де: 1 – трубопровід, 2 – місцевий опір, 3,4 – диференціальні манометри, 5 – мірна посудина, 6 – термометр.

В зазначеній вище установці, в точках А, В, С, D встановлені ртутні диференціальні манометри. В даних точках розподіл швидкостей по перерізах вважаємо однаковим, т.б. коефіцієнти Коріоліса в кожній точці також однакові ($\alpha_A = \alpha_B = \alpha_C = \alpha_D$).

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		14

За допомогою диференціального манометра 4 можна визначити значення суми втрат напору в місцевому опорі 2 і по довжині на ділянці А-D:

$$h_1 \frac{\rho_{pt} - \rho}{\rho} = h_{тер} + h_M, \quad (1.2.)$$

де h_1 - значення суми втрат напору в місцевому опорі й по довжині ділянки А-D;

$h_{тер}$ - значення втрати напору по довжині трубопроводу;

h_M - значення втрати напору в місцевому опорі.

Використовуючи показники зняті з дифманометра 3 визначаємо значення, що дорівнює сумі втрат напору по довжині на ділянці В-С, й в місцевому опорі 2, знаючи, що ділянка В-С має довжину вдвічі меншу від довжини А-D:

$$h_2 \frac{\rho_{pt} - \rho}{\rho} = 0,5h_{тер} + h_M, \quad (1.3.)$$

де h_2 - значення суми втрат напору в місцевому опорі й по довжині ділянки В-С.

З рівнянь (1.1.) і (1.2.) знаходимо значення втрати напору в місцевому опорі:

$$h_M = 2(h_1 - h_2) \frac{\rho_{pt} - \rho}{\rho}. \quad (1.4.)$$

Підставивши значення h_M з формули (1.4.) в формулу (1.1.) маємо значення коефіцієнта місцевого опору:

$$\zeta_M = \frac{2gh_M}{V^2} = \frac{2g}{V^2} (2h_2 - h_1) \frac{\rho_{pt} - \rho}{\rho}.$$

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		15

1.5. Раптове розширення трубопроводу

Одними з місцевих опорів, що будуть вивчатися в розроблюваному лабораторному стенді є раптове розширення та раптове звуження. Вище розглянуті формули дозволяють лише приблизно, в певних межах визначити вплив даного місцевого опору на значення втрати напору через те, що вони не можуть точно описувати характер течії. Теоретичний розрахунок втрат напору, при подальшій роботі з лабораторним стендом, необхідний для порівняння отриманих значень під час розрахунків з отриманими значеннями знятих з вимірювальних приладів на ділянці, що вивчається. На основі даних значень можна робити висновки стосовно точності значень визначених за допомогою формул в порівнянні з отриманими емпіричним шляхом показниками. Ці знання допоможуть майбутнім фахівцям в подальшій професійній діяльності.

Для більш точного теоретичного визначення втрат при раптовому розширенні використовують теорему Борда-Карно.

Згідно з теоремою Борда-Карно, втрата питомої енергії (напору) у випадку раптового розширення трубопроводу дорівнює швидкісному напору, що розраховується за різницею швидкостей [1]. Схема потоку при раптовому розширенні розбрана на рис. 1.2.

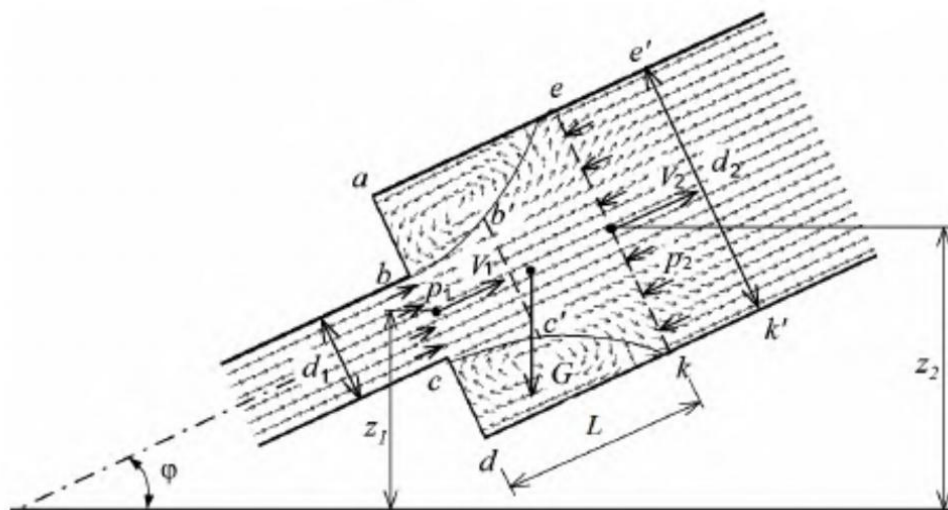


Рис. 1.2. Схема потоку при раптовому розширенні русла

Розглянемо потік рідини в трубопроводі при раптовому розширенні (рис. 1.2). Ми можемо побачити, що потік рідини, що проходить через місцевий опір, розширюється поступово з утворенням вихорів в кільцевому просторі між стінкою труби й потоком. Утворені вихори служать причиною втрат енергії. Лише на певній відстані L потік повністю розширюється, а в перерізі $e-k$ ми спостерігаємо деформовану епіюру швидкостей, що зумовлена нерівномірним потоком на ділянці L .

Формула Борда-Карно при рівномірному розподілу швидкостей по перерізах у турбулентному режимі [1]:

$$h_{p.p.} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}, (1.5.)$$

З огляду на рівняння нерозривності $V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2$, де ω_1, ω_2 - площі перерізів трубопроводу, формула (1.5.) набуває вигляду:

$$h_{p.p.} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g} = \xi_{p.p.} \frac{V_1^2}{2g},$$

де $\xi_{p.p.}$ - коефіцієнт опору при раптовому розширенні русла.

$$\xi_{p.p.} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2 = \left(1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2\right)^2.$$

1.6. Раптове звуження трубопроводу

При раптовому звуженні, переріз струменя на початку звужується, а потім розширюється (рис. 1.3.).

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		17

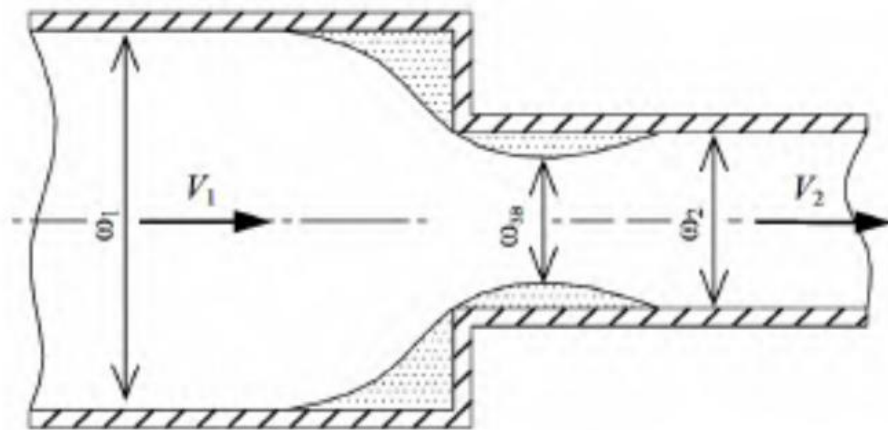


Рис. 1.3. Раптове звуження трубопроводу

На рис. 1.3. зображено, що при стисненні ділянки площі потоку співвідносяться наступним чином: $\omega_1 > \omega_2 > \omega_{36}$.

При цьому, значення коефіцієнта опору залежить від того, наскільки стиснений потік безпосередньо в зоні раптової зміни перерізу:

$$\varepsilon = \frac{\omega_{36}}{\omega_2}.$$

В подальших практичних розрахунках для визначення коефіцієнту опору рекомендується використовувати формулу Ідельчика [7]:

$$\xi_{p.з.} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right).$$

Її перевага полягає в врахуванні співвідношення площ перерізів ω_1 і ω_2 , що значно зручніше, адже точну площу потоку при звуженні визначити неможливо.

1.7. Вплив повороту ділянки на втрати напору

Лабораторний стенд з гідравліки дає змогу вивчити вплив на втрату напору в трубопроводі ще одного виду місцевого опору, а саме повороту труби. Використання в гідросистемах раптового повороту труби зумовлене утворенням

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				18
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		

вихорів та відривів потоку, що викликає значні втрати енергії. При цьому використання повороту без закруглення супроводжується більшими втратами ніж з закругленням, що в реальних гідросистемах не рекомендовано. В нашому ж випадку, для повороту ми використовуємо так зване коліно (раптовий поворот без закруглення), що призведе до більшого значення втрати напору для більш наочного споглядання впливу даного місцевого опору.

Різницю між раптовим поворотом (а) та плавним поворотом (відводом) (б) зображено на рис. 1.4., на якому можна помітити різницю в масштабах вихроутворення.

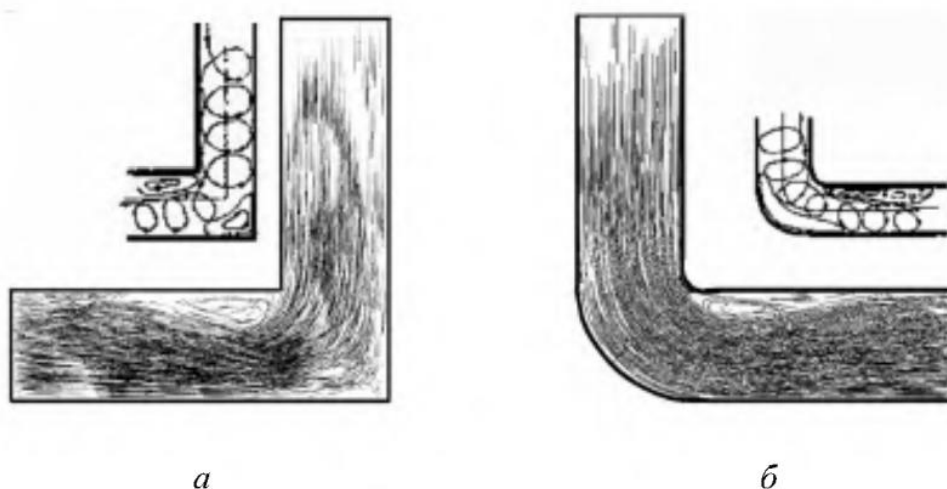


Рис. 1.4. Структура потоку на повороті трубопроводу

Значення втрати напору при поворі труби круглого перерізу з кутом $\varphi = 90^\circ$ можна розрахувати за наступньою формулою[1]:

$$h_n = \xi_n \frac{V^2}{2g},$$

де ξ_n - коефіцієнт опору для круглого перерізу.

Даний коефіцієнт розраховується за формулою Вейсбаха [2]:

$$\xi_n = (0,31 + 0,16(\frac{d}{R})^{3,5}) \frac{\varphi}{90},$$

де R – радіус кривизни повороту.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		19

В нашому випадку, два кутники розташовані відносно недалеко один від одного, тому їхній вплив визначатиметься як єдиний елемент місцевого опору.

1.8. Вплив запірно-регулюючої апаратури

Ще одним місцевим опором, вплив якого дозволяє вивчати наш лабораторний стенд, є запірно-регулююча апаратура виконана на прикладі шарового крану (рис.1.5.)

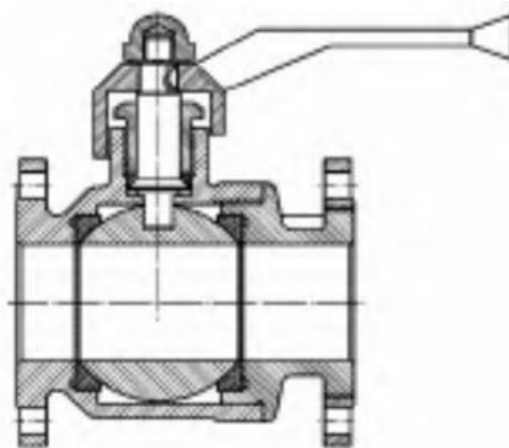


Рис.1.5. Кран шаровий

В запірно-регулюючих пристроях місцевий опір зумовлюється складними поворотами потоку та раптовим розширенням течії після раптового стиснення. Це призводить до відривів потоку й вихроутворення, що, власне, й викликає великий опір.

Теоретичне визначення впливу шарового крану на втрати напору на ділянці супроводжується надто складними розрахунками, через складність характеру потоку, що протікає, з використанням малодоступних формул. Як правило, в довідниках приводяться виключно значення коефіцієнтів опору запірних арматур, наприклад для шарового крану значення ξ лежить в межах від 0,01 до 0,02. Саме тому ми пропонуємо використання розроблюваного нами лабораторного стенду для кращого вивчення впливу даних опорів.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		20

1.9. Витратомірні прилади

Наш лабораторний стенд дозволяє вивчати вплив дросельної шайби на потік рідини за рахунок порівняння показників знятих з манометрів, що встановленні безпосередньо до та після дросельної шайби. За необхідності дросельну шайбу можна замінити на трубку Вентурі й вивчати її вплив на потік в трубопроводі. Можливість подібних заміन елементів в межах системи дозволяє суттєво зменшити вартість виготовлення стенду, адже відпадає необхідність створення окремої гідравлічної лінії для кожного елементу, що вивчається.

Принцип роботи трубки Вентурі полягає в наявності звужувального пристрою (рис.1.6.), що призводить до значного підвищення швидкості в перерізі, через що, частина потенціальної енергії тиску перетворюється в кінетичну. Статичний тиск перерізу, що звужується стає меншим за статичний тиск перед трубою. Перепад тисків знаходиться в прямій залежності від швидкості руху рідини та від витрати.

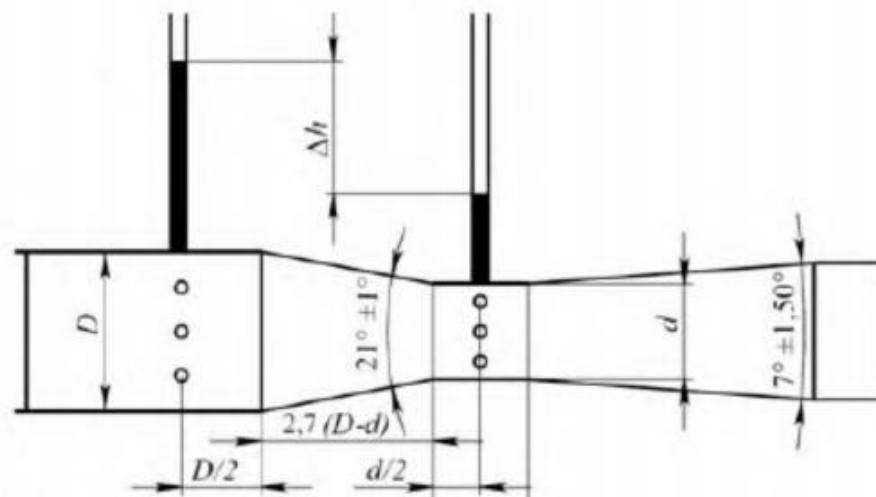


Рис. 1.6. Трубка Вентурі

Дросельна шайба ж (рис. 1.7.), працює за рахунок того, що викликає різку швидкості, тиску й конфігурації потоку, що призводить до втрати енергії потоком. Даний тип вимірювального приладу на практиці використовується

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		21

рідше ніж трубка Вентурі через те, що має більший гідравлічний опір й призводить до значних втрат напору.

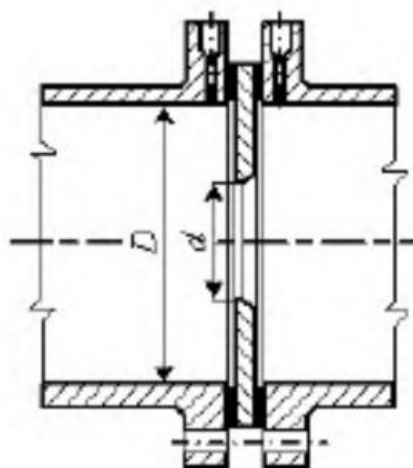


Рис. 1.7. Дросельна шайба

1.10. Гідравлічні характеристики лопатевих насосів

В розроблюваному лабораторному стенді встановлений лопатевий насос для перетворення механічної енергії знятої з валу, в енергію потоку рідини. Подібні насоси широко використовуються в різноманітних системах водопостачання, тому саме даний вид насосу був обраний для вивчення в лабораторному стенді з «Гідравліки».

Подібні насоси складаються з наступних основних складових (рис. 1.8.):

1. корпус;
2. вал;
3. робоче колесо;
4. електродвигун.

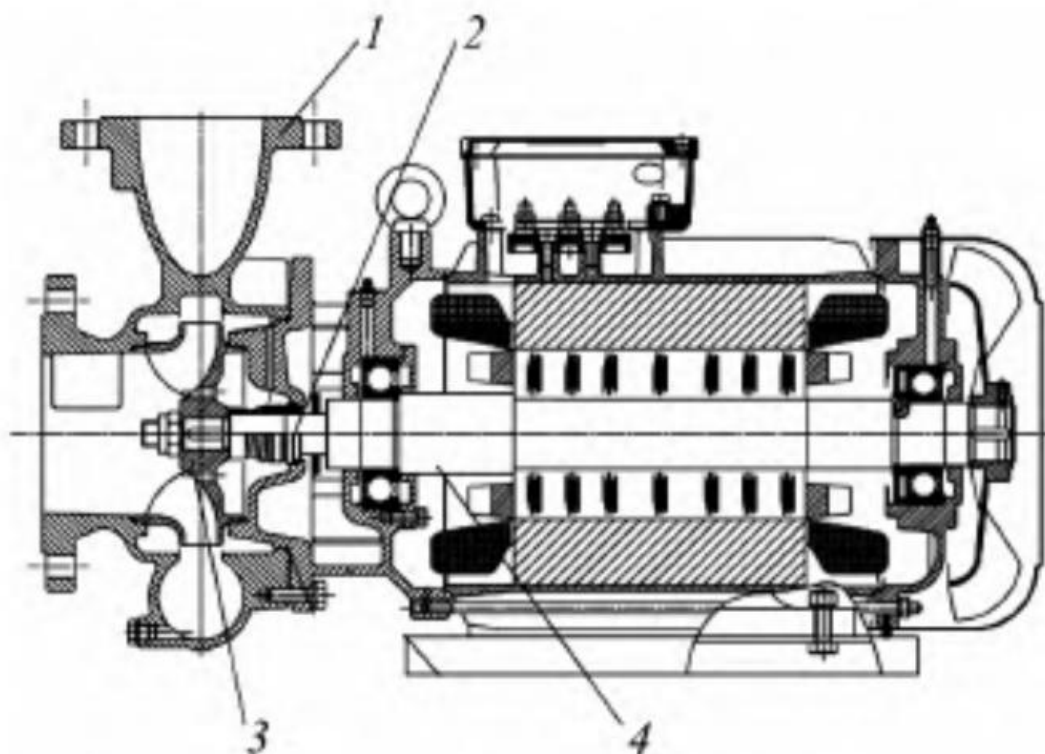


Рис. 1.8. Конструкція лопатевого насосу

Подачею насоса називають об'єм рідини, що подається насосом за певну одиницю часу через патрубок, встановлений на напірній лінії.

Напором насоса називають приріст питомої енергії рідини, що подається через насос, від входу до виходу з нього.

Напір насоса визначають як різницю повного напору за насосом й перед ним:

$$H = H_{вих} - H_{вх} = \frac{p_{вих}}{\rho g} - \frac{p_{вх}}{\rho g} + \Delta Z + \frac{V_{вих}^2 - V_{вх}^2}{2g},$$

де $p_{вих}$, $p_{вх}$ – тиски на вході та виході насоса, Па;

$V_{вих}$, $V_{вх}$ – середні швидкості на вхідній та нагнітальній лініях, м/м;

ΔZ – вертикальна відстань між точками відбору тисків.

Споживаною потужністю називають потужність, що передається мотором на вхідний вал насоса. Вона визначається за формулою:

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		23

$$N = \frac{\rho g H Q}{\eta} (\text{Па}),$$

де η - коефіцієнт корисної дії насоса (ККД).

1.11. Аналіз існуючих лабораторних стендів

Подібні лабораторні стенди для дослідження впливу місцевих опорів та вивчення роботи насосів доступні на ринку. Досліджуючи вже готові рішення ми маємо змогу проаналізувати запропоновані виробником можливості для проведення лабораторних робіт з курсу «Гідравліка» для середніх спеціальних та вищих навчальних закладів. Як приклад для ознайомлення зі стендом для вивчення впливу місцевих опорів наведемо «Лабораторний стенд «Гідравліка М2» (рис.1.6.) виробника SpectroLab [3].



Рис.1.9. Лабораторний стенд «Гідравліка М2»

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		24

Лабораторний стенд «Гідравліка М2» дозволяє проводити наступні лабораторні роботи:

1. Вимірювання тиску та витрати, визначення режиму течії рідини.
2. Побудова напірної і п'єзометричної ліній трубопроводу. Вивчення рівняння Бернуллі.
3. Визначення коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів.
4. Визначення коефіцієнта гідравлічного тертя.
5. Дослідження нестационарного витікання рідини через гідродросель.
6. Дослідження характеристики об'ємного при його роботі разом з запобіжним клапаном.
7. Дослідження витратно-перепадної характеристики гідророзподільника.
8. Визначення залежності коефіцієнта витрати гідродроселя від температури робочої рідини.

Також, гарним прикладом лабораторного стенду, що може використовуватися в процесі прослуховування курсу з Гідравліки є «Лабораторний стенд «Гідравліка М1» від того ж виробника SpectroLab (рис.1.7.) [17].

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				25
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

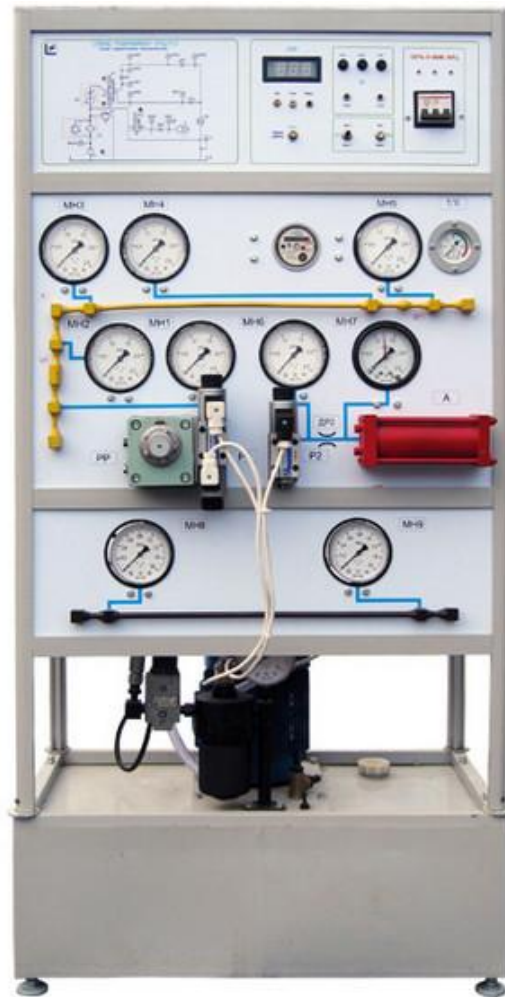


Рис.1.10.

Лабораторний стенд «Гідравліка М1» дозволяє проводити такі лабораторні роботи:

1. Вимірювання тиску й витрати, визначення режиму течії рідини;
2. Побудова напірної й п'єзометричної ліній трубопроводу. Вивчення рівняння Бернуллі;
3. Визначення коефіцієнтів місцевих гідравлічних опорів;
4. Визначення коефіцієнта гідравлічного тертя;
5. Дослідження несталого протікання рідини через гідродросель;
6. Визначення залежності коефіцієнта витрати гідродроселя від температури робочої рідини.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		26

Прикладом лабораторного стану для вивчення основних характеристик насосів приведемо «Лабораторний стенд «Гідромашини і гідроприводи М1» (рис.1.8.) [4].



Рис.1.11. Лабораторний стенд «Гідромашини і гідроприводи М1»

Лабораторний стенд «Гідромашини і гідроприводи М1» дозволяє проводити наступні лабораторні роботи:

1. Вивчення пристроїв і визначення робочих і кавітаційних характеристик шестеренного насосу;
2. Вивчення пристроїв і визначення робочих і кавітаційних характеристик аксіально-поршневого нерегульованого гідромотора;
3. Вивчення пристроїв і визначення характеристик гідроциліндра;
4. Дослідження характеристик об'ємного регульованого гідроприводу з поступальним рухом вихідної ланки;

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		27

5. Дослідження характеристик об'ємного регульованого гідроприводу з обертальним рухом вихідної ланки.

1.12. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1

Ознайомлення з вже існуючими установками є важливим процесом конструювання Лабораторного стенду з «Гідравліки», адже дозволяє нам розробити стенд таким чином, щоб не виникало питань стосовно актуальності розроблюваного проекту. Адже головною метою конструювання є свідоме та цілеспрямоване втілення нових винаходів та ідей з метою впровадження нового, кращого та доцільнішого за вже існуюче.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		28

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ З «ГІДРАВЛІКИ»

В даному розділі перед нами постала задача в проектуванні лабораторного стенду, за допомогою якого буде можливо вивчати вплив різних типів місцевого опору на втрати напору в трубопроводі. В рамках роботи в даному розділі перед нами постала задача в розробці схеми лабораторного стенду, розрахунках втрати, підборі обладнання та конструюванні монтажного креслення до лабораторного стенду з «Гідравліки».

2.1. Схема лабораторного стенду

В межах даного проекту ми пропонуємо розробку лабораторного стенду (рис. 2.1.) в межах роботи з яким студенти вищого навчального закладу матимуть змогу на практиці визначити вплив місцевого опору в гідросистемах. Також за мету була взята необхідність в значній зниженні вартості за рахунок використання загальнодоступних елементів конструкції.

Джерелом гідравлічної енергії в даній установці служить лопатевий насос Н, що обертається за рахунок електродвигуна. Використовуючи колектори ми маємо змогу виконувати різні типи лабораторних робіт на одній установці обираючи необхідну лінію за допомогою кранів. Проводячи дослідження на даному стенді ми можемо спостерігати зміну тиску рідини при раптовому розширенні або звуженні трубопроводу за допомогою манометрів МН та датчиків витрати ДВ. Також можна спостерігати втрати напору по довжині трубопроводу за допомогою манометрів, п'єзометрів та датчиків тиску. Крім цього ми маємо змогу порівнювати показники різних вимірювальних приладів та робити висновки стосовно їх точності. Окремим джерелом гідравлічного опору служать запірні й регулюючі пристрої. Манометри розташовані таким чином, щоб надати змогу спостерігачеві визначити різницю тисків, що виникає до й після шарового КШ та вентильного крану КВ, а також дросельної шайби ДШ. Оперуючи знятими показниками студенти зможуть робити висновки стосовно того, який з

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		29

вищезазначених способів монтажу ліній гідравлічних систем є більш ефективним й відповідає значенню меншої втрати напору.

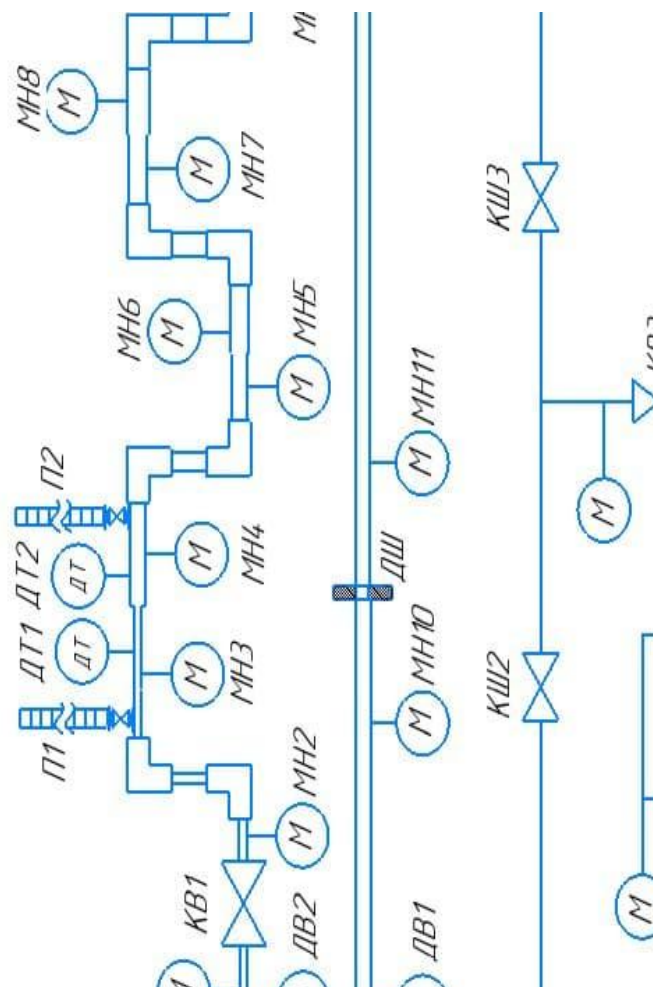


Рис.2.1. Схема лабораторного стенду з «Гідравліки»: Н

— насос,

Ф – фільтр, ДТ – датчики тиску, КШ – кран шаровий,

2.2. Визначення характеристик лопатевого насоса

Випробування лопатевих насосів виконують наступним чином: випробування виконується при постійній частоті обертання насоса. При цьому регулюється ступінь відкриття вентильного крану КВ2 на напірній лінії за рахунок чого отримуємо різні показники витрати рідини на виході, що знімаються за допомогою датчику витрати (можемо використовувати, або ДВ1, або ДВ2, при цьому на колекторі залишається відкритий кран лише з тією лінією, датчик витрати якої використовуємо).

Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата	МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
						30

Для кожного значення витрати Q розраховуємо в процесі виконання лабораторної роботи тиск H , потужність N та ККД. Тиск H визначаємо за допомогою манометра МН13. При цьому, використовуючи манометр МН12, ми маємо можливість спостерігати величину перепаду тиску на лінії всмоктування та лінії нагнітання. Для визначення споживаної електромотором потужності використовується ватметр.

2.3. Визначення втрат напору при раптовому розширенні-звуженні

Нам необхідно розрахувати значення втрат як у лінійних одиницях (метри), так і в одиницях тиску, оскільки в нашому лабораторному стенді на ділянці першого місцевого розширення розташовані як п'єзометри, так і манометри. Використання даних вимірювальних приладів зумовлене бажанням продемонструвати майбутнім користувачам стенду різницю в показниках різних видів вимірювального обладнання. На основі отриманих результатів студенти матимуть змогу зробити висновки стосовно того чи іншого приладу, й в подальшій професійній діяльності зможуть робити правильний вибір стосовно вибору компонентів гідросистем. З цією ж метою, на участку розташовані електронні датчики тиску. Значення датчиків тиску можна буде порівняти зі значеннями, показаними на манометрах.

Наведені нижче розрахунки теоретичних значень втрати напору рідини при місцевому розширенні-звуженні дозволять використовувати отримані значення для порівняння розбіжності між теоретичними значеннями втрати напору та тиску з експериментальними.

Вихідні параметри:

$$d_1 = 0.016 \text{ м};$$

$$d_2 = 0.025 \text{ м};$$

$$Q = 0 \dots 40 \frac{\text{л}}{\text{хв}}.$$

Знаходимо втрати напору при раптовому розширенні трубопроводу за формулою Борда-Карно:

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		31

$$h_{p.p.} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g},$$

де $V_1 = \frac{Q}{\omega_1}$ - швидкість рідини на першій ділянці;

$V_2 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \cdot V_1$ - швидкість рідини на другій ділянці.

В даному випадку за допомогою регулювання положення вентильного крану на напірній лінії ми маємо змогу змінювати значення витрату насосу від 0 до $40 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$. Для розрахунку приймемо три значення витрати: 4, 20 та $40 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$ за яких будемо розраховувати значення втрат напору та різниці тисків в даному місцевому опорі.

При значенні витрати в $4 \frac{\text{л}}{\text{хв}}$:

$$\omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,016)^2}{4} = 0,0002(\text{м}^2) - \text{площа вужчого перерізу};$$

$$\omega_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,025)^2}{4} = 0,00049(\text{м}^2) - \text{площа ширшого перерізу};$$

$$V_1 = \frac{0,0000667}{0,0002} = 0,13658\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

$$V_2 = \left(\frac{0,016}{0,025}\right)^2 \cdot 0,13658 = 0,33174\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

$$h_{p.p.1} = \frac{(0,33174 - 0,13658)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00196(\text{м}).$$

Визначи
мо значення
величину

втрати напору при місцевому розширенні:

Далі вираховуємо різницю тисків на ділянці з рівняння Бернуллі:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{p.p.};$$

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		32

$$(P_2 - P_1)_1 = \frac{\rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)}{2} - h_{p.p.} \cdot \rho g = \frac{988,2 \cdot ((0,13658)^2 - (0,33174)^2)}{2} - 0,00196 \cdot 988,2 \cdot 9,81 = 27(Па).$$

Проведемо розрахунки для значення витрати $20 \frac{л}{хв}$:

$$V_1 = \frac{0.00033}{0.0002} = 1,659(\frac{м}{с});$$

$$V_2 = (\frac{0.016}{0.025})^2 \cdot 1,659 = 0,0679(\frac{м}{с}).$$

Визначимо значення величину втрати напору при місцевому розширенні:

$$h_{p.p.2} = \frac{(1,659 - 0,0679)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,049(м).$$

Далі вираховуємо різницю тисків на ділянці з рівняння Бернуллі:

$$(P_2 - P_1)_2 = \frac{\rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)}{2} - h_{p.p.} \cdot \rho g = \frac{988,2 \cdot ((1,659)^2 - (0,0679)^2)}{2} - 0,049 \cdot 988,2 \cdot 9,81 = 664(Па).$$

Проведемо розрахунки для значення витрати $40 \frac{л}{хв}$:

$$V_1 = \frac{0.00067}{0.0002} = 3,32(\frac{м}{с});$$

$$V_2 = (\frac{0.016}{0.025})^2 \cdot 3,32 = 1,36(\frac{м}{с}).$$

Визначимо значення величину втрати напору при місцевому розширенні:

$$h_{p.p.3} = \frac{(3,32 - 1,36)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,196(м).$$

Далі вираховуємо різницю тисків на ділянці з рівняння Бернуллі:

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$(P_2 - P_1)_3 = \frac{\rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)}{2} - h_{p.p.} \cdot \rho g = \frac{988,2 \cdot ((3,31)^2 - (1,36)^2)}{2} - 0,196 \cdot 988,2 \cdot 9,81 = 1700(\text{Па}).$$

При зміні напрямку руху на зворотній, ми матимемо змогу визначити втрати напору та різницю тисків при раптовому звуженні. Зміна напрямку руху рідини в лінії забезпечується шаровими кранами КШ1, КШ2, КШ3, КШ4.

Формула для розрахунку значення втрат напору при раптовому звуженні:

$$h_{p.з.} = \frac{V_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2,$$

де $\varepsilon = 0,57 + \frac{0,043}{1,1 - n} = 0,63228$ - коефіцієнт стиснення струмینی;

$$n = \frac{d_1^2}{d_2^2} = \frac{0,016^2}{0,025^2} = 0,4096$$
 - степінь стиснення потоку.

Формула для розрахунку значення різниці тисків при раптовому звуженні:

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho \cdot (V_1^2 - V_2^2)}{2} - h_{p.з.} \cdot \rho g.$$

Визначимо значення втрат напору при раптовому звуженні для витрати

$$Q = 4 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

$$h_{p.з.1} = \frac{(0,332)^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{1}{0,63228} - 1\right)^2 = 0,019(\text{м}).$$

Визначимо значення різниці тисків при раптовому звуженні

$$(P_2 - P_1)_1 = \frac{998,2 \cdot ((0,332)^2 - (0,136)^2)}{2} - 0,19 \cdot 998,2 \cdot 9,81 = 64(\text{Па}).$$

Визначимо значення втрат напору при раптовому звуженні для витрати

$$Q = 20 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

		Сторожук П.В.		
		Коваль О.Д.		
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата

МА7212.ДП06.00.00.ПЗ

Арк.

34

$$h_{p.3.2} = \frac{V_1^2}{2g} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right)^2 = \frac{(1,66)^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{1}{0,63228} - 1\right)^2 = 0,047(м).$$

Визначимо значення різниці тисків при раптовому звуженні

$$(P_2 - P_1)_2 = \frac{998,2 \cdot ((1,66)^2 - (0,68)^2)}{2} - 0,047 \cdot 998,5 \cdot 9,81 = 1607(Па).$$

Визначимо значення втрат напору при раптовому звуженні для витрати

$$Q = 40 \frac{\text{л}}{\text{хв}};$$

$$h_{p.3.3} = \frac{(3,32)^2}{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{1}{0,63228} - 1\right)^2 = 0,19(м).$$

Визначимо значення різниці тисків при раптовому звуженні

$$(P_2 - P_1)_3 = \frac{998,2 \cdot ((3,32)^2 - (1,36)^2)}{2} - 0,19 \cdot 998,2 \cdot 9,81 = 6429(Па).$$

З отриманих результатів розрахунків можна зробити висновок, що при невеликих значеннях витрати рідини використання манометрів не є доцільним, адже значення різниці тисків важко буде побачити на шкалі манометра. Саме тому, окрім манометрів на одному з участків ми використовуємо п'єзометр, шкала поділо якого дозволяє нам побачити різницю напорів в перерізі до місцевого опору й опісля. Також, на тому ж участку, встановлені датчики тиски, їх поведінка при невеликих значеннях витрати є невідомою, тому буде цікаво побачити їх в роботі.

При збільшенні значення витрати, величина перепаду тиску збільшується, що дозволяє нам спостерігати її на манометрах. Манометри при цьому необхідно використовувати підвищеної точності.

Також були проведені розрахунки для більшої кількості значень витрати в межах, дозволених характеристиками насосу. Це необхідно для побудови графіків. Значення швидкостей в перерізах та втрат напору при раптовому

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		35

розширенні-звуженні за різних значень витрати занесені до таблиці 2.1. Значення втрат тисків при раптовому розширенні-звуженні наявні в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1

Значення швидкостей в перерізах та втрат напору при раптовому розширенні-звуженні

Q ,л/хв	V ₁ ,м/с	V ₂ , м/с	h _{розш} ,м	h _{звуж} , м
0	0	0	0	0
4	0,33174	0,13588	0,00196	0,0019
8	0,66348	0,27176	0,00782	0,00759
12	0,99522	0,40764	0,0176	0,01704
16	1,32696	0,54352	0,03128	0,03035
20	1,6587	0,67941	0,04888	0,04743
24	1,99045	0,81529	0,07039	0,0683
28	2,32219	0,95117	0,0958	0,09296
32	2,65393	1,08705	0,12513	0,12142
36	2,98567	1,22293	0,15837	0,15367
40	3,31741	1,35881	0,19552	0,18972

Таблиця 2.2.

Значення втрат тисків при раптовому розширенні-звуженні

Q , л/хв	$P_2 - P_1$ розш, Па	$P_2 - P_1$ звуж, Па
0	0	0
4	26	64
8	106	257
12	239	578
16	425	1028
20	664	1607
24	956	2314
28	1302	3150
32	1700	4114
36	2151	5207
40	2657	6428

На основі отриманих значень побудуємо графіки для візуалізації впливу місцевого опору в вигляді раптового розширення-звуження на втрати напору та тиску в трубопроводі.

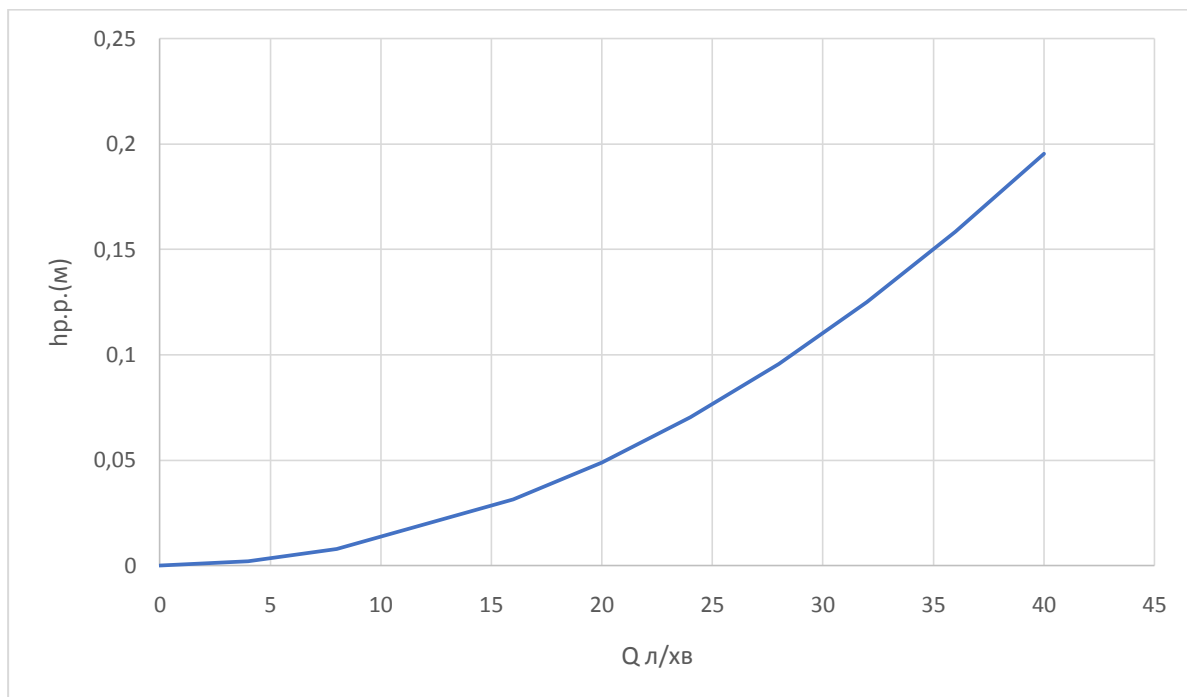


Рис. 2.2. Залежність величини втрати напору від витрати при раптовому розширенні

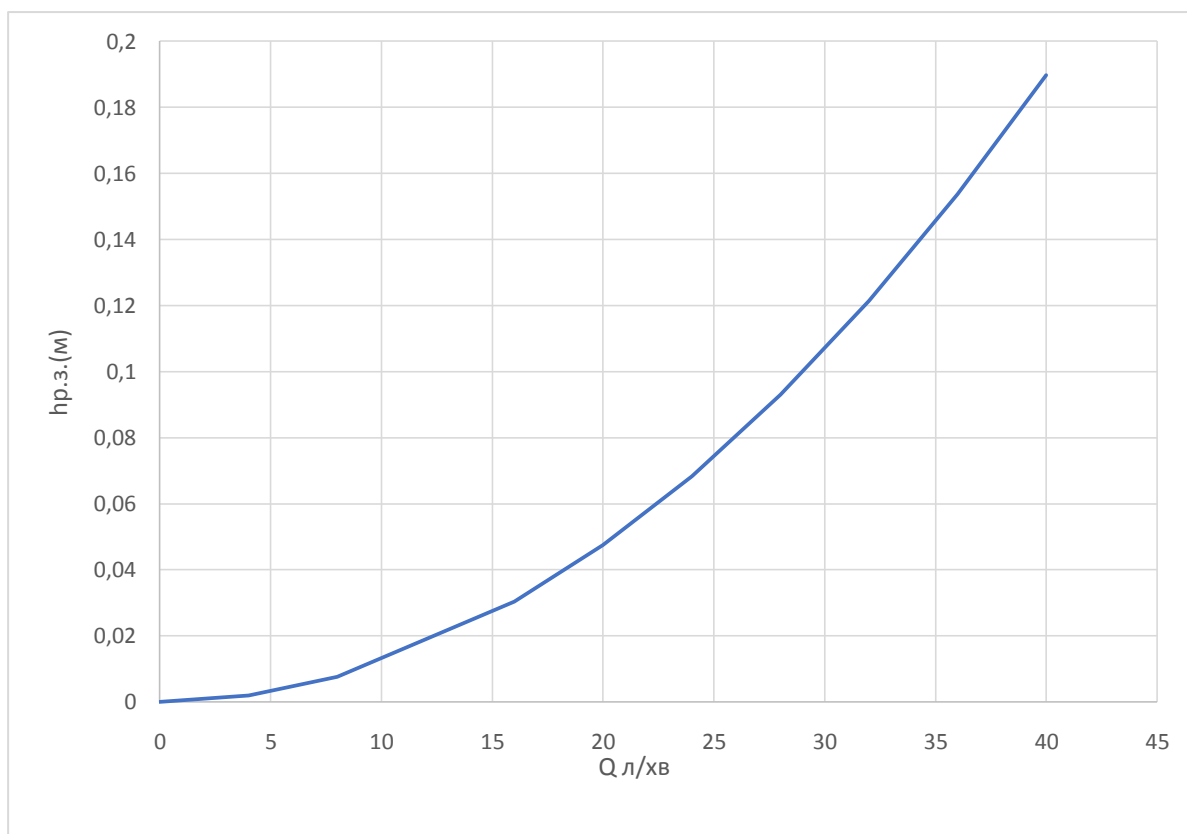


Рис. 2.3. Залежність величини втрати напору при раптовому звуженні

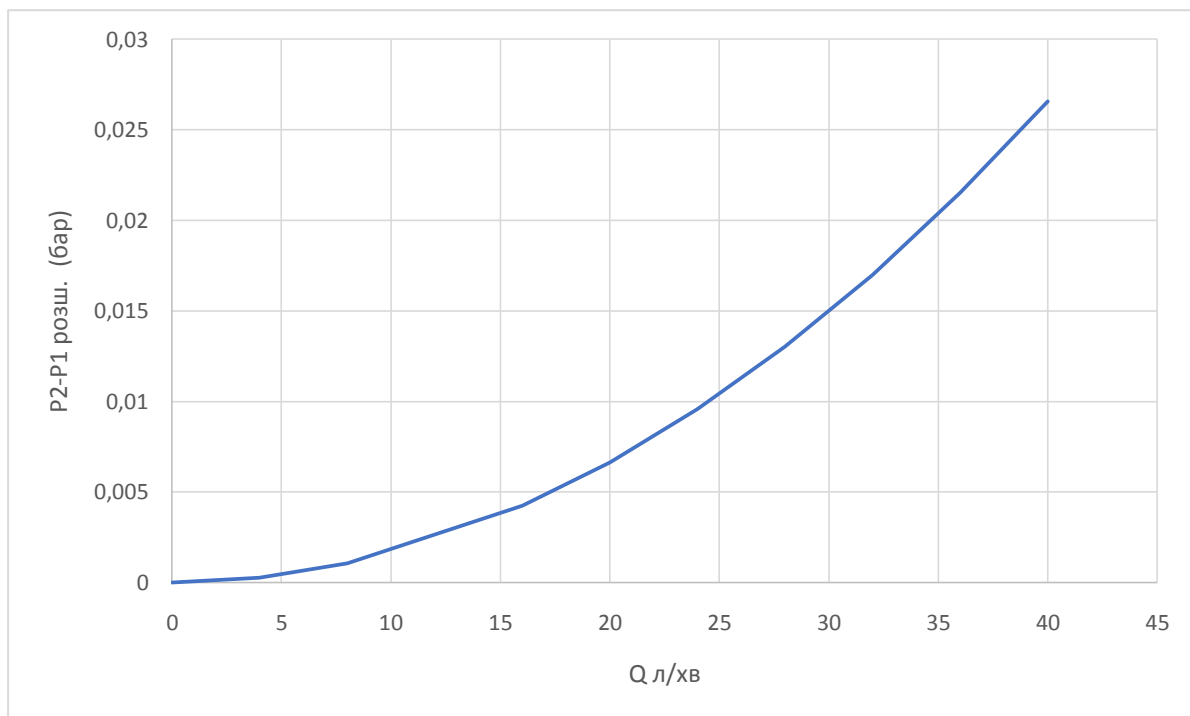


Рис. 2.4. Залежність величини втрати тиску при раптовому розширенні

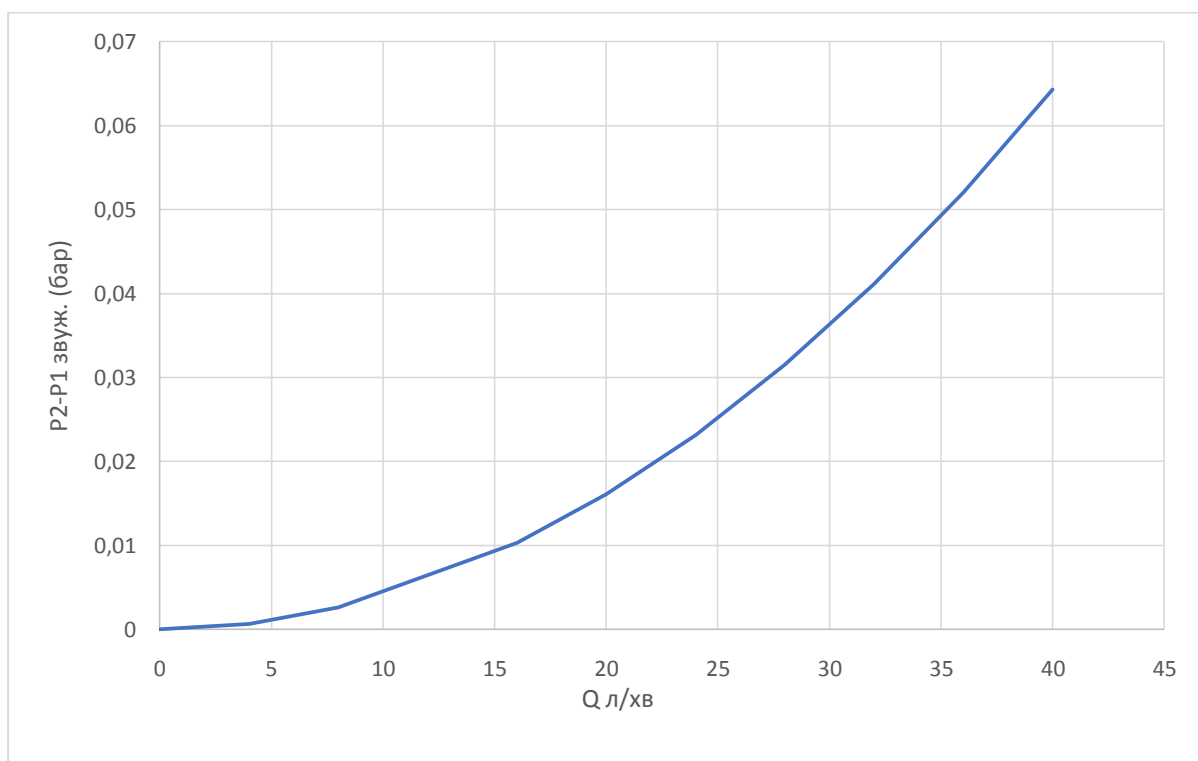


Рис. 2.5. Залежність величини втрати тиску при раптовому звуженні

2.4. Розрахунок втрат на дросельній шайбі

Необхідно визначити втрати, пов'язані з установкою дросельної шайби для трьох різних значень витрати.

Вихідні параметри:

$D = 25$ мм – діаметр труби;

$d = 12$ мм – діаметр отвору діафрагми;

$Q_1 = 0,0004 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$ – об'ємна витрата;

$Q_2 = 0.00013 \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$

$Q_3 = 0.00067 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$

$\xi = 0.065$ – коефіцієнт опору.

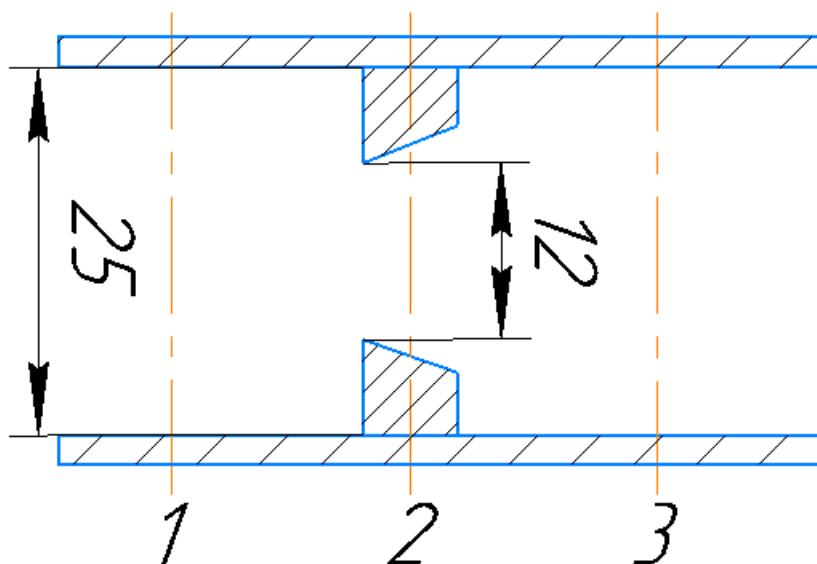


Рис. 2.6. Розрахункова схема дросельної шайби

Розрахуємо коефіцієнт стиснення струменя:

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$\varepsilon = 0.57 + \frac{0,043}{1,1 - 0,23} = 0.62,$$

де $n = \frac{d^2}{D^2} = \frac{0.012^2}{0.025^2} = 0.23$ - степінь стиснення потоку.

Відомо, що швидкість в перерізі 1(V_1) та в перерізі 3 (V_3) однакова й визначаються через витрату рідини Q_2 :

$$V_3 = V_1 = \frac{Q}{\omega_1} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.0004}{3.14 \cdot (0.025)^2} = 0,815 \left(\frac{м}{с} \right).$$

Втрати, пов'язані з установкою дросельної шайби в трубі дорівнюють сумі втрат на вході і на внутрішньому розширенні:

$$\square h_{дри} = \square h_{вх} + \square h_{розш}$$

Обираємо наступні перерізи:

- 2 – вузький переріз;
- 3 – переріз в якому $V_1 = V_3$.

Тоді:

$$\square h_{дри} = \xi \frac{V_2^2}{2g} + \frac{(V_2 - V_3)^2}{2g}$$

Знайдемо діаметр вузького перерізу:

$$\varepsilon = \left(\frac{d_2}{d} \right)^2 \Rightarrow d_2 = d \sqrt{\varepsilon} = 0.012 \cdot \sqrt{0.62} = 0.0095$$

Знайдемо V_2 - швидкість вузького перерізу дросельної шайби:

$$V_2 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0.0004}{3.14 \cdot (0.0095)^2} = 5,64 \left(\frac{м}{с} \right).$$

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		41

Отже,

$$\square h_{\text{diaф}} = 0,065 \frac{5,64^2}{9,81} + \frac{(5,64 - 0,815)^2}{2 \cdot 9,81} = 1,4(\text{м}).$$

Проведемо розрахунки й для двох інших значень витрати.

Визначимо значення швидкостей на першій та третій ділянках:

$$(V_3 = V_1)_1 = \frac{4 \cdot 0.00013}{3.14 \cdot (0.025)^2} = 0,265 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right);$$

$$(V_3 = V_1)_3 = \frac{4 \cdot 0.00067}{3.14 \cdot (0.025)^2} = 1,36 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Далі, знайдемо швидкість течії на ділянці 2:

$$(V_2)_1 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0.00013}{3.14 \cdot (0.0095)^2} = 1,83 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right);$$

$$(V_2)_3 = \frac{Q}{\omega_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 \cdot 0.00067}{3.14 \cdot (0.0095)^2} = 9,46 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right).$$

Знаючи значення швидкостей на всіх трьох ділянках, визначаємо величину втрати напору:

$$\square h_{\text{diaф}} = 0,065 \frac{1,83^2}{9,81} + \frac{(1,83 - 0,265)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,147(\text{м}).$$

$$\square h_{\text{diaф}} = 0,065 \frac{9,46^2}{9,81} + \frac{(9,46 - 1,36)^2}{2 \cdot 9,81} = 3,89(\text{м}).$$

На основі отриманих розрахунків ми можемо зробити висновок стосовно характеру зміни втрати напору в трубопроводі при використанні такого місцевого опору як дросельна шайба при змінній витраті.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				42
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		

2.5. Підбір обладнання для лабораторного стенду

Оскільки при розробці установки для дипломного проекту мною було взято за мету максимально зменшити затрати на виготовлення та якомога більш спростити можливість закупівлі комплектуючих, вузли даного стенду є легкодоступними, тобто їх можна закупити в будь-якому будівельному гіпермаркеті. Даний підхід якнайкраще відповідає ідеології створюваного мною проекту й дозволяє розширити діапазон майбутніх користувачів. Це однозначно позитивно вплине на популяризацію використання експериментальних установ в навчальних закладах для підтвердження теоретичних знань отриманих в процесі навчання.

Лабораторний стенд з гідравліки складається з наступних вузлів:

- Лопатевого насосу фірми Wetron в зборі з електродвигуном серії 775011 зображеного на рис.2.2.



Рис.2.7. Лопатевий насос Wetron 0.37 кВт (775011)

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		43

Характеристики даного насосу представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Потужність електродвигуна	0,37 кВт
Живлення	220-240 В / 50 Гц
Висота подачі	40 м
Максимальна витрата	40 л/хв
Максимальна висота всмоктування	8 м
Діаметр вхідного отвору	1"
Діаметр вихідного отвору	1"

- Фільтру механічної очистки Ecosoft 1/2" зображеного на рис.2.3.



Рис.2.8. Фільтр механічний зливний Ecosoft

Цей фільтр призначений для очистки робочої рідини від механічних домішок при всмоктуванні з баку. Використання даного фільтру дозволить захистити комплектуючі лабораторного стенду від потрапляння домішок, що, в свою чергу, дозволить збільшити термін експлуатації. Даний компонент працює при значенні тиску, що не перевищує 6 бар. Значення робочої температури знаходяться в межах від 2 до 45 С°.

Таблиця 2.2.

Габаритні розміри фільтру Ecosoft 1/2"

Висота, м	0,3
Ширина, м	0,15
Довжина, м	0,13

- манометрів підвищеної точності (клас точності 1.6)



Рис. 2.9. Манометр

Використання манометрів підвищеної точності в даному стенді зумовлене фактом того, що вимірювані втрати при місцевих опорах є досить

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		45

незначними, а, отже ми не можемо нехтувати показниками, які в звичайних манометрах враховуються як похибка.

- датчиків витрати рідини YB-F1



Рис.2.10. Датчик витрати рідини YB-F1

- датчиків тиску



Рис.2.11. Датчик тиску рідини

- колекторів з шаровими кранами

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		46



Рис.2.12. Колектор

Незважаючи на те, що лабораторний стенд проектується двох ліній для вивчення впливів місцевих опорів, при підборі обладнання був обраний саме колектор з трьома виходами для подальшої можливої модернізації стенду з можливістю додати ще одну лінії для вивчення й тим самим збільшити кількість лабораторних робіт, що можна виконувати.

- ватметру CAT II PP-3454 3680W



Рис.2.13. Ватметр CAT II PP-3454 3680W

		Сторожук П.В.		
		Коваль О.Д.		
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата

МА7212.ДП06.00.00.ПЗ

Арк.

47

2.6. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2

При проектуванні лабораторного стенду з «Гідравліки2» перед нами постала необхідність в проведенні комплексних робіт з пошуку пошуку необхідного для створення проекту обладнання, дослідження величини впливу місцевих опорів на потік в певних ділянках трубопроводу та розрахунків величини втрат напору та тиску. Всі ці дії були необхідними для виконання поставленої перед нами в даному розділі задачі – отримання опису достатнього для створення нового лабораторного стенду, що відповідає заданим вимогам, адже саме це і характеризує процес проектування.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Одним із видів місцевого опору, що буде вивчатися на нашій лабораторній установці є дросельна шайба. Оскільки наш проект носить в собі характер модульності, вираженої в можливості простої заміни елементів або додавання нових, перед нами постала задача в конструюванні деталі, в якій можна буде встановлювати різні дросельні шайби для більш широкого ознайомлення з даним видом місцевого опору. Кінцевим результатом конструювання даної деталі має бути можливість виготовлення даного об'єкта та, безпосередньо, впровадження технології виготовлення.

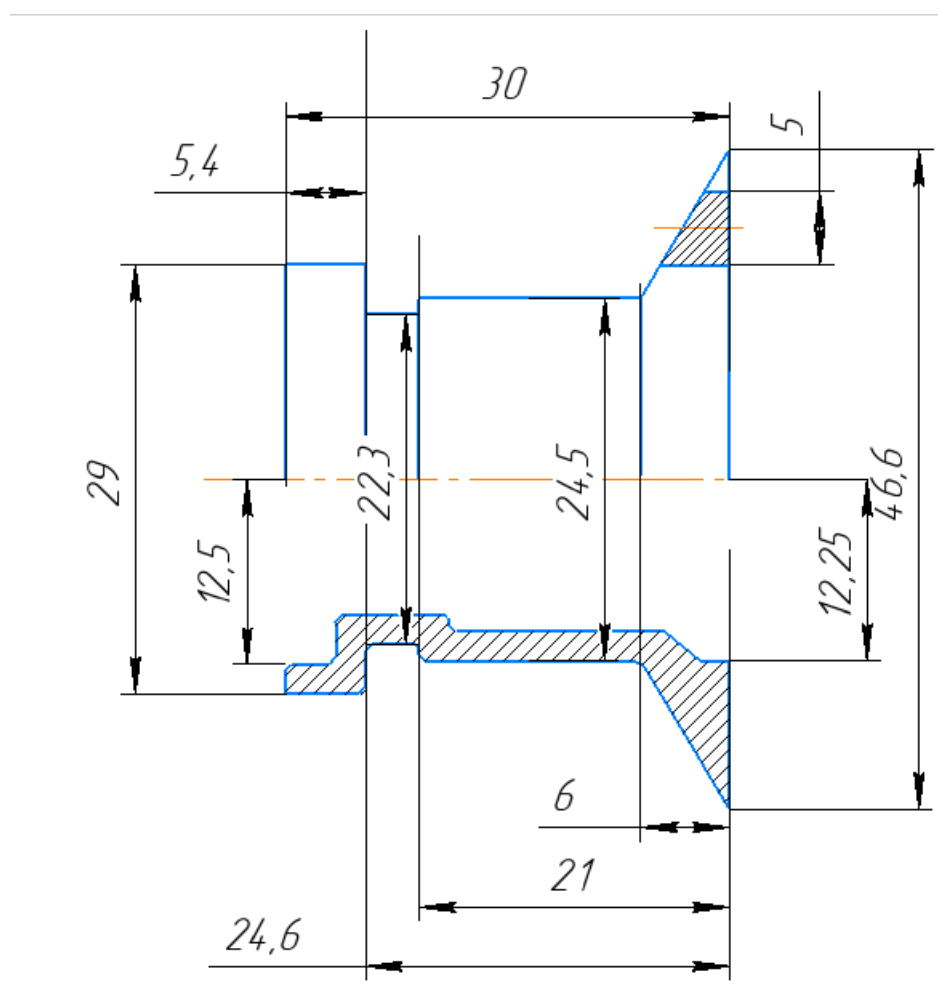


Рис. 3.1. Креслення деталі

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		49

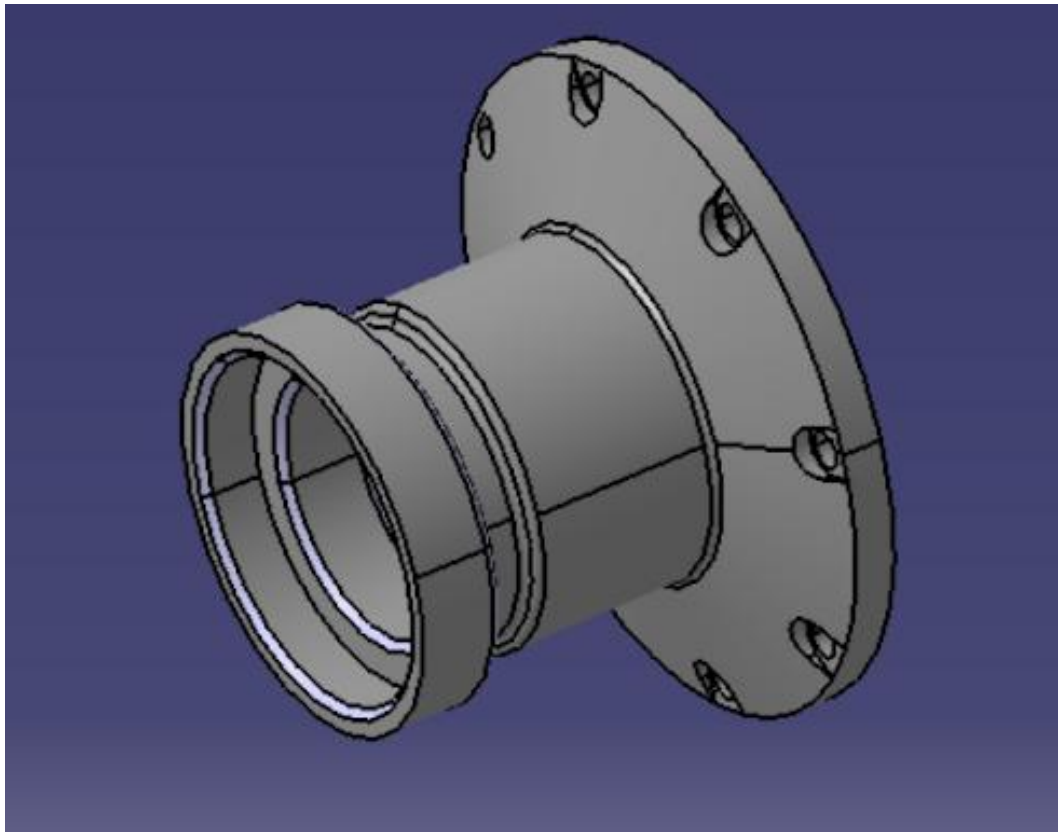


Рис.3.2. 3-D модель деталі розробленої в середовищі САПІА

3.1. Вибір заготовки

Тип заготовки: пруток гарячекатаного прокату з якого розрізкою отримуємо штучні заготовки.

Програма випуску: 500 одиниць.

Матеріал: аісі 304.

Довжина деталі (L) = 30 мм (Прийmemo довжину заготовки 35мм).

Діаметр (D) = 46.6 мм.

Обираємо: круг нержавіючий 50 (2756.55 грн/м).

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		50

Заготовка доступна на сайті виробника (посилання на електронний ресурс: <https://alumarket.com.ua/krug-nerzhaveyushchiy-50-mm-a-si-304-p>).

Довжина профіля: 3 м.

Кількість заготовок з одного профілю

$$3000 / 35 = 85,7.$$

Прийmemo 85 шт.

Враховуючи розміри партії деталей визначимо к-ть кругів:

$$500 / 85 = 5,88 \text{ (прийmemo 6)}.$$

Вартість 1 круга

$$2756,55 \cdot 3 = 8269,65 \text{ грн.}$$

Загальна вартість заготовок для оброблення всієї партії деталей

$$6 \cdot 8269,65 = 49617,9 \text{ грн.}$$

Визначимо вартість доставки: розрахунок вартості доставки доступний на сайті поштової служби. В якості служби доставки був обраний перевізник Нова Пошта.

Розрахункова вартість доставки зображена на рис.3.2.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		51

Розрахункова вартість доставки

Послуга	Сума
Вартість перевезення 4,136.00 ... 6,836.00грн	
• Адреса-Адреса	6,836.00 грн
• Адреса-Відділення	5,486.00 грн
• Відділення-Відділення	4,136.00 грн
• Відділення-Адреса	5,486.00 грн

Разом: 4,136.00 ... 6,836.00грн *

У тому числі ПДВ

Не втрачайте час

Оформіть заявку на виклик кур'єра

Оформіть накладну для передачі відправлення

Виклик кур'єра

Мобільний додаток

АБО

В особистому кабінеті

Зверніть увагу! При отворенні накладної в відправкою в "Адреси" заявка на Виклик кур'єра отворюється автоматично

* Статочна вартість перевезення може відрізнятися від розрахованої

Тарифи доставки

✓ Маршрут

Місто-відправник

Місто-одержувач

Київ

Київ

Вид відправлення

Вантажі

Характеристика місць

Кількість	Оголошена вартість	Вага	Довжина	Ширина	Висота
8	49620	288 кг	300	5	5 см

Додати місце

Послуга "Пакування"

Тарифи пакування

Послуга "Підйом на поверх"

кількість поверхів

Ліфт

Послуга "Зворотна доставка"

Розрахувати вартість

Очистити

Рис.3.3. Розрахункова вартість доставки

Загальна вартість заготовок з урахуванням доставки:

$$49620+6836=56456\text{грн.}$$

3.2. Технологічний цикл

Розглянемо технологічний цикл виготовлення даної деталі за наступною послідовністю:

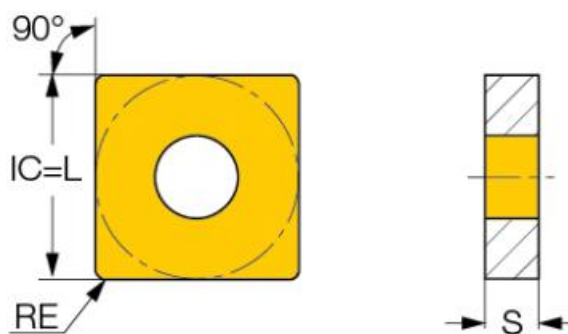
- Нарізання профілю на заготовки необхідної довжини за допомогою дискової фрези.
- Установка заготовки в токарний патрон. Чорнова токарна обробка зовнішнього контуру деталі.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		52

3. Чорнова токарна обробка внутрішнього контуру деталі.
4. Зміна орієнтації заготовки в патроні. Чорнова токарна обробка зовнішнього контуру деталі з іншого боку.
5. Чорнова токарна обробка внутрішнього контуру деталі з іншого боку.
6. Свердління отворів за допомогою свердла.
7. Обробка канавок кінцевою фрезою.

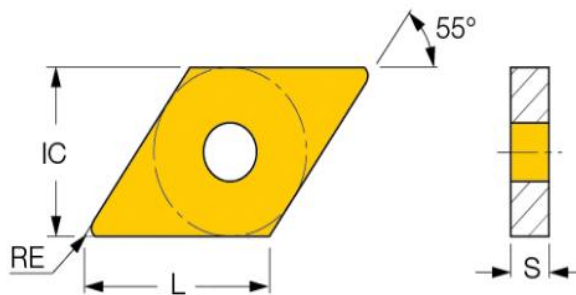
3.3. Вибір інструменту

Послідовність обраного інструменту відповідає технологічному циклу зазначеному в підрозділі 3.2. «Технологічний цикл».



IC	S	RE	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)
12.70	4.76	1.20	0.18	0.60	0.80	6.00

Рис.3.4. Токарний різець для обробки зовнішнього профілю та його характеристики

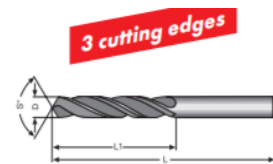


L	IC	S	RE	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)
11.63	9.52	4.76	0.80	0.15	0.50	0.50	5.00

Рис.3.5. Токарний різець для обробки внутрішнього профілю та його характеристики



- 3 cutting edges, with wider flutes
- **For precisely positioned and shaped bores in solid material**
- Very good self-centring
- Very good bore surfaces



material	● very well suited ○ well suited	steel < 700 N/mm² < 1000 N/mm² < 1400 N/mm²	stainless steel ferritic/martensitic austenitic duplex	cast iron GG/GTS GGG	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based < 30 Hz ≥ 30 Hz	aluminium < 8 % Si ≥ 8 % Si	copper Cu-alloy	graphite GDP/GP/thermo	hardened steel < 55 HRC < 60 HRC ≥ 60 HRC
111013...	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
111014...	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

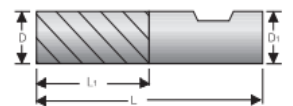
5	62	35	0.10	111013 0050	36,60	111014 0050	39,40
---	----	----	------	-------------	-------	-------------	-------

Рис.3.6. Свердло призначене для виконання неглибоких отворів та його характеристики

ATORN® Slot drill



- Eccentric relief grinding
- for P9 keyways

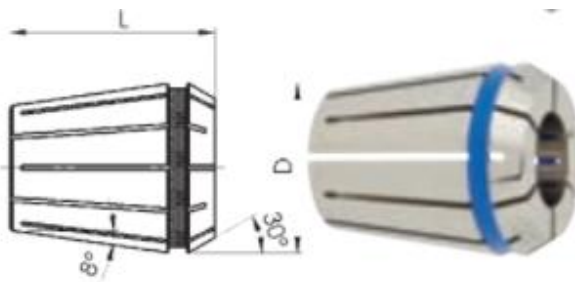


material	● very well suited ○ well suited	steel < 700 N/mm² < 1000 N/mm² < 1400 N/mm²	stainless steel ferritic/martensitic austenitic duplex	cast iron GG/GTS GGG	titanium alloys	superalloys Fe/NiCo-based < 30 Hz ≥ 30 Hz	aluminium < 8 % Si ≥ 8 % Si	copper Cu-alloy	graphite GDP/GP/thermo	hardened steel < 55 HRC < 60 HRC ≥ 60 HRC
	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

5.0	8	52	6	0.012	226205 0050	18,80
-----	---	----	---	-------	-------------	-------

Рис.3.7. Кінцева фреза та її характеристики

3.4. Підбір інструментальної оснастки



Clamp Ø mm	GER16 / 426E D = 17 mm L = 27.5 mm art.no. €	GER25 / 430E D = 26 mm L = 34 mm art.no. €	GER32 / 470E D = 33 mm L = 40 mm art.no. €
5	433121 0050 37,-	433122 0050 38,-	433123 0050 38,50

Рис.3.8. Цанга для кінцевої фрези та свердла



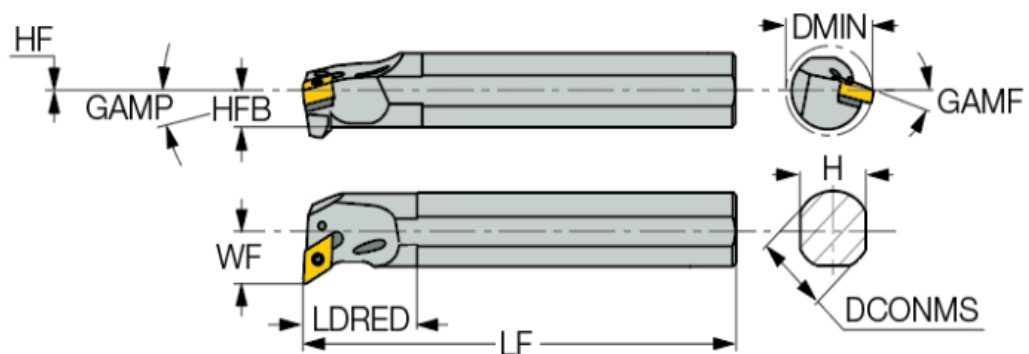
for collets	D mm	Designation	art.no.	€
GER16-HP/-HPD/-HPDD	30	HPC-16	431237 0016	27,-

Рис.3.9. Затискний ключ для гайок та його характеристики



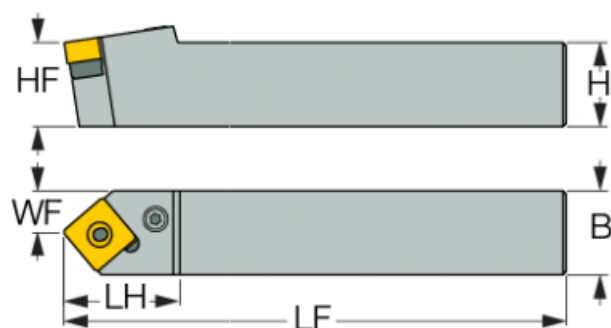
for collets	D mm	Designation	art.no.	€
GER16-HP/-HPD/-HPDD	30	HPC-16	431237 0016	27,-

Рис.3.10. Затискна гайка для цанги та її характеристики



DCONMS	LF	LDRED	H	HFB	HF	WF	GAMP	GAMF	DMIN	CSP ⓘ	HAND	MIID ⓘ
20.00	180.00	35.0	18.0	9.2	0.2	16.00	-6.0	-14.0	27.00	1	R	DNMG 110408-GN

Рис.3.11. Державка для ромбовидного різця



H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF	MIID ⓘ
20.0	20.0	20.0	125.00	27.0	10.00	0.0	-7.0	SNMG 120408-GN

Рис.3.12. Державка для квадратного різця

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арм.	№ документа	Підпис	Дата		56

3.5. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3

В межах виконання даного розділу був підібраний прокат для майбутніх заготовок та розроблений технологічний цикл виготовлення деталі. Оперуючи технологічним циклом були підібрані інструменти для обраних операцій та був виконаний підбір оснастки для подальшого виготовлення даного об'єкта в заданій програмі випуску.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		57

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

В даному розділі будемо оглядати питання шкідливих та небезпечних факторів при роботі з лабораторним стендом розробленим в межах кваліфікаційної роботи «Розробка лабораторного стенду для виконання лабораторних робіт з «Гідравліки».

В навчальній лабораторії присутні наступні шкідливі на небезпечні фактори:

1. електрична напруга;
2. шум та вібрація;
3. освітлення;
4. пожежна безпека.

4.1. Загальні питання охорони праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		58

- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці [10].

В даній дипломній роботі розглядатимуться питання охорони праці безпосередньо стосовно учбових аудиторій в яких проводимуться роботи з обладнанням. Будуть розглянуті питання належної експлуатації обладнання та дотримання норм безпеки з метою уникнення ситуацій небезпечних для життя чи здоров'я студентів та викладачів. Метою укладання даного розділу є поліпшення умов праці й підвищення безпеки праці.

4.2. Загальна характеристика учбової аудиторії

Розміри приміщення (м):

- ширина – 8;
- довжина – 9;
- висота – 3.

Кількість робочих місць: 6.

Площа: 72 м².

Об'єм: 216 м³.

Площа, що припадає на одну особу: 12 м².

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				59
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

4.3. Електробезпека

Оскільки до приміщення в якому знаходиться лабораторне устаткування підведена трьохфазна мережа з напругою 380/220 В з глухозаземленої нейтралі з частотою 50 Гц, існує небезпека, при використанні електрообладнання, ураження студентів та викладачів електричним струмом. Для упередження небезпечних для життя ситуацій експлуатанти обладнання повинні:

- чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;
- знати і уміти застосувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;
- знати будову і улаштування електроустановок;
- уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця [11].

Згідно з НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів при монтажу електрообладнання та його подальшій експлуатації необхідно дотримуватись наступних правил:

- забороняється допускати до роботи працівників з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання,
- в разі нещасних випадків з людьми зняття напруги для звільнення потерпілого від дії електричного струму має бути виконано негайно , без попереднього дозволу,
- не виконувати жодні роботи під час огляду установок;
- електрообладнання, конструкції, комплектувальні деталі, вузли вітчизняного та іноземного виробництва повинні відповідати вимогам чинних нормативних документів в Україні;
- машини, механізми, пристосування і інструмент, що застосовуються в електроустановках, повинні бути справні і випробувані відповідно до чинних нормативних документів і строків;

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				60
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

- первинні засоби пожежогасіння, які застосовуються в електроустановках, мають відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні, затвердженим Управлінням Державної пожежної охорони МВС України 14.06.95 та зареєстрованим в Міністерстві України 14.07.95 за № 219/755;

- під час експлуатації електроустановок необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки, встановлених Правилами пожежної безпеки в Україні [11].

4.4. Шум у робочому приміщенні

Також дуже важливим фактором в забезпеченні охорони праці є вивчення дії шуму, ультразвукових та інфразвукових коливань, які виникають в робочому приміщенні на організм людини. Необхідно нормувати параметри цих чинників та ознайомитися з основними заходами, спрямованими на захист працюючих від негативної дії шуму.

Шум - коливання частинок навколишнього середовища, що сприймається органами слуху людини як небажані сигнали [13].

Джерелом шуму в нашому випадку виступатиме шум від робочого обладнання. Кондиціонери, витяжки та вентиляція в даній лабораторії відсутні, а отже не створюватимуть додаткових факторів впливу на організм. Фактичне значення шуму від роботи гідромотора складає 70 дБ, що є нижчим значення норми в 80 дБ [14]. Тривала робота з обладнанням може привести до наступних наслідків впливу на людський організм:

- зниження концентрації;
- дратівливість;
- втома.

Наслідки для робочого обладнання відсутні.

Для уникнення шкідливого впливу шуму необхідно обмежити час роботи з лабораторним стендом до 30 хвилин, чого досить для зняття необхідних показників.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				61
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

4.5. Освітлення

Значну роль в процесі роботи з лабораторними стендами грає освітлення. Для влаштування раціональних умов роботи необхідно бути ознайомленими з основними заходами спрямованими на забезпечення оптимальних умов для зорової роботи. Необхідно вміти нормувати штучне та природнє освітлення.

В обраній аудиторії розташовані чотири вікна по два з західної й північної сторін. Тип освітлення – бокове. Глибина при даному боковому освітленні більше 6 метрів, отже мінімальне значення КПО (коефіцієнт природньої освітленості) нормується на 1,5 м висоти від підлоги до верху світлових прорізів для зорової роботи. Враховуючи, що студентам доведеться виконувати зняття показників за допомогою манометрів та п'єзометрів (шкала поділок яких складає 1 мм) віднесемо даний тип зорової роботи до розряду середньої точності, а саме IV. Маючи на увазі, що використання суміщеного освітлення рекомендується для I – III розрядів, робимо висновки, що природнього освітлення буде достатньо для безпечного проведення лабораторних робіт.

Незважаючи на те, що робота з лабораторною установкою не вимагає додаткового, штучного освітлення, лабораторія обладнана лампами FR-100 в кількості 10 штук, що відповідає рекомендації в використанні джерел світла однакової потужності. Також, зважаючи на розміри робочого приміщення, керування штучним освітлення розбито по зонам з окремим керуванням. Для освітлення приміщення використовуються найбільш економічні розрядні лампи, лампи розжарювання – відсутні [15].

Аварійне та охоронне освітлення відсутні. В якості чергового освітлення може використовуватися робоче за рахунок можливості регулювання зон освітлення.

При виконанні лабораторних робіт необхідно дотримуватися наступних правил:

- збільшити норми освітленості на одну ступінь шкали Якщо робота виконуватиметься більше ніж половину робочого дня;

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				62
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

- занижувати норми освітленості на одну ступінь при короткочасному перебуванні людей;
- використовувати локалізоване робоче освітлення (зменшення рівня освітлення в допоміжних зонах за умови використання наступних).

4.6. Пожежна безпека

Враховуючи, що робота зі стендами проводитиметься в закритому приміщенні, питання пожежної безпеки постає особливо гостро й є невід’ємною частиною організації робочого простору, що регламентується правилами пожежної безпеки.

До організаційних заходів охорони праці з пожежної безпеки входять наступні заходи:

- зменшення ризику виникнення пожежі;
- розробка регламенту по гасінню пожеж та евакуації;
- забезпечення необхідними технічними засобами;
- проведення навчання студентів та викладачів.

Згідно з НАПБ А.01.001-2014 керівництво зобов’язане:

- розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки;
- відповідно до нормативно-правових актів з пожежної безпеки розробляти і затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти;
- забезпечувати додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправності пожежної техніки, систем протипожежного захисту;
- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики [12].

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				63
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

Для випередження можливості займання аудиторії під час проведення лабораторних робіт приміщення обладнане переносним водопінним вогнегасником, що задовольняє норми належності вогнегасників до приміщення. Як обов'язкову міру необхідно проводити інструктажі з техніки протипожежної безпеки для студентів на початку навчального семестру.

4.7. Висновки за розділом 4

1. Згідно з проведеним аналізом умови роботи в навчальній аудиторії з лабораторними стендами є оптимальними.
2. Рівень шуму відповідає нормі, вжито заходи стосовно пожеже та електробезпеки, рівень освітлення задовільний.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

В рамках виконання дипломного проекту «Розробка лабораторного стенду з «Гідравліки» був спроектований навчальний лабораторний стенд для визначення впливу місцевих опорів на трубопровід. В процесі проектування було:

1. Проведено аналіз існуючих лабораторних стендів;
2. Проаналізовано важливість вивчення впливу місцевого опору;
3. Проведено розрахунок втрат напору та тисків;
4. Побудовано принципову гідравлічну схему;
5. Розроблено конструктивне рішення реалізації лабораторного стенду;
6. Впроваджено технологію виготовлення однієї з деталей;
7. Розроблено рекомендації з питань охорони праці.

Виконання даної кваліфікаційної роботи дозволило створити установку, що повністю задовольняє встановленні на початку проектування вимоги стосовно зменшення собівартості стенду та можливості вивчення гідравлічних опорів в гідравліці без зменшення якості отримуваних студентом навичок за рахунок зниження вартості. Також даний стенд допускає модернізацію у вигляді додавання ще однієї досліджуваної гідравлічної лінії. Прикладом подібної модернізації може служити, як приклад, підключення лінії значної довжини для визначення втрат по довжині.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		65

Список використаних джерел

1. Гідрогазодинаміка: навч. посібник / Р.О. Макаренко, О.Д. Коваль, О.І. Хлистун. – Київ: НАУ, 2016. – 220 с.
2. Емцев Б.Т. Техническая гидромеханика / Б.Т. Емцев – М.:Машиностроение, 1987. – 440 с.
3. Лабораторний стенд «Гідравліка М2» НТЦ-11.17.2 [Електронний ресурс] // ООО "СПЕКТРО ЛАБ". – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://spectrolab.com.ua/ua/p35595197-stend-laboratornyj-gidravlika.html>.
4. Лабораторний стенд «Гідромашини і гідроприводи» [Електронний ресурс] // ООО "СПЕКТРО ЛАБ". – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://spectrolab.com.ua/ua/p35595343-stend-laboratornyj-gidromashiny.html>.
5. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971. -671 с.
6. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика: учеб. для вузов / А.Д. Альтшуль А.Д., Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Строиздат, 1987. – 414 с.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. – М.: Машиностроение 1992. – 672 с.
8. Анурев В. И., Справочник конструктора-машиностроителя в 3 т., 8-е изд. переработанное, М: Машиностроение 2001. - 920 с.
9. Кулінченко В.Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: підручник. – К.: Фірма «ІНКОС», Центр навч. Літ-ри, 2006. – 616с.
10. Закон України "Про охорону праці" – Київ: ЦУЛ, 2020. – 32 с.
11. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів // Міністерство соціальної політики України. – 1998. – С. 24.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				66
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		

12. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. // Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій. – 2004. – С. 29.
13. ДСТУ 2325-93. Шум. Терміни та визначення. // ДЕРЖАВНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ. – 1995. – С. 4.
14. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. - Київ. -1999.
15. Державні будівельні норми України ДБН Б.2.2-12:2018 – Київ. -2018.
16. Під редакцією Кошлової А.Г. та Мещаніков Р.К., Довідник технолога – машинобудівника Т.1. и 2, 4 –е видав., перероб. та допов., М: Машинобудування 1985-1986, 823 с.
17. Лабораторний стенд «Гідравліка М1» [Електронний ресурс] // ООО "СПЕКТРО ЛАБ". – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://spectrolab.com.ua/ua/p35588147-stend-laboratornyj-gidravlika.html>.
18. Munson B.R. Fundamentals of fluid mechanics / B.R. Munson, D.F. Yong, T.H. Okiishi, - N. Y. John Wiley & Sons. Inc., 2002. -882p.
19. Albertson M.L. Fluid mechanics for enginners / M.L. Albertson, J.R. Barton, D.B. Simons. – Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, Inc. 1960. -575.

		Сторожук П.В.			МА7212.ДП06.00.00.ПЗ	Арк.
		Коваль О.Д.				
Зм.	Арт.	№ документа	Підпис	Дата		67