

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”

**ГІДРОПРИВІД. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
СТУДЕНТАМИ НАПРЯМІВ ПІДГОТОВКИ 6.050301 ГІРНИЦТВО,
6.050502 ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА**

Дніпропетровськ
2011

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ”



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гірничої механіки

**ГІДРОПРИВІД. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
СТУДЕНТАМИ НАПРЯМІВ ПІДГОТОВКИ 6.050301 ГІРНИЦТВО,
6.050502 ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА**

Дніпропетровськ
НГУ
2011

Гідропривід. Методичні до виконання лабораторних робіт студентами напрямів підготовки 6.050301 Гірництво, 6.050502 Інженерна механіка / І.М. Чеберячко, В.Г. Дерюгін, Віт.Г. Шворак, В.Є. Кириченко, Вол.Г. Шворак. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 23 с.

Автори: І.М. Чеберячко, канд. техн. наук, доц.
В.Г. Дерюгін, канд. техн. наук, доц.
Віт.Г. Шворак, канд. техн. наук, доц.
В.Є. Кириченко, канд. техн. наук, асист.
Вол.Г. Шворак, асист.

Затверджено методичною комісією з напряму 0902 Інженерна механіка (протокол № 2 від 12.04.2011 р.) за поданням кафедри гірничої механіки (протокол № 15 від 30.03.2011 р.).

Методичні вказівки містять концептуальне викладення основних тем дисципліни „Гідропривід”, які пов’язані з загальними законами і рівняннями течії рідини у елементах гідроприводу. Наведено контрольні завдання і вихідні дані для розрахунків.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гірничої механіки, д-р техн. наук, проф. В.І. Самуся

ВСТУП

Гідропривід – одна з профільюючих дисциплін інженерних спеціальностей. Вивчення даної дисципліни дозволить майбутнім фахівцям ефективно вирішувати інженерні задачі в різних галузях техніки.

Даний практикум з лабораторних робіт покликаний забезпечити засвоєння основних тем дисципліни „Гідропривід”, а також навчити студентів використовувати загальні закони і рівняння для вирішення типових інженерних задач.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1. Питання безпеки

Перед виконанням робіт студентам обов'язково необхідно ознайомитися з призначенням та функціями кожного елемента лабораторної установки, чітко уявити собі схему розташування регулювальних та вимірювальних приладів.

Якщо установки вміщують у своєму комплекті електричні прилади (освітлювальні, нагрівальні, вимірювальні, двигуни та ін.), необхідно візуально упевнитися в наявності та справності захисних заземлень.

Вмикання установки проводити тільки з дозволу викладача. При роботі установки не допускати попадання води на електричні пристрої. У випадку зволоження корпусу або струмоведучих частин електричного пристрою негайно довести про це до відома викладача.

1.2. Методичні вказівки

Гідропривід — система передачі механічної енергії за допомогою гідравлічних машин і пристроїв.

Джерело енергії гідроприводу – теплові, електричні та пневматичні двигуни; робоча рідина – масла, емульсії та ін. Циркуляція рідини в гідравлічній системі здійснюється за замкнутою або розімкнутою схемою. У схемі з замкнутою циркуляцією насос і гідродвигун з'єднані двома основними трубопроводами, по одному з яких робоча рідина переміщується від насоса до гідродвигуна, а по другому – повертається з гідродвигуна до насоса. На обох трубопроводах монтується керуючі та регулювальні гідроапарати. У схемах з розімкнутою циркуляцією використовується зливний резервуар, з якого робоча рідина всмоктується насосом, переміщується до гідродвигуна, а потім повертається в резервуар.

Об'ємні гідроприводи мають високу швидкодію та характеризуються незначними розмірами і невеликою масою. Високий модуль пружності робочої рідини і герметичність гідроапаратів (у порівнянні з гідродинамічними передачами) забезпечують механічну твердість зв'язку між ведучою і ведомою ланками. Запобіжні клапани виключають поломки у машинах і механізмах з об'ємним гідроприводом.

Повний ККД гідроприводу, що складається з насоса і гідромотора, визначають як добуток ККД складових гідроприводу

$$\eta = \eta_n \eta_m,$$

де η_n , η_m – повний ККД насоса і гідромотора, відповідно.

Якщо гідролінії гідроприводу досить довгі і на них змонтована різна апаратура, необхідно враховувати втрати на тертя по довжині та місцеві гідравлічні втрати. Ці втрати гідравлічного тиску враховуються відповідним ККД передачі:

$$\eta_r = (p_n - \Delta p) / p_n = 1 - \Delta p / p_n,$$

де p_n – тиск на виході з насоса; Δp — утрати тиску на тертя по довжині і на місцевих опорах, $\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_m$.

Повний ККД гідроприводу дорівнює добутку ККД насоса, гідромотора, а також гідравлічного ККД передачі:

$$\eta = \eta_n \eta_m \eta_r$$

або як відношення корисної потужності на валу гідромотора і приводної потужності насоса $P_{\text{пр.н}}$:

$$\eta = P_{\text{пол.м}} / P_{\text{пр.н}}$$

Повний ККД гідроприводу середньої потужності як правило складає 80-85%, хоча в окремих випадках він досягає 90-94%.

Якісні робочі рідини гідроприводів характеризуються добрими мастильними властивостями, малою зміною в'язкості в широкому діапазоні температур, великим модулем пружності, хімічною стабільністю, малою здатністю до розчинення повітря, значною теплопровідністю, невеликим коефіцієнтом теплового розширення та ін.

Одна з найбільш важливих характеристик робочої рідини — її в'язкість. Вона повинна мати певне значення при тому тиску і тій температурі, що будуть під час експлуатації гідроприводу. Треба вибирати робочу рідину з оптимальною в'язкістю. У гідроприводах машин залежно від їхнього призначення, умов експлуатації і ступеня надійності знаходять застосування рослинні й мінеральні олії, синтетичні рідини, гліцерин, спиртогліцеринові та водогліцеринові суміші, водомастильні емульсії, гас і гасомастильні суміші. У гідроприводах верстатів та інших машин звичайно використовуються мінеральні олії.

В'язкість мінеральних олій у значній мірі залежить від їх температури. Температура робочої рідини 55-60°C вважається нормальною. З підвищенням температури в'язкість зменшується, а з ростом тиску — збільшується. Так, при тиску 15 МПа в'язкість олії може зрости на 25-30% порівняно з її значенням, розрахованим при атмосферному тиску.

Зі збільшенням в'язкості зростають втрати тиску в гідросистемі, однак одночасно зменшуються витоки рідини. Оскільки і втрати тиску, і витоки рідини призводять до зниження ККД гідроприводу, необхідно строго дотримуватися рекомендацій заводу-виготівника, що стосуються характеристик робочої рідини.

2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

2.1. Лабораторна робота №1

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ГІДРОМАШИН

Мета роботи — закріплення знань, отриманих під час вивчення принципу дії об'ємних гідромашин (ОГМ) та їх класифікації.

Завдання роботи:

- вивчення особливості роботи насосів і гідродвигунів;
- освоєння, дослідження переваг і недоліків ОГМ та особливості їх використання.

Кінцева мета вивчення теми — уміти розрізняти типи ОГМ і застосовувати їх за призначенням при складанні гідросхем.

У результаті виконання роботи студент повинен:

- знати принцип дії і класифікацію ОГМ, основні елементи й конструктивні схеми, способи включення та стандартні позначення їх на схемах;
- уміти пояснити принцип дії ОГМ, розрахувати робочий об'єм конкретної ОГМ, пояснити призначення і взаємодію елементів ОГМ, зобразити їх умовні позначення.

Проведення роботи

Група студентів у складі 4–6 осіб або індивідуально під керівництвом викладача за зразками, макетами і плакатами вивчає пристрій машин, зображує їх спрощені схеми, для кожної ОГМ складає вираз для визначення робочого об'єму, а для регульованої — і параметра регулювання.

Контрольні питання перевірки якості самопідготовки

1. Що таке:

- "робочий об'єм" (питома продуктивність) об'ємних гідромашин?
- "робоча пустота" ОГМ?
- "конструктивний параметр регулювання" ОГМ?
- "безрозмірний параметр регулювання" ОГМ?
- "ефективна площа витіснювального елемента" ОГМ?

2. Чи може робочий об'єм бути більше максимального об'єму робочої пустоти ОГМ?

4. Яка ОГМ називається регульованою?

5. Чи може параметр регулювання насоса бути менше нуля, дорівнювати нулю?

6. Як підрахувати величину робочого об'єму за режимними параметрами ідеальної ОГМ без витоків?

7. Чи може параметр регулювання гідромотора дорівнювати нулю?

8. Як залежить швидкість переміщення гідроциліндра (ГЦ) від ефективної

площі поршня?

9. Як залежить зусилля, що розвивається ГЦ, від ефективної площі поршня?

Зміст звіту

Мета і завдання роботи; конструктивні схеми вивчених ОГМ з коротким описом; залежності робочого об'єму від параметра регулювання.

2.2. Лабораторна робота №2

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДАМИ ОБ'ЄМНОЇ ДІЇ

Мета роботи — ознайомитися з призначенням, конструкціями і принципом дії пристроїв управління об'ємними гідроприводами (ПУОГ).

Завдання роботи :

- вивчення особливості використання ПУОГ, їх переваг і недоліків;
- освоєння, дослідження особливості роботи ПУОГ в різних гідросхемах.

Кінцева мета вивчення теми — уміти розрізняти типи ПУОГ і використовувати їх за призначенням при складанні гідросхем.

У результаті виконання роботи студент повинен:

- знати основні ПУОГ за їх функціональним призначенням (класифікацію ПУОГ), позначення цих пристроїв згідно з ГОСТом, основні конструктивні елементи ПУОГ, принцип дії ПУОГ, їх переваги і недоліки;
- уміти вибирати ПУОГ з урахуванням гідравлічної втрати і тиску рідини, складати схеми простих гідроприводів з ПУОГ за допомогою стандартних позначень.

Проведення роботи

Група студентів у складі 2–6 осіб чи індивідуально під керівництвом викладача за зразками, макетами і плакатами вивчає пристрій і принцип дії ПУОГ, зображує їх спрощені конструктивні схеми, для кожного ПУОГ визначає його місце в схемі гідроприводу, вивчає їх характеристики, визначає переваги і недоліки конкретних конструкцій ПУОГ.

Контрольні питання перевірки якості самопідготовки

1. Які типи розподільників рідини (за конструктивним виконанням) використовуються в гідроприводах?
2. Як класифікуються золотникові розподільники відповідно до своїх функціональних можливостей?
3. Для чого використовують двоступінчаті золотникові розподільники?
4. Чим відрізняються за принципом дії клапани прямої і непрямої дії?

5. Які витратні характеристики мають золотникові розподільники з нульовим, позитивним та негативним перекриттям?
6. У чому відмінність запобіжного клапана і клапана переливання (напірного) за призначенням, принципом дії, конструкцією та в позначенні?
7. Яке призначення і принцип дії редуційного клапана?
8. Де в гідросистемі встановлюється редуційний клапан?
9. Як класифікуються регулятори тиску?
10. Призначення і принцип дії регуляторів витрати?
11. За якими параметрами підбираються ПУОГ?
12. Від якого параметра робочої рідини, що протікає через елемент управління, в першу чергу залежать його розміри: від витрати чи від тиску?
13. У якому режимі (насоса або гідродвигуна) працюють гідромашини в об'ємному роздільнику потоку рідини?
14. Від чого залежить пропорційність у розділенні витрати для роздільників потоку дросельного типу, об'ємної дії?
15. Яке призначення і принцип дії гідравлічного замка?
16. Призначення, принцип дії та класифікація гідравлічних акумуляторів?

Зміст звіту

Мета і завдання роботи; конструктивні схеми вивчених пристроїв керування об'ємними гідроприводами з їх коротким описом; залежності, що дозволяють розрахувати прохідні перерізи елементів керування, розміри гідроакумуляторів: характеристики конкретних розподільників; умовні позначення і приклади включення елементів керування в простих гідросхемах.

2.3. Лабораторна робота №3

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНОГО АГРЕГАТУ

Мета роботи — експериментальне визначення характеристик насосного агрегату (НА).

Завдання роботи :

- визначення параметрів і характеристик насосного агрегату при різних опорах шунтувального дроселя;
- встановлення залежності жорсткості напірних характеристик від параметра регулювання дроселя.

Кінцева мета вивчення теми — отримати навички стендових випробувань насоса і насосного агрегату.

В результаті виконання роботи студент повинен:

- знати методику випробування насосного агрегату, принципи визначення параметрів режиму;

– уміти вмикати і вимикати стенд для випробування НА, записувати показання приладів, розраховувати параметри і будувати характеристики насосного агрегату на основі обробки експериментальних даних та їх аналізувати.

Опис установки

Експериментальна установка (рис. 3.1) виконана за схемою з розімкнутою циркуляцією і складається з насосного агрегату НА, дроселя навантаження 4 і вимірювального дроселя 5. Насосний агрегат включає насос 1 типу НШ-10, запобіжний клапан 2, шунтувальний дросель 3 і резервуар 6 з робочою рідиною. Дросель 3 служить для зміни витоків у НА (моделювання зносу елементів НА) і, отже, характеристик агрегату. Для виміру параметрів режимів роботи НА в систему включені манометри 7 і 8.

Паспортна характеристика насоса НШ-10:

номінальний робочий тиск $p_{1н} = 10$ МПа;

питома продуктивність $q = 10$ см³/об;

діапазон частот обертання ротора $n_1 = 1100...1800$ об/хв;

максимальний тиск $p_{1м} = 14$ МПа;

повний ККД насоса $\eta_n = 0,75$;

номінальний об'ємний ККД насоса $\eta_{о.н} = 0,80$.

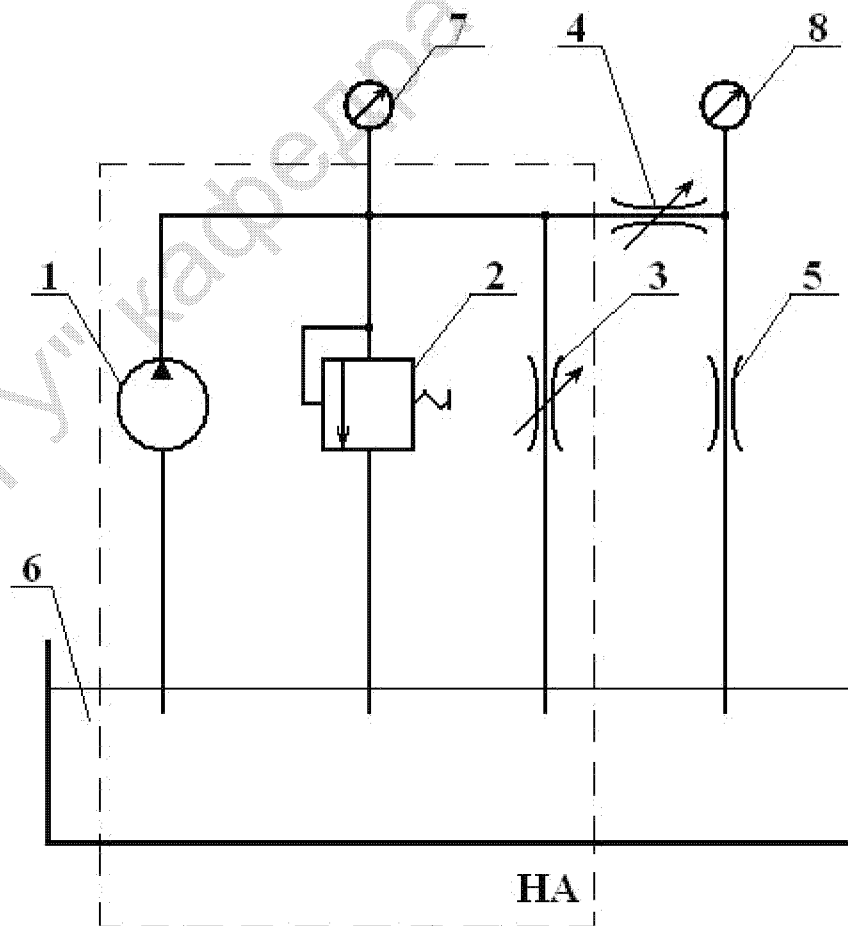


Рис. 3.1. Схема насосного агрегату

Номинальний об'ємний ККД насоса визначений при частоті обертання ротора $n_{1n} = 1600$ об/хв і тиску $p_{1n} = 10$ МПа.

Робоча рідина — масло — характеризується такими показниками: кінематичний коефіцієнт в'язкості 12...14 Ст при температурі 50°C; температура сплаву 163°C; температура застигання -45°C.

Основні теоретичні залежності

Рівняння паспортної характеристики насоса має вигляд

$$Q_1 = Q_n - K_{\text{вит.н}} p_1, \quad (3.1)$$

де Q_1 і p_1 – витрата і тиск на виході з насоса; Q_n – теоретична продуктивність насоса для виміряної в досліді частоти обертання ротора насоса $n_{1в}$,

$$Q_n = q_n n_{1в}; \quad (3.2)$$

$K_{\text{вит.н}}$ – коефіцієнт витоків насоса, який можна визначити за даними паспортної характеристики із залежності для об'ємного ККД насоса, яка має вигляд

$$\eta_{o.n} = 1 - K_{\text{вит.н}} \frac{p_{1n}}{q_n n_{1n}} \Rightarrow K_{\text{вит.н}} = \frac{q_n n_{1n}}{p_{1n}} (1 - \eta_{o.n}). \quad (3.3)$$

Справжня витрата (подача) насосного агрегату визначається з урахуванням перепаду тисків Δp на дросельному витратомірі 5, тобто

$$Q_{HA} = \mu f_5 \sqrt{\frac{2}{\rho} \sqrt{\Delta p}}, \quad (3.4)$$

де $\mu = 0,65$ – коефіцієнт витрати дроселя 5; f_5 – прохідний переріз круглого отвору дроселя 5 ($d_5 = 4,5$ мм).

Оскільки тиск p_0 в зливній магістралі за величиною близький до атмосферного, то перепад тисків на дроселі 5 практично дорівнює надлишковому тиску перед дроселем, тобто

$$\Delta p = p_2 - p_0 \approx p_2. \quad (3.5)$$

Гідравлічна потужність насосного агрегату визначається як

$$N_{HA} = p_1 Q_{HA}. \quad (3.6)$$

Потужність на валу насоса можна визначити, вважаючи гідромеханічний ККД насоса постійним, за формулою

$$N_1 = M_1 \omega_1 = \frac{p_1 K_M \omega_1}{\eta_{2M}} = \frac{p_1 q_n n_{1в}}{\eta_{2M}}. \quad (3.7)$$

Коефіцієнт корисної дії насосного агрегату в кожному дослідженні визначається із залежності вигляду

$$\eta_{HA} = \frac{N_{HA}}{N_1} = \eta_{o.HA} \eta_{2M}, \quad (3.8)$$

а об'ємний ККД –

$$\eta_{o.HA} = \frac{Q_{HA}}{q_n n_{1n}}. \quad (3.9)$$

Жорсткість напірної характеристики насосного агрегату в конкретній точці визначається залежністю

$$\beta_{HA} = \frac{dp_1}{dQ_{HA}}. \quad (3.10)$$

Проведення роботи

Лабораторну роботу виконують одночасно 2–4 студенти. Перед пуском установки дросель 3 встановлюють у положення за шкалою дроселя, вказане викладачем, а саме: на 0; 1; 1,5 і т.д. (до дев'яти поділок). Дросель 4 повністю відкривають, що відповідає вісімнадцяти поділкам за його шкалою. В процесі виконання лабораторної роботи положення дроселя 3 залишається незмінним, його зазначають у примітці таблиці спостережень (табл. 3.1), а зміну навантаження дроселем 4 здійснюють довільно (без запису його положення за шкалою), але так, щоб показання на манометрі 7 між режимами змінювалися з кроком не більше ніж одна атмосфера (0,1 МПа). Показання манометрів 7 і 8 при кожному з M режимів заносять у таблицю спостережень. Кількість M режимів має бути не менше 10. Частота обертання вала привідного двигуна вважається постійною, її також зазначають у примітці таблиці спостережень.

Таблиця 3.1

Таблиця спостережень

Параметр	Одиниця фізич. величини	Номер режиму										Примітка	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
p_1	атм.												
p_2	поділок												
	атм.												

Манометр 7 (p_1) проградуєований в атмосферах, а манометр 8 — у поділках, ціна якого визначається студентами при проведенні роботи і заноситься в примітку таблиці спостережень.

Усі режими повинні відповідати роботі установки при закритому запобіжному клапані 2, тобто до моменту спрацьовування запобіжного клапана ЗК. За вказівкою викладача підгрупа може випробовувати установку в режимах, коли ЗК у міру збільшення навантаження починає відкриватися. В цьому випадку крок між режимами встановлюється за манометром 8 (p_2) і не повинен перевищувати три – чотири великих поділки шкали манометра 8. Результати вимірів заносяться в табл. 3.1.

За отриманими даними вимірів з урахуванням паспортної характеристики насоса виконують розрахунок основних параметрів роботи насосного агрегату для всіх досліджуваних режимів, розрахунки виконують за залежностями (3.4)–(3.9), їх результати зводять у табл. 3.2, а повний розрахунок параметрів одного режиму (з розмірністю величин) наводять у звіті.

Таблиця результатів розрахунку режимів НА

Параметр	Одиниця фізич. величини	Номер режиму										Примітка
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$Q_{НА}$	л/хв											
p_1	МПа											
$N_{НА}$	Вт											
N_1	Вт											
$\eta_{o.НА}$	%											
$\eta_{НА}$	%											

Контрольні питання перевірки якості самопідготовки

1. Чому напірна характеристика насоса має вигляд лінійної залежності?
2. У якому випадку напірна характеристика насосного агрегату має вигляд параболи?
3. Що таке коефіцієнт витоків насоса?
4. Чим відрізняється гідравлічна потужність насоса і насосного агрегату?
5. Як залежить коефіцієнт витоків насоса від його режиму роботи?
6. Як залежить об'ємний ККД насоса від тиску, що створюється ним?
7. Що таке питома подача насоса?
8. Тиск на виході насоса змінюється від нуля до тиску спрацювання запобіжного клапана, як при цьому змінюються:
 - гідравлічна потужність насосного агрегату,
 - повний ККД насосного агрегату?
9. Що таке жорсткість характеристики?
10. Навіщо в цій установці використовуються дроселі 3, 4, 5 та манометри 7 і 8?
11. Яка система циркуляції використовується в цій установці?
12. Які елементи включає насосний агрегат?
13. Який мінімальний об'єм робочої рідини може бути використаний для прийнятої в цій установці системи циркуляції?

Зміст звіту

Мета і завдання роботи; схема установки; основні технічні дані елементів установки; таблиця спостережень (табл. 3.1); повний розрахунок параметрів одного режиму; таблиця результатів розрахунку режимів НА (табл. 3.2); напірна характеристика насоса.

Текстову частину звіту (без числових значень дослідів) оформити при самопідготовці до виконання роботи.

2.4. Лабораторна робота №4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ З ОБ'ЄМНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Мета роботи — експериментальне визначення характеристик гідроприводу (ГП) з об'ємним регулюванням.

Завдання роботи :

- визначення параметрів режимів роботи ГП при змінному навантаженні для постійних значень параметра регулювання і частоти обертання вала насоса; аналітичне визначення механічної характеристики ГП за даними дослідів;
- аналіз енергетичних і кінематичних параметрів ГП (визначення залежності об'ємного ККД ГП і гідромеханічного ККД гідромотора від частоти обертання його вала, визначення параметрів регулювання насоса).

Кінцева мета вивчення теми — отримати навички експериментального дослідження режимів роботи ГП.

В результаті виконання роботи студент повинен:

- знати методику випробування ГП і принципи визначення параметрів режиму;
- уміти ввімкнути і вимкнути ГП, змінити його режим роботи; виміряти величини, що характеризують робочий процес ГП; побудувати механічні характеристики ГП на основі експериментальних і розрахункових даних; розрахувати параметри режимів ГП і його елементів за отриманими даними.

Опис установки

Експериментальна установка (рис. 4.1) виконана за схемою замкнутої системи циркуляції і складається з реверсивних — регульованого насоса 1 і нерегульованого гідромотора 3 (обидві машини аксіально-плунжерного типу); пристрою навантаження 4; запобіжних клапанів (ЗК) 2; системи підживлення 5. Остання складається з шестеренного насоса 6, резервуара 7 з робочою рідиною, фільтра 8 і клапанів — запобіжного 9, напірного 10 і зворотних 11. Монтаж усіх елементів установки виконаний у резервуарі 7, що є корпусом приводу. Для виміру параметрів режиму роботи ГП в силову гідромагістраль включені манометри 12 і 13, також використовується тахометр 14 і ваги 15. Тиск, створюваний насосом системи підживлення, контролюється манометром 16. Конструктивні та технічні параметри гідромашин подані в табл. 4.1.

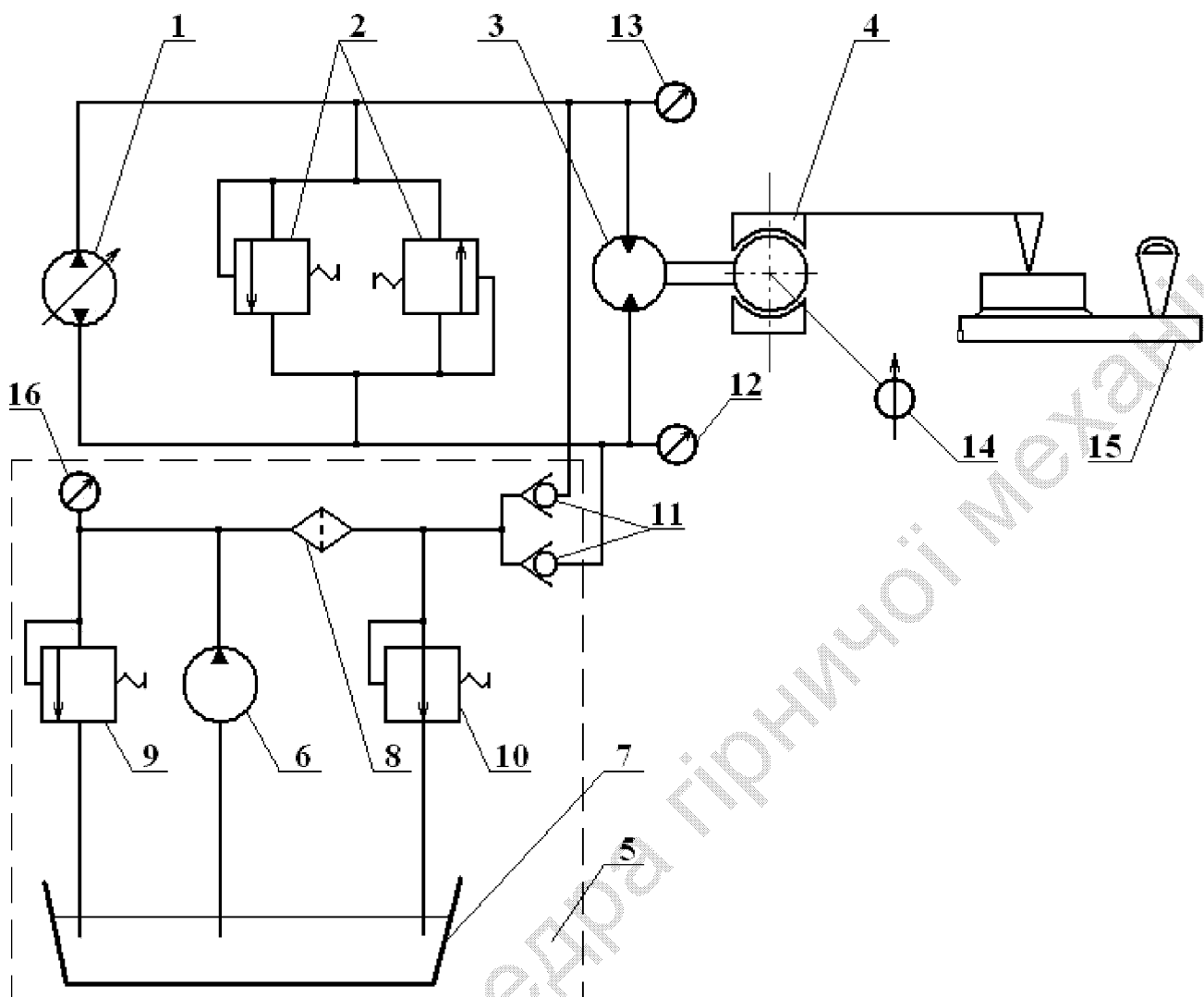


Рис. 4.1. Схема гідроприводу з об'ємним регулюванням

Таблиця 4.1

Конструктивні та технологічні параметри гідромашин

Параметри	Одиниця фізичної величини	Насос	Гідромотор
Діаметр плунжера	мм	12	12
Кількість плунжерів	шт.	11	11
Хід плунжерів (для насоса – максимум)	мм	28	30,6
Робочий тиск	МПа	10	10

Робоча рідина — масло — характеризується такими показниками: кінематичний коефіцієнт в'язкості 12–14 Ст при температурі 50°C; густина 890 кг/м³; температура спалаху 163°C; температура застигання –45°C.

Основні теоретичні залежності

Робочі об'єми (питомі продуктивності) насоса (максимальний) і гідромотора визначаються такими виразами:

$$q_{n.max} = 0,25\pi d_n^2 h_n z_n; \quad q_\delta = 0,25\pi d_\delta^2 h_\delta z_\delta, \quad (4.1)$$

де d , h , z – діаметр, максимальне переміщення одного плунжера за цикл і кількість плунжерів; індексами "н" і "д" позначені величини, що належать відповідно до насоса і гідромотора.

Рівняння механічної характеристики об'ємного ГП з регульованим насосом

$$n_2 = \beta_n \frac{q_{n.max}}{q_\delta} n_1 - \frac{2\pi K_\sigma}{q_\delta^2 \eta_{зм.д}} M_2 = n_{2x} - \frac{1}{\beta_{жс}} M_2, \quad (4.2)$$

де n_{2x} і $\beta_{жс}$ – частота обертання ротора на холостому ходу і жорсткість механічної характеристики ГП; n_1 і n_2 – частоти обертання ротора насоса і гідромотора відповідно

$$n_{2x} = \beta_n \frac{q_{n.max}}{q_\delta} n_1; \quad (4.3)$$

$$\beta_{жс} = \frac{q_\delta^2 \eta_{зм.д}}{2\pi K_\sigma} = \frac{M_2}{(n_{2x} - n_2)}. \quad (4.4)$$

З рівняння (4.3) визначимо параметр регулювання насоса

$$\beta_n = \frac{n_{2x} q_\delta}{n_1 q_{n.max}} \quad (4.5)$$

а з (4.4) – коефіцієнт витоків ГП

$$K_\sigma = \frac{q_\delta^2 \eta_{зм.д}}{2\pi \beta_{жс}}. \quad (4.6)$$

Гідромеханічний ККД гідромотора можна обчислити за формулою

$$\eta_{зм.д} = \frac{M_2}{[K_{м.д}(p_1 - p_0)]}, \quad (4.7)$$

де p_1 і p_0 – тиски у вхідному і вихідному патрубках гідромотора.

Коефіцієнт моменту гідромотора має формулу

$$K_{м.д} = \frac{q_\delta}{2\pi}. \quad (4.8)$$

Об'ємний ККД гідроприводу

$$\eta_o = \frac{q_\delta n_2}{q_n n_1}, \quad (4.9)$$

де $q_n = \beta_n q_{n.зн}$ – робочий об'єм насоса при досліджуваному режимі.

Момент навантаження ГП

$$M_2 = Pl, \quad (4.10)$$

де P і l – реакція та ефективна довжина важеля пристрою ($l = 0,5$ м) навантаження.

Проведення роботи

Роботу виконують 4–6 студентів з групи. Інші в цей час обробляють результати дослідів — заповнюють табл. 4.2, записують показання приладів у міжнародній системі одиниць (СІ).

Перед пуском установки викладач фіксує величину параметра регулювання насоса, в процесі проведення роботи цей параметр залишається сталим. Змінюючи ступінь затягування стрічкового гальма пристрою навантаження 4, проводять не менше десяти вимірів, результати яких заносять до таблиці спостережень (табл. 4.2).

Частота обертання n_1 привідного двигуна заміряється лише раз — на початку проведення лабораторної роботи — і записується в примітку табл. 4.1. Крок навантаження ГП встановлюється за показанням вагів 15 і не повинен перевищувати 70–100 г. За результатами вимірів, з урахуванням конструктивних параметрів машин приводу, за рівняннями (4.5)–(4.10) розраховуються величини, що характеризують усі режими ГП.

Таблиця 4.2

Таблиця спостережень

Параметр	Одиниця фізичної Величини	Номер режиму										Примітка	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	г												
	Н												
n_2	об/хв												
	1/с												
p_1	атм												
	Па												
p_0	атм												
	Па												

Контрольні питання перевірки якості самопідготовки

1. Для чого в цій установці (рис. 4.1) використовуються:
 - а) ваги,
 - б) запобіжні клапани 4,
 - в) зворотні клапани 11,
 - г) напірний клапан 10,
 - д) пристрій навантаження 3,
 - е) насос 6?
2. Чи може цей ГП розвивати негативний момент?
3. Чи впливає тиск, що створюється насосом 6, на величину моменту короткого замикання?
4. За яким виразом, використовуючи вимірювані й конструктивні параметри ГП, можна підрахувати:

- а) момент навантаження ГП,
- б) об'ємний ККД ГП,
- в) гідромеханічний ККД ГП,
- г) момент короткого замикання ГП,
- д) жорсткість механічної характеристики ГП,
- е) коефіцієнт витоків ГП,
- і) параметр регулювання насоса ГП?

5. Яка система циркуляції робочої рідини використовується в даній установці?

6. Як при постійному моменті навантаження із збільшенням частоти обертання ротора насоса змінюються:

- а) витки в гідроприводі,
- б) об'ємний ККД гідроприводу?

7. Як зміна параметра регулювання насоса впливає на жорсткість механічної характеристики ГП?

Зміст звіту

Мета і завдання роботи; схема установки і текстовий матеріал; технічні дані машин; таблиця спостережень (табл. 4.2); повний розрахунок параметрів одного режиму.

Описову частину звіту (без числових значень дослідів) оформити при самопідготовці до виконання роботи.

2.5. Лабораторна робота №5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОПРИВОДУ З ДРОСЕЛЬНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ

Мета роботи — експериментальне визначення характеристик гідроприводу, регульованого послідовно встановленим дроселем.

Завдання роботи :

- визначення параметрів режимів ГП при змінному навантаженні для постійних значень параметра регулювання дроселя і частоти обертання вала насоса; аналітичне визначення механічної характеристики ГП за даними дослідів;
- аналіз енергетичних і кінематичних параметрів ГП (визначення залежності об'ємного ККД ГП і гідромеханічного ККД гідромотора від частоти обертання його вала, розрахунок параметра регулювання дроселя).

Кінцева мета вивчення теми — отримати навички експериментального дослідження режимів роботи ГП.

В результаті виконання роботи студент повинен:

- знати методику випробування ГП і принципи визначення параметрів режиму;

– уміти вмикати і вимикати ГП, змінювати його режим роботи; вимірювати величини, що характеризують робочий процес ГП; будувати механічні характеристики ГП на основі експериментальних і розрахункових даних; розрахувати параметри режимів ГП і його елементів за даними дослідів.

Опис установки

Експериментальна установка (рис. 5.1) виконана за схемою відкритої системи циркуляції і складається з нереверсивних шестеренних гідромашин типу Г11-22А — насоса 1 і гідромотора 2; навантажувального пристрою 3; клапана переливання (напірного) 4; регульованого дроселя 5 (тип Г77-11); резервуара з робочою рідиною 6. Для виміру параметрів режиму роботи ГП в магістраль включені манометри 7 і 8, використовується також тахометр 9 і ваги 10.

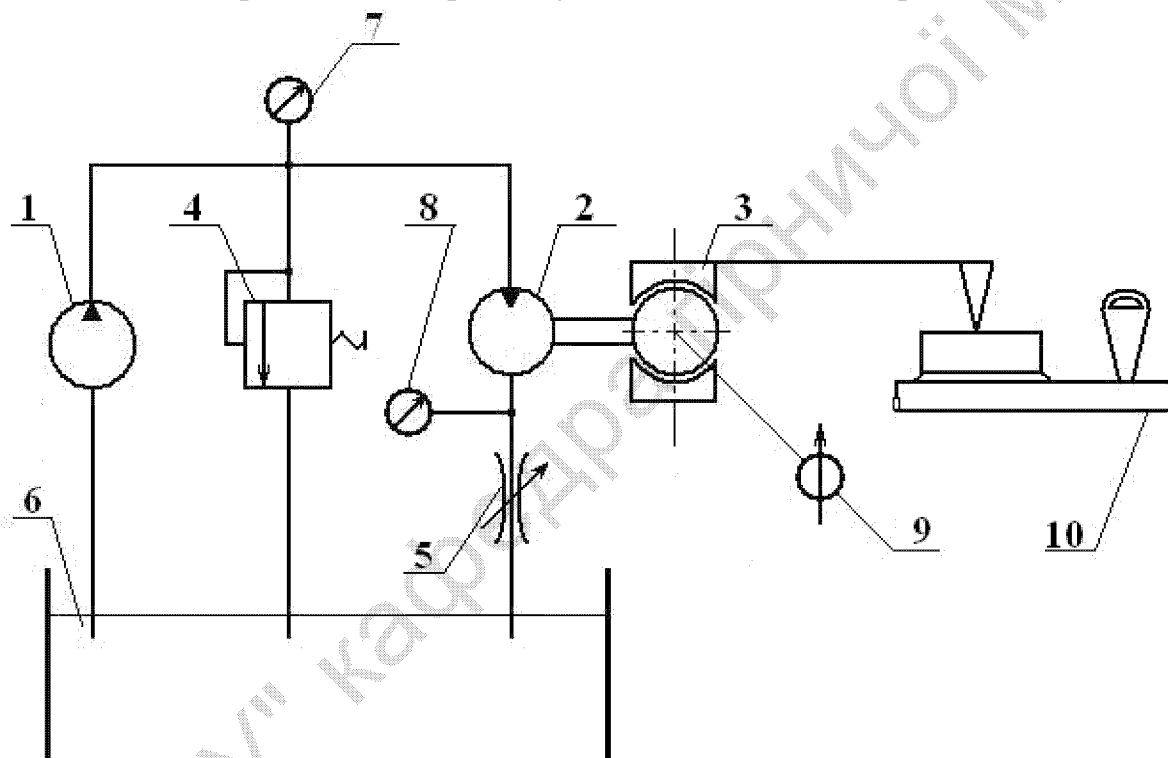


Рис. 5.1. Схема гідроприводу з дросельним регулюванням (з дроселем на виході)

Характеристика насоса Г11-22А відповідно до його паспорту:

- номінальний тиск $p_n = 2,5$ МПа;
- номінальна продуктивність $Q_n = 12$ л/хв;
- номінальна частота обертання $n_n = 24,2$ об/с (1450 об/хв);
- номінальна потужність $N_n = 0,9$ кВт;
- номінальний об'ємний ККД $\eta_o = 0,76$;
- номінальний гідромеханічний ККД $\eta_{gm} = 0,6$;
- допустимий інтервал частоти обертання 10...24,2 об/с;
- допустима висота всмоктування 0,5 м;
- робоча рідина — мастило.

Паспортна характеристика дроселя Г77-11:

- номінальний тиск $p_{\Pi} = 5$ МПа;
- номінальна витрата $Q_{\Pi} = 8$ л/хв при різниці тиску на вході і виході дроселя $\Delta p_n = 0,2$ МПа.

Основні теоретичні залежності

Рівняння механічної характеристики об'ємного ГП, регульованого послідовно включеним дроселем, має вигляд

$$n_2 = \beta_{\partial p} \frac{\mu f_{\max}}{q_{\partial}} \sqrt{\frac{2}{\rho K_{m,\partial} \eta_{zm,\partial}}} \sqrt{M_{2\max} - M_2}, \quad (5.1)$$

де μf_{\max} – максимальний ефективний прохідний переріз регульованого дроселя, величина якого визначається з його паспортної характеристики, тобто

$$\mu f_{\max} = \frac{Q_{\Pi}}{\sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_{\Pi}}}. \quad (5.2)$$

Робочий об'єм (питома продуктивність) гідромотора має формулу

$$q_{\partial} = \frac{Q_n}{(n_n \eta_{o,n})}. \quad (5.3)$$

Розрахункова формула наведена для насоса, оскільки у ролі гідромотора використовується насос. Дані для розрахунку брати з його паспортної характеристики. У рівнянні (5.1) $K_{m,\partial} = q_{\partial} / 2\pi$ – коефіцієнт моменту гідромотора; ρ – густина робочої рідини.

Гідромеханічний ККД гідромотора

$$\eta_{zm,\partial} = \frac{M_2}{K_{m,\partial} \Delta p}, \quad (5.4)$$

де Δp – перепад тисків на гідромоторі (див. рис. 5.1), $\Delta p = p_{нк} - p_{\partial}$. З рівняння (5.1) $M_{2\max}$ і M_2 – моменти ГП, що розвиваються, відповідно при поточному значенні частоти обертання n_2 гідромотора і при $n_2 = 0$ (момент короткого замикання). Об'ємний ККД гідроприводу визначається залежністю

$$\eta_{o\Gamma T} = \frac{q_{\partial} n_2}{q_n n_1} = \frac{n_2}{n_1}, \quad (5.5)$$

де n_1 – частота обертання вала насоса; q_n – робочий об'єм насоса (для ідентичних машин $q_n = q_{\partial}$).

Момент навантаження ГП

$$M_2 = Pl, \quad (5.6)$$

де P і l – реакція та ефективна довжина важеля пристрою ($l = 0,5$ м) навантаження.

Жорсткість механічної характеристики ГП

$$\beta_{жс} = \frac{dM_2}{dn_2}. \quad (5.7)$$

Вважаючи гідромеханічний ККД насоса постійним і таким, що дорівнює його паспортному значенню, можна визначити повний ККД гідроприводу за формулою:

$$\eta = \frac{M_2 n_2}{M_1 n_1} = \frac{M_2 2\pi n_2}{P_{\text{нк}} Q_n n_1} \eta_{\text{змн}}. \quad (5.8)$$

Проведення роботи

Роботу виконують 4–6 студентів з групи. Інші в цей час обробляють результати досліду — заповнюють табл. 5.1, записують показання приладів у міжнародній системі одиниць (СІ).

Перед пуском установки викладач фіксує величину параметра регулювання дроселя, в процесі роботи цей параметр залишається постійним. Змінюючи ступінь затягування стрічкового гальма пристрою навантаження 3, роблять не менше десяти замірів, результати яких заносять до таблиці спостережень (табл. 5.1). Обов'язковим є вимір параметрів при режимі короткого замикання, тобто при $n_2 = 0$. Частота обертання n_1 привідного двигуна і тиск $p_{\text{нк}}$ спрацьовування напірного клапана 4 фіксується лише раз на початку проведення роботи. Крок навантаження ГП встановлюється за показаннями вагів 10 і не повинен перевищувати 70–100 г.

Таблиця 5.1

Таблиця спостережень

Параметр	Одиниця фізич. величини	Номер режиму										Примітка	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
P	г												
	Н												
n_2	об/хв												
	1/с												
p_0	атм												
	Па												

За результатами вимірів з урахуванням конструктивних параметрів і даних паспортів елементів приводу відповідно до аналітичних залежностей (5.4)–(5.6) і (5.8) розраховуються величини, що характеризують усі режими ГП.

Таблиця 5.2

Таблиця результатів розрахунку режимів ГП

Параметр	Одиниця фізич. величини	Номер режиму										Примітка	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
n_2	1/с												
M_2	Нм												
$\eta_{\text{зм.д}}$	—												
η_0	—												
η	—												

Контрольні питання перевірки якості самопідготовки

1. Для чого в цій установці використовуються:
 - а) ваги 10,
 - б) напірний клапан 4,
 - в) дросель 5,
 - г) пристрій навантаження 3,
 - д) манометри 7 і 8?
2. Чи може цей ГП розвивати негативний момент?
3. Яка система циркуляції робочої рідини використовується в цій установці?
4. Як впливають на тиск, що створюється насосом у цій схемі:
 - а) навантаження на валу гідромотора,
 - б) параметр регулювання дроселя,
 - в) тиск налагодження напірного клапана?
5. За якою формулою, використовуючи вимірювані і конструктивні параметри ГП, можна підрахувати:
 - а) момент навантаження ГП,
 - б) об'ємний ККД ГП,
 - в) повний ККД ГП,
 - г) гідромеханічний ККД гідромотора,
 - д) момент короткого замикання ГП,
 - е) жорсткість механічної характеристики ГП,
 - ж) параметр регулювання дроселя,
 - и) максимальний ефективний прохідний переріз регульованого дроселя,
 - к) частоту обертання холостого ходу:
 - теоретичну (за рівнянням механічної характеристики);
 - максимально можливу, визначувану параметрами машин ГП?

Зміст звіту

Мета і завдання роботи; схема установки; назва елементів установки і технічні дані машин, дроселя; таблиця спостережень (табл. 5.1); повний розрахунок параметрів одного режиму із зазначенням одиниць фізичних величин; таблиця результатів розрахунку режимів ГП (табл. 5.2); графіки характеристик ГП (на графіках показати експериментальні точки відповідно до табл. 5.2).

Описову частину звіту (без числових значень дослідів) оформити при самопідготовці до виконання роботи.

Список літератури

1. Гидравлика и гидропривод [Текст] / В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Г. Боруменский, А.Н. Заря. – М.: Недра, 1981. – 295 с.
2. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы [Текст] / Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – М.: Машиностроение, 1970. – 462 с.
3. Ковалевский, В.Ф. Справочник по гидроприводам горных машин [Текст] / В.Ф. Ковалевский, Н.Т. Железняков, Ю.Е. Бейлин. – М.: Недра, 1973. – 502 с.
4. Коваль, П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин [Текст] / П.В. Коваль. – М.: Машиностроение, 1979. – 319 с.

Чеберячко Іван Михайлович
Дерюгін Валентин Георгійович
Шворак Віталій Григорович
Кириченко Володимир Євгенович
Шворак Володимир Григорович

ГІДРОПРИВІД. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
СТУДЕНТАМИ НАПРЯМІВ ПІДГОТОВКИ 6.050301 ГІРНИЦТВО,
6.050502 ІНЖЕНЕРНА МЕХАНІКА

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку 15.02.11. Формат 30x42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. .
Обл.-вид. арк. . Тираж 100 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.