

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра гірничої механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Баранова Івана Віталійовича

академічної групи 184-17ск -1 ММФ

спеціальності 184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

(офіційна назва)

на тему Комплексний проєкт. Проєкт удосконалення системи водовідливу шахти «Дніпровська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“.

(назва за наказом ректора)

Частина 2. Проєкт удосконалення дільничної водовідливної установки

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Холоменюк М.В.			
розділів:				
Гірничо-геологічний	Холоменюк М.В.			
Технологічний	Холоменюк М.В.			
Економічний	Шаповал В.А.			
Охорона праці	Лутс І.О.			

Рецензент	Колосов Д.Л.			
-----------	--------------	--	--	--

Нормоконтролер	Діжевський Б.К			
----------------	----------------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Завідувач кафедри гірничої механіки

_____ Самуся В.І.

« _____ » _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню бакалавра**

Студенту Баранову Івану Віталійовичу академічної групи 184-17ск-1ММФ
(прізвище та ініціали) (шифр)

Спеціальності 184 Гірництво

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

на тему Комплексний проєкт. Проєкт удосконалення системи водовідливу шахти «Дніпровська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“.

Частина 2. Проєкт удосконалення дільничної водовідливної установки,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 07.05.2020 р. № 256С

Розділ	Зміст	Термін виконання
Гірничо-геологічний	Гірничо-геологічна характеристика підприємства	10.05.2020
Технологічний	Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції дільничної водовідливної установки шахти	01.06.2020
Охорона праці	Аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів	08.06.2020
Економічний	Економічна оцінка проєкту	15.06.2020

Завдання видано _____

(підпис керівника)

Холоменюк М.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.05.2020

Дата подання до екзаменаційної комісії 15.06.2020

Прийнято до виконання _____

(підпис студента)

Баранов І.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с., 3 рис., 5 табл., 3 додатки, 4 джерела

ШАХТНА ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА, ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС,
РОБОЧА ЗОНА, КАВІТАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ ЗАСУВКОЮ,
ПАРАЛЕЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ, ВИБІР НАСОСА

Об'єкт розробки – дільнична водовідливна установка шахти «Дніпровська» ШУ «Дніпровське» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля».

Мета роботи – підвищення експлуатаційної ефективності дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» за рахунок раціонального використання встановлених насосів або шляхом заміни їх на сучасні типи насосів з відповідними властивостями.

Результати та їх новизна – розроблені технічні рішення, що забезпечують роботу насосів з високим ККД і без кавітації при геометричній висоті всмоктування до 7,0 м. Впровадження рекомендацій дозволить зменшити потужність привідних двигунів насосів з 250 кВт до 30 кВт і знизити середньорічну витрату електроенергії на водовідлив більше ніж на 180 тис. кВт·год або на 46,5 %.

Сфера застосування розробки – водовідливне обладнання вугільних і рудних шахт, гірничо-збагачувальних підприємств.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення надійності та економічності дільничної водовідливної установки шахти.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1. Гірничо–геологічна характеристика шахти «Дніпровська».....	
1.1. Загальна характеристика шахти	
1.2. Гірничотехнічна характеристика шахти.....	
1.3. Вентиляція	
1.4. Підйоми по стволах і підземний транспорт.....	
2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції дільничної водовідливної установки шахти.....	
2.1. Існуючий стан і постановка задачі.....	
2.2. Експлуатаційний розрахунок існуючої дільничної водовідливної установки	
2.2.1. Вихідні дані до розрахунку.....	
2.2.2. Гідравлічний опір трубопроводів і рівняння характеристики зовнішньої мережі установки.....	
2.2.3. Визначення параметрів роботи водовідливної установки.....	
2.3. Визначення потрібного ступеня прикривання регулювальної засувки та параметрів роботи установки з прикритою засувкою	
2.4. Аналіз роботи дільничної водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів ЦНС 300–120	
2.5. Вибір раціонального типу насосів для умов дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська».....	
3. Охорона праці в шахтному водовідливі	
3.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації водовідливної установки шахти.....	
3.2. Розробка інженерно-технічних заходів по охороні праці	
3.3. Протипожежні заходи	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	
ДОДАТОК А. Відгук на кваліфікаційну роботу	
ДОДАТОК Б. Відгуки керівників розділів кваліфікаційної роботи	
ДОДАТОК В. Рецензія на кваліфікаційну роботу	

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з факторів, що значно ускладнює ведення гірничих робіт у шахтах, є те, що в абсолютній більшості випадків у гірничих виробках виділяється підземна вода. Це призводить до того, що гірничі роботи стають можливими лише за умови своєчасного та надійного водовідливу як із при вибійного простору гірничих виробок, так і за межі гірничого підприємства в цілому.

Система водовідливу шахти – це одна з найвідповідальніших загальношахтних систем, що забезпечує безпечні умови виконання гірничих робіт на підприємстві. Важливою частиною водовідливного комплексу є дільнична водовідливна установка, надійна та ефективна робота якої є необхідною умовою діяльності шахти.

Мета роботи – підвищення експлуатаційної ефективності дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» за рахунок раціонального використання встановлених насосів або шляхом заміни їх на сучасні типи насосів з відповідними властивостями.

1. ГІРНИЧО–ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШАХТИ

«ДНІПРОВСЬКА»

1.1. Загальна характеристика шахти

Шахта «Дніпровська» знаходиться на території Павлоградського та Петропавлівського районів Дніпропетровської області. Безпосередньо на шахтному полі розташоване с. Сонцеве, а поблизу знаходяться села Богданівка, Мала Миколаївка, Петрівка, на відстані 31 км на захід знаходиться м. Павлоград. На південь від шахтного поля проходить автотраса Київ – Донецьк, у безпосередній близькості від шахти проходить залізниця Павлоград – Покровське.

Рельєф місцевості являє собою горбисту рівнину, що прорізана балками та ярами з похилом до долини річки Самара, яка протікає за 4 км на південь від шахтного поля. Висотні відмітки рельєфу поверхні змінюються від 108,4 до 150,4 м.

Шахта «Дніпровська» уведена в експлуатацію в 1975 році з проектною виробничою потужністю 1500 тыс.т. на рік. Зараз шахта адміністративно входить до складу шахтоуправління «Дніпровське» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“.

Площа шахтного поля розташована в південно-західній частині Дніпровсько-Донецької западини і входить у Східно-Павлоградський кам'яновугільний район Західного Донбасу.

Шахтне поле має розміри за простяганням 10,4 км і за спадом від 2,5 до 3,0 км.

Електропостачання шахти здійснюється по дволанцюговій лінії 154 кВ від Павлоградської підстанції 154/35/6 кВ системи «Дніпроенерго».

Джерелом водопостачання являються підземні води Самарського водозабору, розташованого у 14 км від шахти.

1.2. Гірничотехнічна характеристика шахти

На балансі шати стоять 8 вугільних пластів C_{10}^B , C_8^B , C_8^H , C_7 , C_6 , C_5 , C_4^2 , C_1 , які є достатньо розвіданими. Потужність пластів змінюється від 0,8 м до 1,1 м.

Розкриття шахтного поля здійснено двома центрально-подвоєними вертикальними стволами – головним і допоміжним, пройденими в середині блока № 1 до горизонту 340 м, а також відкотними квершлагами №1 і №2 горизонту 265 м, відкотним і конвеєрним квершлагами гор. 340 м, похилими відкотним і конвеєрним квершлагами з горизонту 265 м на горизонт 340 м, відкотним і вентиляційним квершлагами з горизонту 175 м на горизонт 230 м, для забезпечення нормального режиму провітрювання пройдена вентиляційна свердловина глибиною 210 м і діаметром 2,6 м на західному крилі шахти.

Вугільні пласти розкриті: C_{10}^B – на горизонті 175 м, C_8^B и C_8^H (ухильне поле) – на горизонті 230 м, C_{10}^B – на дренажному горизонті 265 м горизонтальними квершлагами, C_8^B и C_8^H (ухильне поле) – на дренажному горизонті похилими квершлагами з горизонту 265 м.

Підготовка пласта C_{10}^B у блоці №2 здійснюється магістральними штреками, розкриття на дренажному горизонті 340 м і похилими квершлагами з горизонту 265 м.

Головний ствол має діаметр 6,0 м і площу перерізу в світлі 28,3 м². Він закріплений чавунними тюбінгами з бетонним заповнюванням в наносних породах, в корінних породах бетонним кріпленням, товщина кріплення 500 мм. Устя закріплене залізобетоном, товщина кріплення 1000 мм. Армування ствола металеве жорсткого типу.

Головний ствол призначений для видачі вугілля, породи, а також вихідного струменя повітря і обладнаний двоскіповим вугільним та односкіповим породним підйомами. По головному стволу прокладене

драбинне відділення на всю глибину ствола. Огородження його виконано з металевих сіток.

Допоміжний ствол пройдений до кінцевої глибини і має діаметр 6,5 м і площу перерізу в світлі 33,2 м². Він закріплений чавунними тубінгами в наносних породах і бетонним кріпленням у корінних породах, устя закріплене залізобетоном. Допоміжний ствол призначений для спуску-підйому людей, вантажів, обладнання, матеріалів у тому числі довгомірних, а також для подачі свіжого повітря в шахту. Ствол обладнаний двома незалежними клітьовими підйомами з одноповерховими клітьми, уніфікованими на одну вагонетку ВГ-3,3.

Вентиляційна свердловина – глибина свердловини 210 м, діаметр у світлі 2,6 м, кріплення свердловини – металева труба.

На горизонті 265 м обладнаний вугільний завантажувальний пристрій. Породни завантажувальні пристрої обладнані на горизонтах 175 м, 230 м і 265 м.

Біляствольні двори розташовані на горизонтах 175 м, 230 м, 265 м і 330 м (очищення зумпфа головного стволу).

Схема підготовки шахтного поля погоризонтна з відробком лав довгими стовпами за підійманням.

На шахті прийнята система розробки довгими стовпами за підійманням. Відробок лав ведеться зворотним ходом без залишення ціликів і при проведенні виїмкових штреків суміжних стовпів «уприсічку» до виробленого простору або з підтримуванням виробок. Спосіб управління покрівлею – повне обрушення. Очисні роботи ведуться механізованими комплексами КД-80 і КД-99 з комбайнами КА-80 і КА-200. По лаві вугілля доставляється скребковим конвеєром СП-251. Довжина виїмкових стовпів 900 – 1200 м, середня довжина лави 160 – 180 м.

Проведення розкриваючих і підготовчих гірничих виробок здійснюється з використанням комбайнів КСП – 32, КСП – 33 і ГПКС. Кріплення виробок виконується металевим кріпленням КШПУ-9,5 і КШПУ-11,0. Для

магістральних виробок використовуються КШПУ11,7, КШПУ 17,7. На розширеннях – КШПУ15,0. Для міжрамної стяжки на дільничних штреках використовується дерев'яна дошка або металева сітка, для магістральних – залізобетонні плити.

Нарізні гірничі вироби (розрізні печі) проводяться комбайном КН78 або рідше за допомогою БПР і відбійних молотків. Кріплення розрізних печей здійснюється, як правило, дерев'яним кріпленням. Вузли спрягань підсилюються СВП. Проведення розрізних печей здійснюється шириною 6 м або 4 м з наступним розширенням до 6 м за допомогою БПР і відбійних молотків.

1.3. Вентиляція

На шахті прийнята центральна всмоктувальна схема провітрювання з подачею свіжого повітря по допоміжному стволу і відводу вихідного струменя по головному стволу.

Для провітрювання шахти використані дві головні вентиляторні установки ВОД-30М, що працюють по чергово. Вони встановлені коло блока головного ствола в спеціальному приміщенні. Головні вентилятори укомплектовані синхронними електродвигунами потужністю 1250 кВт і частотою обертання 600 об/хв.

Провітрювання гірничих виробок і очисних вибоїв виконується за рахунок загальношахтної депресії, схема провітрювання лав прямоточна з підсвіженням вихідного вентиляційного струменя.

Тупикові виробки провітрюються ВМП типів ВМЭ-6 або ВМ-6м. Провітрювання гараж-зарядних і складу ВМ здійснюється відокремленим струменем свіжого повітря.

Шахта «Дніпровська» віднесена до 3-ї категорії за газом. Суфлярні метановиділення не спостерігалися. За викидами та гірничими ударами пласти безпечні. Вугільний пил вибухонебезпечний. Усі пласти не схильні до раптових викидів і самозаймання.

Температура гірничих порід коло нижньої технічної межі оцінюваної площі (глибина 400 м) досягає 20,9° С, а коло нижньої межі пластів – 26,7 ° С.

1.4. Підйоми по стволах і підземний транспорт

Головний ствол обладнаний двоскіповим вугільним та односкіповим з противагою породним підйомами.

Двоскіповий вугільний підйом обладнаний підйомною машиною 2Ц 6-2,4 з редукторним приводом, з передаточним відношенням 11,5 від двох (обидва робочі) асинхронних електродвигунів потужністю 800 кВт кожний, який забезпечує максимальну швидкість підйому 6,83 м/с. Скіпи ємністю 14,1м³, вантажопід'ємністю 12т. Вугілля видається з горизонту 265 м.

Односкіповий з противагою породний підйом обладнаний машиною типу 2Ц 6-2,4 з редукторним приводом, з передаточним відношенням 11,5 від асинхронного електродвигуна потужністю 1000 кВт, який забезпечує максимальну швидкість підйому 6,83 м/с. Скіп ємністю 9,5 м³, вантажопід'ємністю 10,6т. Видача породи здійснюється з горизонтів 175м, 230, 265м, м.

Допоміжний ствол обладнаний двома одноклітьовими з противагою підйомними установками. Кожна підйомна установка має підйомну машину типу ЦР 4-3,2/06 з редукторним приводом, з передаточним відношенням 10,5 від асинхронного електродвигуна потужністю 630 кВт, який забезпечує максимальну швидкість підйому 6,6 м/с. Максимальний вантаж кліті 5300 кг.

Доставка породи при проведенні виїмкових штреків прийнята конвеєрна, далі перевантажується у вагонетки і електровозами доставляється в біляствольний двір.

Для забезпечення основного вантажопотоку використовується система повної конвеєризації від очисних вибоїв до завантажувальних пристроїв головного ствола. По виїмкових штреках використовуються конвеєри 1Л80,

2Л80; по магістральним виробкам 1Л100У, 1Л100У – 01, 2Л100У, 1ЛБ100, 1ЛУ120.

Видача породи, доставка матеріалів і обладнання здійснюється з використанням локомотивної відкатки акумуляторними електровозами типу АМ80 і вагонеток ВГ-3,3.

Для доставки матеріалів, людей, обладнання та виконання інших допоміжних операцій на виїмкових штреках встановлюються надґрунтові дороги типу ДКНЛ-1.

Доставка людей до робочих місць по горизонтальним виробкам здійснюється за допомогою локомотивної відкатки спеціалізованими складами із вагонеток ВПГ-18, а по дільничним виробкам – канатними надґрунтовими дорогами типу ДКНЛ-1 у вантажно-людському виконанні. Магістральні виробки обладнані рейковими путями з рейок Р-33 на залізобетонних шпалах і шириною колії 900 мм.

2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції

дільничної водовідливної установки шахти

2.1. Існуючий стан і постановка задачі

Дільнична водовідливна установка розташована на горизонті 305 м на нижній приймальній площадці похилого квершлага в ухильному полі (дренажний штрек пласта С8н). Вона призначена для перекачування води, що надходить, у водозбірник головної водовідливної установки, яка знаходиться в приствольному дворі горизонту 265 м. Зараз нормальний природний приплив води до дільничного водовідливу складає 80 м³/год, максимальний – 90 м³/год.

В насосній камері дільничного водовідливу розміщені три насоса ЦНС 300 – 120 – два насоса робочі, один резервний. Номінальна подача насосів 300 м³/год, номінальний напір – 120 м.

Дільнична водовідливна установка має два водозбірника – один ємністю 1000 м³, другий ємністю 800 м³. Водозбірники використовуються по чергово – один у роботі, другий чиститься.

В насосній камері знаходиться водозабірний колодязь, який з'єднаний із кожною гілкою водозбірника. Вода, що надходить, забирається насосами безпосередньо з колодязя.

Відкачування води насосами дільничного водовідливу здійснюється по водовідливному ставу, який прокладений по трубному хіднику. Діаметр трубопроводу 273 мм, загальна довжина 1500 м.

Для приводу насосів використовуються вибухозахищені високовольтні асинхронні електродвигуни ВАО 355L-4 потужністю 250 кВт.

Різниця геодезичних відміток розташування дільничного та головного водовідливів становить приблизно 40 м. У той же час на дільничній водовідливній установці використовуються насоси з номінальним напором 120 м, тобто номінальний напір встановлених насосів значно перевищує геометричну висоту підймання води. Ця обставина може бути причиною того, що насоси працюватимуть за межею своєї робочої зони, а це може

спричинити перевитрату електроенергії на водовідлив через низький ККД насосів і появу кавітації при їх роботі.

Тому в кваліфікаційній роботі поставлена задача встановити фактичні параметри роботи насосів дільничної водовідливної установки і розробити заходи, спрямовані на підвищення її експлуатаційних властивостей.

2.2. Експлуатаційний розрахунок існуючої дільничної водовідливної установки

2.2.1. Вихідні дані до розрахунку

Нормальний годинний приплив води на горизонті 305 м – $Q_H = 80$ м³/год;

максимальний годинний приплив води – $Q_{\text{макс}} = 90$ м³/год;

глибина шахти – 40 м;

зовнішній діаметр нагнітального трубопроводу $d_{\text{нг.з}} = 273$ мм;

товщина стінки нагнітального трубопроводу $\delta_{\text{нг}} = 10$ мм;

внутрішній діаметр нагнітального трубопроводу $d_{\text{нг}} = 253$ мм;

зовнішній діаметр всмоктувального трубопроводу $d_{\text{вс.з}} = 325$ мм;

товщина стінки всмоктувального трубопроводу $\delta_{\text{вс}} = 10$ мм;

внутрішній діаметр всмоктувального трубопроводу $d_{\text{вс}} = 305$ мм;

загальна довжина нагнітального трубопроводу $L_{\text{нг}} = 1500$ м;

загальна довжина всмоктувального трубопроводу для насоса, найбільш віддаленого від водозабірної колодязя, $L_{\text{вс}} = 15$ м.

Мінімально необхідна розрахункова подача установки складає

$$Q_p = \frac{Q_{\text{макс.доб}}}{20} = 1,2 Q_{\text{макс}}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

де 20 – допустима за Правилами безпеки тривалість відкачування максимального добового припливу води, годин [1];

$Q_{\text{макс.доб}}$ – максимальний добовий приплив води, м³/доба.

$$Q_p = 1,2 \cdot 90 = 108 \text{ м}^3/\text{год};$$

2.2.2. Гідравлічний опір трубопроводів і рівняння характеристики зовнішньої мережі установки

Зовнішня мережа дільничної водовідливної установки складається з нагнітального трубопроводу із зовнішнім діаметром $d_{\text{нг.з}}$ 273 мм і товщиною стінки $\delta_{\text{нг}} = 10$ мм.

Загальна довжина нагнітального $L_{\text{нг}} = 1500$ м.

Кожен насос має індивідуальний всмоктувальний трубопровід, який змонтований із труб із зовнішнім діаметром $d_{\text{вс.з}} = 325$ мм і товщиною стінки $\delta_{\text{вс}} = 10$ мм.

Загальна довжина всмоктувального трубопроводу для насоса, найбільш віддаленого від водозабірної колодязя, $L_{\text{вс}} = 15$ м.

Коефіцієнт гідравлічного опору нагнітального трубопроводу

Через велику довжину нагнітального трубопроводу приймаємо втрати напору на місцевих гідравлічних опорах у ньому

$$h_{\text{м.нг}} = 0,1h_{\text{l нг}} ,$$

де $h_{\text{l нг}}$ – втрати напору за довжиною трубопроводу.

Тоді коефіцієнт опору нагнітального трубопроводу

$$\xi_{\text{нг}} = 1,1\lambda_{\text{нг}} \frac{L_{\text{нг}}}{d_{\text{нг}}},$$

де $\lambda_{\text{нг}}$ – коефіцієнт гідравлічного тертя в нагнітальному трубопроводі;

У трубопроводах шахтних водовідливних установок, як правило, турбулентний режим руху рідини з високим ступенем турбулізації. Тому для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя λ використовуємо формулу

Шевелева Ф.А. Згідно з нею для не нових сталевих і чавунних водопровідних труб при швидкості води $v \geq 1,2$ м/с, яка має місце в нагнітальному трубопроводі,

$$\lambda_{\text{нг}} = \frac{0,021}{d_{\text{нг}}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,253^{0,3}} = 0,032,$$

де $d_{\text{нг}}$ – внутрішній діаметр нагнітального трубопроводу, м.

Тоді

$$\xi_{\text{нг}} = 1,1 \cdot 0,032 \cdot \frac{1500}{0,253} = 208,7;$$

Коефіцієнт гідравлічного опору всмоктувального трубопроводу

Коефіцієнт гідравлічного опору всмоктувального трубопроводу визначаємо для найбільш віддаленого від приймального колодязя насоса. Відповідно до заданої гідравлічної схеми коефіцієнт опору

$$\xi_{\text{вс}} = \xi_{\text{пк}} + 3\xi_{\text{к}90^\circ} + \lambda_{\text{вс}} \frac{L_{\text{вс}}}{d_{\text{вс}}},$$

де $\xi_{\text{пк}}$ – коефіцієнт опору приймального клапана із захисною сіткою;

$\xi_{\text{к}90^\circ}$ – коефіцієнт опору коліна при повороті потоку на 90° ;

$\lambda_{\text{вс}}$ – коефіцієнт гідравлічного тертя в усмоктувальному трубопроводі..

При $d_{\text{вс}} = 305$ мм $\xi_{\text{пк}} = 3,7$.

У шахтних трубопроводах найчастіше використовують зварні коліна, що складаються з п'яти – шести ділянок. У цьому разі

$$\xi_{\text{к}\alpha} = 0,008\alpha^{0,75} \left(\frac{d}{R_{\text{п}}}\right)^{0,6},$$

де α – кут повороту потоку, град; d – внутрішній діаметр труби, мм; $R_{\text{п}}$ – радіус повороту, мм.

При $d/R_{\text{п}} = 1,0$ $\xi_{90^\circ} = 0,234$.

У всмоктувальному трубопроводі швидкість води найчастіше

$v_{\text{вс.р}} < 1,2$ м/с, тому формула Шевелева для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя набуває в цьому разі такого вигляду:

$$\lambda_{\text{вс}} = 0,0179 \left(\frac{v_{\text{вс.р}} + 0,867}{v_{\text{вс.р}} d_{\text{вс}}} \right)^{0,3},$$

де $v_{\text{вс.р}}$ – розрахункова швидкість води в усмоктувальному трубопроводі.

Приймаємо $v_{\text{вс.р}} = 1,0$ м/с. Тоді

$$\lambda_{\text{вс}} = 0,0179 \left(\frac{1,0 + 0,867}{1,0 \cdot 0,305} \right)^{0,3} = 0,031.$$

Загальна довжина всмоктувального трубопроводу $L_{\text{вс}} = 15$ м. Отже

$$\xi_{\text{вс}} = 3,7 + 3 \cdot 0,234 + 0,031 \frac{15}{0,305} = 5,93.$$

Коефіцієнт гідравлічного опору зовнішньої мережі

Коефіцієнт гідравлічного опору зовнішньої мережі установки визначається за формулою

$$\xi = \xi_{\text{вс}} \left(\frac{d_{\text{нГ}}}{d_{\text{вс}}} \right)^4 + \xi_{\text{нГ}} + 1,$$

де $\xi_{\text{вс}} \left(\frac{d_{\text{нГ}}}{d_{\text{вс}}} \right)^4$

– коефіцієнт опору всмоктувального трубопроводу, що зведений до діаметра нагнітального трубопроводу.

$$\xi = 5,93 \left(\frac{0,253}{0,305} \right)^4 + 208,7 + 1 = 212,51.$$

Гідравлічний опір зовнішньої мережі

Цей гідравлічний опір розраховуємо за формулою

$$R = \frac{8\xi}{3600^2 \pi^2 g d_{\text{нГ}}^4}, \text{ год}^2/\text{м}^5.$$

де $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

$$R = \frac{8 \cdot 212,51}{3600^2 \cdot 3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 0,253^4} = 3,307 \cdot 10^{-4} \text{ год}^2/\text{м}^5.$$

Рівняння характеристики зовнішньої мережі

Характеристика зовнішньої мережі описується рівнянням

$$H_M = H_T + RQ^2,$$

де H_M – напір, який потрібно створити в мережі; H_T – геометрична висота водопідйому; Q – витрата рідини в трубопроводі.

Геометрична висота водопідйому – це перевищення зливного отвору нагнітального трубопроводу над найнижчим рівнем води в забірному колодязі. З урахуванням перевищення підлоги насосної камери над рівнем підосви виробки, осі насоса над підлогою насосної камери та над відкачуваною водою, нагнітального трубопроводу над рівнем водозбірника, отримуємо

$$H_T = H_{\text{ш}} + 3 \dots 5 = 40 + 4 = 44 \text{ м.}$$

Отже, рівняння характеристики зовнішньої мережі водовідливної установки таке:

$$H_M = 44 + 3,307 \cdot 10^{-4} Q^2, \text{ м.}$$

Складаємо таблицю для побудови графіка характеристики зовнішньої мережі установки:

Таблиця 2.1.

$Q,$ $\text{м}^3/\text{год}$	0	75	100	150	200	250	300	350	400	500	600
$H_M, \text{ м}$	44	45,9	47,3	51,4	57,2	64,7	73,8	84,5	278	128	163

За даними табл. 2.1 будемо графік характеристики зовнішньої мережі установки на рис. 2.1.

2.2.3. Визначення параметрів роботи водовідливної установки

Для визначення параметрів режиму роботи водовідливної установки треба побудувати в одній системі координат $Q - H$ і в однаковому масштабі графіки характеристик зовнішньої мережі установки $H_M = \varphi(Q)$ та графік напірної характеристики насоса $H_H = f_1(Q)$. Точка перетину цих графіків є робочою точкою установки, за координатами якої визначаємо подачу та напір, із якими буде працювати насосна установка. Після встановлення подачі насоса визначаємо його ККД і допустимий кавітаційний запас, які відповідають знайденій подачі, користуючись при цьому експлуатаційними характеристиками насоса.

Для побудови експлуатаційних характеристик насосів ЦНС 300 – 120 складаємо таблицю.

Таблиця для побудови експлуатаційних характеристик насоса

ЦНС 300 – 120

Таблиця 2.2

$Q, \text{ м}^3/\text{год}$	0	75	150	225	300	375
$H_H, \text{ м}$	134	136	136	134	120	96
$\eta, \%$	0	48	60	67	70	60
$\Delta h_K^{\text{доп}}, \text{ м}$				4,1	4,5	6,5

У таблиці прийняті такі позначення:

Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{год}$; H_H – напір насоса, м; η – ККД насоса, %;
 $\Delta h_K^{\text{доп}}$ – допустимий кавітаційний запас насоса, м.

Графічний аналіз роботи водовідливної установки представлено на рис. 2.1, де лінія H_M – це графік характеристики зовнішньої мережі установки; лінія H_H – напірна характеристика насоса.

Робоча точка установки – точка B . Параметри роботи насоса:

подача $Q_B = 390 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_B = 90 \text{ м}$; ККД $\eta_B = 50 \%$;

допустимий кавітаційний запас $\Delta h_K^{\text{доп}} = 7,5 \text{ м}$.

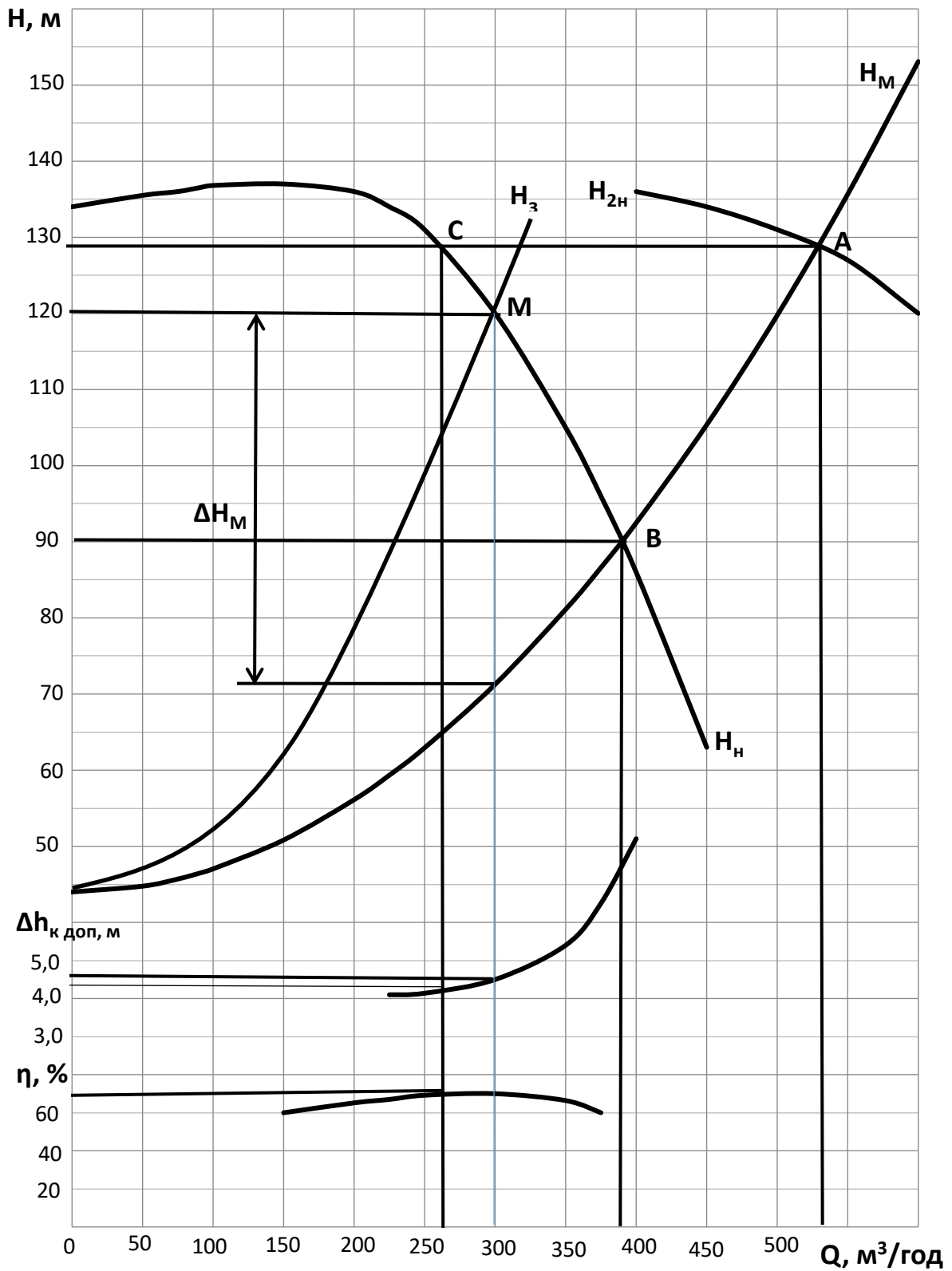


Рис. 2.1. Графічний аналіз роботи дільничної водовідливної установки

Отже, насос ЦНС 300–120 при роботі на нагнітальний трубопровід буде експлуатуватися далеко за правою межею своєї робочої зони і через це в цьому режимі в насосі буде спостерігатися інтенсивна кавітація при додатній висоті всмоктування і значна перевитрата електроенергії через низький ККД. Це вказує на неможливість експлуатації дільничної водовідливної установки при підключенні одного насоса до нагнітального трубопроводу. Для нормалізації роботи насосів треба зменшити їх подачу.

Найпростіше це зробити шляхом часткового прикривання регулювальної засувки на нагнітанні. Крім того, за наявності в насосній камері трьох насосів і невеликого припливу, подачу кожного з них можна зменшити шляхом одночасного паралельного включення двох насосів.

2.3. Визначення потрібного ступеня прикривання регулювальної засувки та параметрів роботи установки з прикритою засувкою

Насоси ЦНС 300–120 в умовах дільничного водовідливу шахти «Дніпрвська» неможна експлуатувати при повністю відкритій засувці на нагнітанні через кавітацію, що буде супроводжувати їх роботу. Часткове прикривання засувки приведе до збільшення гідравлічного опору зовнішньої мережі та зміни її характеристики, а характеристики насоса залишаться незмінними. Це викличе переміщення робочої точки установки по напірній характеристиці насоса в бік зменшення подачі та зростання напору. Вплив частково прикритої засувки на роботу установки показано на рис. 2.1, де лінія H_z відображає штучну характеристику зовнішньої мережі з частково прикритою засувкою, а точка M відповідає новому режиму роботи насоса.

Необхідний ступінь прикривання регулювальної засувки можна встановити за показаннями маномета, встановленого на нагнітанні насоса. Цей манометр показує надлишковий тиск, що відповідає висоті нагнітання, збільшеній на висоту втрат напору в напірному трубопроводі. Визначимо ступінь прикривання регулювальної засувки, при якому насос буде працювати з номінальною подачею $Q_M = Q_{\text{ном}} = 300 \text{ м}^3/\text{год}$.

Інші параметри роботи насоса в режимі M такі:

напір $H_M = 120$ м; ККД $\eta_M = 70$ %; допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{к M}^{\text{доп}} = 4,5$ м.

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в цьому режимі:

$$H_{\text{вс.}M}^{\text{доп}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{нп}}}{\rho g} - \Delta h_{к M}^{\text{доп}} - h_{\text{вс.}M}, \text{ м}$$

де $p_{\text{атм}}$ — атмосферний тиск у насосній камері; задаємо $p_{\text{атм}} = 10^5$ Па;

$p_{\text{нп}}$ — тиск насиченої пари перекачуваної води; $\rho = 1010$ кг/м³ — густина шахтної води;

$h_{\text{вс.}M_3}$ — фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії.

Приймаємо температуру води, що відкачується 15° С, тоді $p_{\text{нп}} = 1704$ Па.

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в режимі M

$$v_{\text{вс}M} = \frac{4Q_M}{3600\pi d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 300}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,305^2} = 1,14 \text{ м/с.}$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}M} = \xi_{\text{вс}} \frac{v_{\text{вс}M}^2}{2g} = 5,93 \cdot \frac{1,14^2}{2 \cdot 9,81} = 0,39 \text{ м;}$$

Допустима геометрична висота всмоктування

$$H_{\text{вс}M}^{\text{доп}} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 4,5 - 0,39 = 5,0 \text{ м.}$$

Така геометрична висота всмоктування достатня для нормальної роботи насосів.

Показання манометра на нагнітанні в режимі M , що виражені в метрах вод. ст., дорівнюють

$$M = H_{\text{нг}M} + h_{\text{втр.нг}M},$$

де $H_{\text{нг}M}$ — геометрична висота нагнітання, м; $h_{\text{втр.нг}M}$ — втрати напору в нагнітальному трубопроводі в цьому режимі, м.

$$H_{\text{нг } M} = H_{\Gamma} - H_{\text{вс } M}^{\text{доп}} = 44 - 5,0 = 39 \text{ м};$$

$$h_{\text{втр.нг } M} = \xi_{\text{нг}} \frac{v_{\text{нг } M}^2}{2g},$$

де $v_{\text{нг } M}$ — швидкість води в нагнітальному трубопроводі в режимі M .

$$v_{\text{нг } M} = \frac{4Q_M}{3600\pi d_{\text{нг}}^2} = \frac{4 \cdot 300}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,253^2} = 1,66 \text{ м/с};$$

$$h_{\text{втр.нг } M} = 208,7 \cdot \frac{1,66^2}{2 \cdot 9,81} = 29,2 \text{ м.}$$

$$M = H_{\text{нг } M} + h_{\text{втр.нг } M} = 39 + 29,2 = 68,2 \text{ м.}$$

Цьому напору відповідає надлишковий тиск

$$p_M = M\rho g,$$

де $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$ — густина шахтної води.

$$p_M = 68,2 \cdot 1010 \cdot 9,81 = 676 \cdot 10^3 \text{ Па} = 676 \text{ кПа.}$$

Отже, засувку на нагнітанні насоса треба прикривати поки показання манометра не зростуть до 676 кПа.

Налаштування насоса на потрібний режим роботи за допомогою засувки дуже просте в реалізації, але водночас цей метод регулювання є самим неекономічним через значні втрати електроенергії на частково прикритій засувці.

У даному випадку втрата потужності на засувці становить:

$$\Delta N_3 = \frac{\rho g Q_M \Delta H_3}{3600 \eta_M} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де ΔH_3 — втрата напору на регулювальній засувці, м.

$$\Delta H_3 = H_M - H_{\text{мм}},$$

де $H_{\text{мм}}$ — напір, що витрачається в зовнішній мережі установки при витраті

$$Q_M = 300 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За рівнянням характеристики зовнішньої мережі

$$H_{\text{мм}} = H_{\Gamma} + RQ_M^2 = 44 + 3,307 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2 = 73,8 \text{ м.}$$

$$\Delta H_3 = H_M - H_{\text{мм}} = 120 - 73,8 = 46,2 \text{ м.}$$

$$\Delta N_3 = \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 46,2}{3600 \cdot 0,7} \cdot 10^{-3} = 54,5 \text{ кВт.}$$

Перевірка привідного двигуна насоса

Потужність, що споживає привідний двигун

$$N = k_3 \frac{\rho g Q_M H_M}{3600 \eta_M} 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де $k_3 = 1,05$ – коефіцієнт запасу.

$$N = 1,05 \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 120}{3600 \cdot 0,7} 10^{-3} = 149 \text{ кВт.}$$

В установці в якості привідних двигунів використовуються асинхронні трифазні короткозамкнені електродвигунами ВАО 355L-4 потужністю 250 кВт, тобто потужність існуючих привідних двигунів достатня.

Технічна характеристика привідного двигуна ВАО 355L-4

Номінальна потужність, кВт	250
Частота обертання, об/хв.	1485
ККД, %	94,5

Техніко-економічні показники роботи дільничної водовідливної установки

Визначаємо техніко-економічні показники роботи дільничної водовідливної установки, вважаючи що вона працює з частково прикритою засувкою.

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_{\text{нз}} = \frac{Q_{\text{н}} \cdot 24}{Q_M} = \frac{80 \cdot 24}{300} = 6,4 \text{ год;}$$

– при максимальному припливі:

$$T_{\text{мз}} = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_M} = \frac{90 \cdot 24}{300} = 7,2 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$E_3 = 1,05 \frac{\rho g Q_M H_M \cdot 10^{-6}}{3,6 \eta_M \eta_d \eta_{\text{ем}}} [(365 - n_M) T_{\text{нз}} + n_M T_{\text{мз}}], \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

де 1,05 – коефіцієнт, що враховує витрати електроенергії на власні потреби установки; η_d – ККД привідного двигуна; $\eta_{\text{ем}}$ – ККД постачальної електричної мережі, приймаємо $\eta_{\text{ем}} = 0,95 \dots 0,96$; n_M – середньорічна тривалість максимального припливу води, діб, приймаємо $n_M = 60$ діб.

$$\begin{aligned} E_3 &= 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 120 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,945 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60)6,4 + 60 \cdot 7,2] = \\ &= 394669 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}; \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$\begin{aligned} e_3 &= \frac{E_3}{Q_M [(365 - n_M) T_{\text{н}} + n_M T_{\text{м}}]} = \frac{394669}{300 \cdot [(365 - 60)6,4 + 60 \cdot 7,2]} = \\ &= 0,552 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_M = \frac{e_M \cdot 10^6}{\rho H_{\Gamma}} = \frac{0,552 \cdot 10^6}{1010 \cdot 44} = 12,42 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Середньорічна втрата електроенергії на регулювальній засувці

$$\begin{aligned} \Delta E_3 &= \Delta N_3 [(365 - n_M) T_{\text{н}} + n_M T_{\text{м}}] = 54,5 \cdot [(365 - 60)6,4 + 60 \cdot 7,2] = \\ &= 129928 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}. \end{aligned}$$

Виконаний аналіз роботи існуючої дільничної водовідливної установки шахти вказує на те, що забезпечити роботу насосів без кавітації та покращити їхню експлуатаційну надійність у даних умовах дуже просто шляхом часткового прикривання засувки на нагнітанні. Але в той же час при реалізації цього методу регулювання режиму роботи насоса середньорічна безповоротна втрата електроенергії на регулювальній

засувці дорівнює 129928 кВт·год/рік, що складає 32,9 % від середньорічної витрати електроенергії на водовідлив. До того ж дуже велика питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому.

2.4. Аналіз роботи дільничної водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів ЦНС 300–120

Для визначення параметрів режиму роботи водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів треба побудувати в одній системі координат $Q - H$ і в однаковому масштабі графіки характеристик зовнішньої мережі установки $H_M = \varphi(Q)$ та графік сумарної напірної характеристики насосів $H_{2H} = f_1(Q)$. Точка перетину цих графіків є робочою точкою установки, за координатами якої визначаємо подачу та напір, із якими буде працювати насосний агрегат.

Сумарну напірну характеристику насосного агрегату з двох паралельно включених насосів отримуємо при горизонтальному складанні напірних характеристик окремих насосів, тобто абсциси точок на сумарній характеристиці дорівнюють сумі подач окремих насосів при однакових напорах.

Після визначення параметрів роботи агрегату знаходимо робочу точку окремого насоса – це точка перетину лінії сталого напору, що проходить через робочу точку агрегату, з напірною характеристикою одного насоса. За координатами робочої точки насоса встановлюємо подачу та напір, із якими буде працювати окремий насос у складі агрегату. За знайденою подачею насоса визначаємо його ККД та допустимий кавітаційний запас, користуючись при цьому експлуатаційними характеристиками насоса $\eta = f_2(Q)$ та $\Delta h_k^{don} = f_3(Q)$.

Графічний аналіз роботи дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» при паралельній роботі двох насосів наведений на рис. 2.1. На цьому рисунку сумарна напірна характеристика двох насосів позначена H_{2H} .

Робоча точка агрегату – точка А. Параметри роботи агрегату:

подача $Q_A = 528 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_A = 128 \text{ м}$.

Робоча точка кожного окремого насоса – точка С. Параметри роботи кожного насоса:

подача $Q_C = 264 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_C = H_A = 128 \text{ м}$; ККД $\eta_C = 70\%$;

допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{KC}^{\text{доп}} = 4,3 \text{ м}$.

Визначення відповідності працюючих насосів заданим умовам

Перевірка насосів на достатність подачі:

$$Q_A = 528 \text{ м}^3/\text{год} > Q_p \text{ – умова виконується.}$$

Перевірка насосної установки на стабільність роботи:

Умова стабільної роботи

$$H_0 \geq 1,1H_T,$$

де H_0 – напір насоса ЦНС 300–120 при нульовій подачі. По напірній характеристиці насоса знаходимо $H_0 = 134 \text{ м}$.

$$134 \text{ м} > 1,1 \cdot 44 = 48,4 \text{ м} \text{ – умова виконується.}$$

Визначення відповідності режиму роботи насоса його робочій зоні

Вибраний насос повинен використовуватися в межах своєї робочої зони та працювати з достатньо високим ККД. Умовою виконання цієї вимоги є

$$\eta_C \geq 0,9\eta_{\text{max}},$$

де $\eta_{\text{max}} = 70\%$ – максимальний ККД насоса ЦНС 300–120.

$$\eta_C = \eta_{\text{max}} \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в режимі С:

$$H_{\text{вс С}}^{\text{доп}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{нп}}}{\rho g} - \Delta h_{KC}^{\text{доп}} - h_{\text{вс С}}, \text{ м,}$$

де $h_{\text{вс С}}$ – фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії.

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в режимі С

$$v_{\text{вс С}} = \frac{4Q_C}{3600\pi d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 264}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,305^2} = 1,0 \text{ м/с.}$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс } C} = \xi_{\text{вс}} \frac{v_{\text{вс } C}^2}{2g} = 5,93 \frac{1,0^2}{2 \cdot 9,81} = 0,3 \text{ м};$$

$$H_{\text{вс } C}^{\text{доп}} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 4,3 - 0,3 = 5,32 \text{ м.}$$

Отже, при паралельній роботі двох насосів на один нагнітальний трубопровід подача агрегату достатня, насоси працюють стабільно та в межах своєї робочої зони, кавітація в насосах буде відсутня при геометричній висоті всмоктування $H_{\text{вс}} \leq 5,32$ м. Така висота всмоктування достатня для нормальної роботи насосів.

Перевірка привідного двигуна насоса

Потужність, що споживає привідний двигун

$$N_C = k_3 \frac{\rho g Q_C H_C}{3600 \eta_C} 10^{-3} = 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 264 \cdot 128}{3600 \cdot 0,7} 10^{-3} = 140 \text{ кВт.}$$

В установці в якості привідних двигунів використовуються асинхронні трифазні короткозамкнені електродвигунами ВАО 355L-4 потужністю 250 кВт, тобто потужність існуючих привідних двигунів значно перевищує потрібну потужність. Тому при паралельному включенні двох насосів слід використати менш потужний двигун ВАО2-280М-4 потужністю 160 кВт.

Технічна характеристика привідного двигуна ВАО2-280М-4

Номінальна потужність, кВт	160
Частота обертання, об/хв.	1480
ККД, %	94

Техніко-економічні показники роботи дільничної водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_{\text{нп}} = \frac{Q_{\text{н}} \cdot 24}{Q_A} = \frac{80 \cdot 24}{528} = 3,6 \text{ год};$$

– при максимальному припливі:

$$T_{\text{мп}} = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_A} = \frac{90 \cdot 24}{528} = 4,1 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$\begin{aligned} E_{\text{п}} &= 1,05 \frac{2\rho g Q_C H_C \cdot 10^{-6}}{3,6\eta_C\eta_D\eta_{\text{ем}}} [(365 - n_{\text{м}})T_{\text{нп}} + n_{\text{м}}T_{\text{мп}}] = \\ &= 1,05 \cdot \frac{2 \cdot 1010 \cdot 9,81 \cdot 264 \cdot 128 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,94 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60)3,6 + 60 \cdot 4,1] = \\ &= 419924 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}; \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$\begin{aligned} e_{\text{п}} &= \frac{E_C}{Q_A [(365 - n_{\text{м}})T_{\text{нп}} + n_{\text{м}}T_{\text{мп}}]} = \frac{419924}{528 \cdot [(365 - 60)3,6 + 60 \cdot 4,1]} = \\ &= 0,592 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_{\text{п}} = \frac{e_{\text{п}} \cdot 10^6}{\rho H_{\Gamma}} = \frac{0,592 \cdot 10^6}{1010 \cdot 44} = 13,32 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Виконані розрахунки показують, що при паралельному включенні двох насосів середньорічна витрата електроенергії на водовідлив в умовах дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» дещо більша, ніж при дроселюванні потоку на нагнітанні шляхом часткового прикривання засувки – в абсолютному вимірі перевищення витрати електроенергії складає

$$\Delta E = E_{\text{п}} - E_3 = 419924 - 394669 = 25255 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}};$$

у відносному вимірі

$$\delta E = \frac{\Delta E}{E_{\text{п}}} 100\% = \frac{25255}{419924} \cdot 100\% = 6,01 \%.$$

До того ж спосіб регулювання насосів шляхом часткового прикривання засувки на нагнітанні набагато простіший у реалізації та більш

надійний, ніж паралельне включення насосів. Тому в даних умовах експлуатувати дільничну водовідливну установку шахти «Дніпровська» слід при частково прикритій засувці на нагнітанні – прикривати засувку треба поки тиск на виході з насоса не зросте до 676 кПа.

Але результати розрахунків обох схем дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» свідчать про нераціональний вибір у ній насосів. При максимальному припливі води 90 м³/год подача установки складає 300 або 528 м³/год; при висоті водопідйому 44 м насоси створюють напори 120 або 128 м. На це вказує також дуже велика величина питомої витрати електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому, значення якої перевищує 12 (кВт·год)/т·км. З огляду на це зробимо розрахунки для вибору раціонального типу насоса для умов дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська».

2.5. Вибір раціонального типу насосів для умов дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська»

Виходячи з розрахункової подачі установки $Q_p = 108 \text{ м}^3/\text{ГОД}$ та розрахункового напору, що відповідає цій подачі $H_p = 48 \text{ м}$, орієнтуємося на насоси ЦНСШ 80–70.

Для побудови експлуатаційних характеристик насосів ЦНС 80 – 70 складаємо таблицю.

Таблиця для побудови експлуатаційних характеристик насоса

ЦНС 80 – 70

Таблиця 2.3

$Q, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	0	60	70	75	80	90	100	120
$H_n, \text{ м}$	79	80	80	79	77	73	68	57
$\eta, \%$	0	64	68	69	69,4	70	70	68
$\Delta h_{\text{к}}^{\text{доп}}, \text{ м}$		2,0	2,0	2,0	2,1	2,3	2,7	3,0

Графічний аналіз роботи водовідливної установки представлено на рис. 2.2, де лінія H_M – це графік характеристики зовнішньої мережі установки; лінія H_H –напірна характеристика насоса.

Через завищений діаметр напірного трубопроводу робоча точка установки буди знаходитись за правою межею робочої зони насоса, що вказує на необхідність дроселювання потоку на виході з насоса. Шляхом часткового прикривання засувки на нагнітанні насоса встановлюємо режим, при якому подача насоса дорівнює $115 \text{ м}^3/\text{год}$ – цьому режиму відповідає робоча точка B_3 . Параметри роботи насоса:

подача $Q_{B_3} = 115 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_{B_3} = 60 \text{ м}$; ККД $\eta_{B_3} = 68 \%$;

допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{KB_3}^{\text{доп}} = 2,8 \text{ м}$.

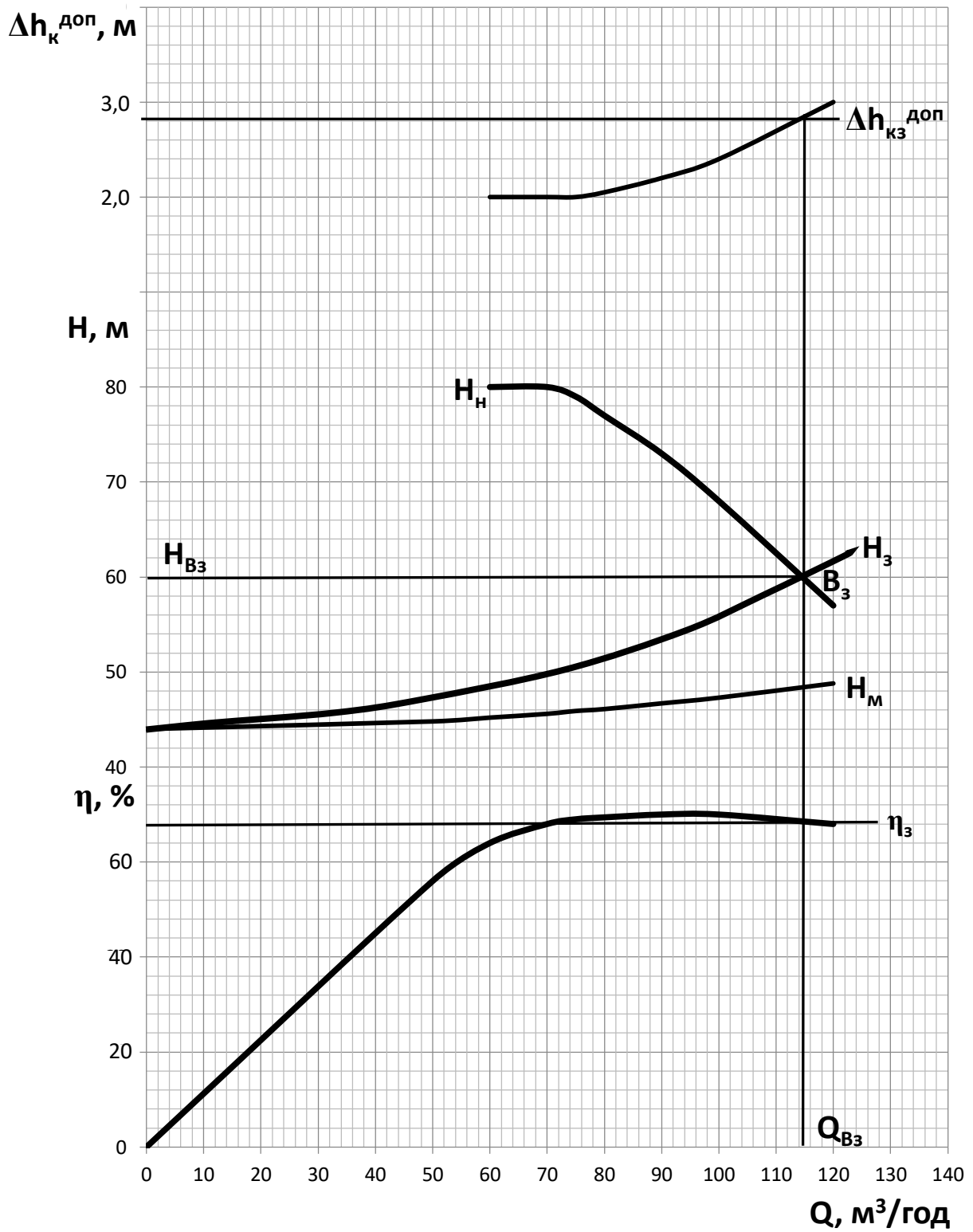


Рис. 2.2. Графічний аналіз роботи дільничної водовідливної установки з насосами ЦНСШ 80 – 70

Визначення відповідності насосів ЦНСШ 80 – 70 заданим умовам

Перевірка насосів на достатність подачі:

$$Q_{B_3} = 115 \text{ м}^3/\text{год} > Q_p - \text{умова виконується.}$$

Перевірка насосної установки на стабільність роботи:

Умова стабільної роботи

$$H_0 \geq 1,1H_T,$$

де H_0 – напір насоса ЦНСШ 80–70 при нульовій подачі. По напірній характеристиці насоса знаходимо $H_0 = 79$ м.

$$79 \text{ м} > 1,1 \cdot 44 = 48,4 \text{ м} - \text{умова виконується.}$$

Визначення відповідності режиму роботи насоса його робочій зоні

Вибраний насос повинен використовуватися в межах своєї робочої зони та працювати з достатньо високим ККД. Умовою виконання цієї вимоги є

$$\eta_{B_3} \geq 0,9\eta_{max},$$

де $\eta_{max} = 70\%$ – максимальний ККД насоса ЦНСШ 80–70.

$$\eta_{B_3} = 0,68 > 0,9\eta_{max} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63 - \text{умова виконується.}$$

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в режимі B_3 :

$$H_{\text{вс } B_3}^{\text{доп}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{нп}}}{\rho g} - \Delta h_{\text{к } B_3}^{\text{доп}} - h_{\text{вс } B_3}, \text{ м,}$$

де $h_{\text{вс } B_3}$ – фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії.

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в режимі B_3

$$v_{\text{вс } B_3} = \frac{4Q_{B_3}}{3600\pi d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 115}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,305^2} = 0,11 \text{ м/с.}$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс } B_3} = \xi_{\text{вс}} \frac{v_{\text{вс } B_3}^2}{2g} = 5,93 \frac{0,11^2}{2 \cdot 9,81} = 0,04 \text{ м;}$$

$$H_{\text{вс } B_3}^{\text{доп}} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 2,8 - 0,03 = 7,0 \text{ м.}$$

Отже, в даній водовідливній установці насоси ЦНСШ 80–70 будуть працювати з достатньою подачею, стабільно, з високими ККД та допустимою геометричною висотою всмоктування.

Вибір приводного двигуна насоса

Потужність, що споживає приводний двигун

$$N_{B_3} = k_3 \frac{\rho g Q_{B_3} H_{B_3}}{3600 \eta_{B_3}} 10^{-3} = 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 115 \cdot 60}{3600 \cdot 0,68} 10^{-3} = 29,3 \text{ кВт.}$$

Для приводу насосів ЦНСШ 80–70 приймаємо асинхронні трифазні короткозамкнені вибухозахищені електродвигунами В180М4.

Технічна характеристика приводного двигуна ВАО2-280М-4

Номинальна напруга, кВ	0,6
Номинальна потужність, кВт	30
Частота обертання, об/хв.	1468
ККД, %	91

Техніко-економічні показники роботи дільничної водовідливної установки при використанні насосів ЦНСШ 80–70

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_{нB_3} = \frac{Q_n \cdot 24}{Q_{B_3}} = \frac{80 \cdot 24}{115} = 16,7 \text{ год;}$$

– при максимальному припливі:

$$T_{мB_3} = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_{B_3}} = \frac{90 \cdot 24}{115} = 18,8 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$E_{B_3} = 1,05 \frac{\rho g Q_{B_3} H_{B_3} \cdot 10^{-6}}{3,6 \eta_{B_3} \eta_d \eta_{ем}} [(365 - n_m) T_{нB_3} + n_m T_{мB_3}] =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 115 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,68 \cdot 0,91 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60) 16,7 + 60 \cdot 18,8] =$$

$$= 211032 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} ;$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$e_{B_3} = \frac{E_{B_3}}{Q_{B_3} [(365 - n_M) T_{HB_3} + n_M T_{MB_3}]} = \frac{419924}{115 \cdot [(365 - 60)16,7 + 60 \cdot 18,8]}$$

$$= 0,295 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}.$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_{B_3} = \frac{e_{B_3} \cdot 10^6}{\rho H_{\Gamma}} = \frac{0,295 \cdot 10^6}{1010 \cdot 44} = 6,64 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Виконані розрахунки показують, що при використанні насосів ЦНСШ 80–70 середньорічна витрата електроенергії на водовідлив в умовах дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» у порівнянні з варіантами, коли залишаються насоси ЦНС 300 – 120, зменшується на

$$\Delta E_{B_3} = E_3 - E_{B_3} = 394669 - 211032 = 183637 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} ;$$

або на

$$\delta E_{B_3} = \frac{\Delta E_{B_3}}{E_3} 100\% = \frac{183637}{394669} \cdot 100\% = 46,5 \%$$

Це вказує на доцільність заміни існуючих насосів на дільничній водовідливній установці шахти «Дніпровська» на менш потужні насоси ЦНСШ 80–70.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ В ШАХТНОМУ ВОДОВІДЛИВІ

3.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації водовідливної установки шахти

При роботі в насосній камері слід виділити такі шкідливі виробничі фактори як недостатність природного освітлення, підвищена вологість повітря, виникнення шумів та вібрацій від роботи різних механізмів і машин.

У насосній камері шуми та вібрації створюють працюючі насоси та електродвигуни. В наслідок того, що в водозбірники надходить шахтна вода, а також через можливе виникнення конденсату на всмоктувальному та напірному трубопроводах, у насосній камері завжди підвищена вологість повітря.

Головними небезпечними факторами при роботі в насосній камері головної водовідливної установки шахти являються:

- 1) наявність вибухонебезпечного середовища (накопичування газу метану в небезпечних концентраціях);
- 2) можливість обрушення вміщуючи порід і посилення гірничого тиску (з часом будь-яке кріплення піддається просіданню через тиск на неї гірничої маси);
- 3) ураження електричним струмом (до насосів підключені високовольтні кабелі);
- 4) обертальні частини насосного агрегату (працюючий насос);
- 5) підйомно-навантажувальні пристрої (працюючі лебідки, штовхачі);
- 6) затоплення насосної камери (в насосну камеру надходить вода з горизонтів шахти та при виході з ладу насосів можливе затоплення).

Основні шкідливі фактори:

- 1) шум і вібрація;
- 2) підвищена вологість;
- 3) недостатність природного освітлення.

3.2. Розробка інженерно-технічних заходів по охороні праці

По небезпечним факторам:

1) Для попередження вибуху газу метану здійснюється контроль стану рудникової атмосфери приладами постійної та епізодичної дії. Контроль вмісту метану в камері водовідливної установки виконується особами змінного надзору та працівниками дільниці вентиляції та техніки безпеки. Періодичність контролю встановлюється начальником дільниці ВТБ і затверджуються головним інженером шахти. Разом з цим здійснюється автоматично діючий контроль за допомогою апаратури АМТ-3. Якщо вміст метану перевищує допустиму норму, то автоматично знімається напруга з електрообладнання та кабелів.

Для попередження накопичення метану передбачене інтенсивне провітрювання виробки.

2) При посиленні гірничого тиску повинні бути прийняті заходи безпеки у відповідності з розробленими заходами.

3) Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом передбачаються наступні заходи:

– корпуса електродвигунів насосних агрегатів і металеві частини інших електротехнічних пристроїв, що не перебувають під напругою, але які можуть опинитися під напругою у випадку пошкодження ізоляції, а також трубопроводи й арматура повинні бути заземлені. Заземлення здійснюється за допомогою спеціальних місцевих заземлювальних пристроїв, що складаються із заземлювачів і заземлювальних провідників. У підземних виробках шахти утворюється загальна мережа заземлення, до якої приєднуються всі об'єкти, що підлягають заземленню відповідно до вимог чинного законодавства. Загальна мережа заземлення створюється шляхом безперервного електричного з'єднання між собою всіх металевих оболонок та заземлювальних жил кабелів незалежно від величини напруги із приєднанням їх до головних та місцевих заземлювачів.

Для місцевих заземлень мають влаштовуватися штучні заземлювачі у водовідвідних канавках або в інших придатних для цього місцях. Кожна кабельна муфта з металевим корпусом, крім з'єднувачів напруги на гнучких кабелях, що живлять пересувні машини, повинна мати місцеве заземлення та з'єднуватися із загальною мережею заземлення шахти. Для місцевих заземлювачів, що розміщуються в штрекових стічних канавах, повинні застосовуватися сталеві смуги площею не менше 0,6 м², товщиною не менше 3 мм і довжиною не менше 2,5 м. Заземлювач треба розміщувати горизонтально в трохи заглибленій стічній канавці на „подушку“ товщиною не менше 50 мм з піску або дрібних грудок породи і зверху засипати шаром у 150 мм із того самого матеріалу. Як місцевий заземлювач можна також

використовувати не менше трьох суміжних або віддалених рам металокріплення, з'єднаних між собою металевим дротом (смугою, тросом і т. п.) зі сталі або міді перерізом не менше відповідно 50 та 25 мм², які зв'язані з іншими рамами кріплення за допомогою розпірних елементів. За відсутності у виробках стічної канавки для заземлювачів повинні застосовуватися сталеві труби діаметром не менше 30 мм і довжиною 1,5 м. Стінки труби повинні мати на різній висоті не менше 20 отворів діаметром не менше 5 мм. Труба міститься в шпур, пробурений на глибину не менше 1,4 м. Простір між стінкою шпура та зовнішньою стінкою труби заповнюють гігроскопічним матеріалом (піском, золою і т. п.), який періодично зволожується. У разі необхідності повинно встановлюватися декілька заземлювачів. Місцеві заземлювачі приєднуються до електроустановки, що заземлюється, або до збірних заземлювальних шин за допомогою провідника зі сталі перерізом не менше 50 мм² або з міді перерізом не менше 25 мм² болтовими з'єднаннями або зварюванням при забезпеченні надійного контакту. Послідовне приєднання устаткування, що заземлюється, до збірних заземлювальних провідників або до заземлювачів, не допускається, крім кабельних муфт і світильників у мережі стаціонарного освітлення, де можна встановлювати заземлювачі через кожні 100 м.

Головні заземлювачі в шахтах повинні влаштовуватися в зумпфах або водозбірниках. В усіх випадках слід влаштовувати не менше двох головних заземлювачів, розташованих у різних місцях, що резервують один одного на час огляду, чищення або ремонту одного з них. Головними заземлювачами є сталеві смуги площею не менше 0,75 м², товщиною не менше 5 мм і довжиною не менше 2,5 м. Загальний перехідний опір мережі заземлення, виміряний біля будь-яких заземлювачів, не повинен перевищувати 2 Ом.

Заземлення головної водовідливної установки здійснюється по двом незалежним контурам, які приєднуються до головних заземлювачів білястволового двору. Головні заземлювачі розташовані в зумпфі ствола та в одному з водозбірників. Колодязі для розміщення головних заземлювачів повинні мати глибину не менше 3,5 м, міцне перекриття, засоби для встановлення підіймального пристрою та відводу від пожежно-зрошувального трубопроводу для заповнення водою;

– використання реле витоків, яке відключає електродвигун насосного агрегату без витримки часу у випадку замикання на корпус двигуна;

– використання диференціального захисту від міжфазових замикань і максимального струмового захисту, які реагують на струми нульової послідовності.

Зазначені види захисту дозволяє забезпечити високовольтна комірка КРУВ-6.

4) Усі частини насосного агрегату, що обертаються, повинні бути закритими спеціальними кожухами та огороженні.

5) До роботи з підйомно-навантажувальними пристроями допускаються особи, що пройшли відповідний інструктаж. Забороняється використовувати підйомно-навантажувальні пристрої, які не відповідають своєму технічному паспорту.

б) Для недопущення затоплення насосної камери проектом, відповідно до правил безпеки, передбачено:

– на головних водовідливних установках шахт передбачається значний резерв насосів. На діючих шахтах головні водовідливні установки повинні бути обладнані не менше ніж трьома насосними агрегатами, подача кожного з яких має забезпечувати відкачування максимального добового припливу води не довше ніж за 20 годин. Якщо робочий агрегат складається з одного насоса, то загальна кількість насосів у камері три – робочий насос, резервний і ремонтний.

– правилами безпеки передбачається резервування напірних трубопроводів у головній водовідливній установці – вона повинна мати не менше, ніж два напірних трубопроводи, один із яких є резервним. Якщо кількість робочих напірних трубопроводів не перевищує трьох, повинен бути один резервний трубопровід, якщо вона більше трьох, має бути два резервні трубопроводи.

– комутація напірних трубопроводів у насосній камері повинна забезпечувати відкачування максимального добового припливу під час ремонту будь-якого елемента установки. Для цього напірні трубопроводи в насосній камері за кільцьовують і обладнують засувками таким чином, щоб можна було підключати насоси до будь-якого трубопроводу, а також відключати їх від мережі. На виході з кожного насоса встановлюється зворотний клапан, який автоматично відключає насос від мережі в разі його зупинки та унеможливорює зворотний рух води з напірного трубопроводу через насос.

– насоси головного водовідливного комплексу повинні розміщуватися в спеціальній насосній камері. Насосна камера з'єднується:

а) із стволом шахти – трубокабельним хідником, місце сполучення якого з вертикальним стволом має розташовуватися не нижче 7 м від рівня підлоги насосної камери, а з похилим стволом – не нижче ніж 3,5 м. Цей хідник використовується як запасний вихід на випадок затоплення;

б) з приствольним двором – хідником із герметичними дверима;

в) із водозбірником – однією або кількома спеціальними виробками, які облаштовані пристосуваннями, що дозволяють регулювати надходження води до камери та герметизувати насосну камеру.

Підлога насосної камери має бути вища за підлогу приствольного двору не менше ніж на 0,5 м.

Кожен насос разом із привідним двигуном монтується на загальній фундаментній плиті. Фундамент насоса перевищує рівень підлоги насосної камери на 0,1... 0,2 м.

Насосна камера повинна бути обладнана рухомими вантажно-підйомними механізмами з ручним або електричним приводом.

У камері встановлюються світильники, які живляться від електричної мережі.

Розміри насосної камери повинні забезпечувати вільний доступ до насосних агрегатів, запірної арматури, трубопроводів і вільний рух засобів підйому-переміщення (крана та рейкового рухомого складу).

Для зменшення поперечних розмірів камери осі насосів розміщують відповідно її довжині. Між насосами залишають прохід від 1,0 до 1,5 м. Відстань між насосами та однією із стін камери задається 0,7 м. З другого боку прокладається утоплена в підлогу рейкова колія. Над насосами на спеціальних балках розміщується вантажопідйомний пристрій для монтажу обладнання.

По шкідливим факторам:

1) Основним джерелом шуму в насосній камері являються насосні агрегати та в меншому ступеню напірні трубопроводи.

Джерелом шуму та вібрації безпосередньо насоса є явища, що пов'язані з обтіканням його елементів – утворення вихорів на лопатках, а також наявність обертальних деталей приводить до шуму та вібрації через їх дисбаланс.

Джерелом повітряного шуму, що створюється насосом, являються вібрація корпусу та, в деякій мірі, вібрації трубопроводів і фундаментів.

Заходи, спрямовані на зменшення шуму та вібрації:

– встановлення насоса на демпферних подушках для зниження рівня вібрації, яка передається на фундамент, а також вкривання насоса кожухом, що поглинає шум, для зменшення рівня шуму.

Як основний засіб для зменшення впливу шуму на обслуговуючий персонал використовуються засоби індивідуального захисту. Вони повинні відповідати наступним вимогам: високий ступінь звукопоглинання, можливість слухового контролю за роботою машин, зручного ношення, міцність і простота використання.

Для захисту органів слуху від шуму використовується шахтарська захисна каска із закріпленими на ній протишумовими навушниками.

2) Для зменшення вологості повітря передбачене інтенсивне провітрювання виробки.

3.3. Протипожежні заходи

У камері головної водовідливної установки можуть загорітися:

- кабельна мережа;
- мастильні матеріали.

Однією з головних причин виникнення пожежі в насосній камері може стати перегрів електродвигунів насосів та іншого обладнання через недостатній відвід теплових втрат. У цьому випадку в насосній камері облаштовують систему вентиляції, яка складається з відцентрових вентиляторів, фільтрів, повітроохолоджувачів і труб, підводять повітря. Камера головної водовідливної установки відноситься до категорії Д (пожежобезпечні).

Камера облаштовується пожежно-зрошувальним трубопроводом, пожежними кранами з рукавами та стволами, засувками та первинними засобами пожежогасіння (порошкові вогнегасники з об'ємом корпусу 10 л –

4 шт, ємності для піску об'ємом 0,2 м³, лопати – 1 шт), які розташовані коло робочого місця чергового персоналу. Знаходження їх у виробці забезпечує

можливість використання для гасіння пожежі на початковій стадії.

Пожежні двері, що встановлюються для локалізації пожежі в гірничих виробках, повинні виготовлятися з негорючих матеріалів. По обидва боки від них на довжині не менше п'яти метрів повинні бути спорудженні зони з негорючого кріплення.

Пожежні двері повинні зачинятися зусиллям однієї людини, щільно перекривати переріз виробки та мати запори, що відчиняються з обох боків.

Мастильні матеріали повинні зберігатися в окремій виробці в негорючих ємностях. Зберігати мастильні матеріали в приміщенні насосної камери в кількості більше добового запасу забороняється.

Матеріали, використані для обтирання, необхідно зберігати в металевих ящиках із кришками, які щільно закриваються.

У випадку виникнення пожежі в насосній камері потрібно відключити електроенергію, повідомити про це диспетчера та головного механіка і розпочати гасіння. Для гасіння пожежі необхідно використовувати сухі

вогнегасники, пісок або інертний пил. Якщо пожежа приймає великі розміри і погасити її неможливо, треба, залишивши камеру, закрити герметичні двері.

ВИСНОВКИ

1. Виконані розрахунки показали, що на дільничній водовідливній установці шахти «Дніпровська» насос ЦНС 300–120 при роботі на нагнітальний трубопровід буде експлуатуватися далеко за правою межею своєї робочої зони і через це в цьому режимі в насосі буде спостерігатися інтенсивна кавітація при додатній висоті всмоктування і значна перевитрата електроенергії через низький ККД. Це вказує на неможливість експлуатації дільничної водовідливної установки при підключенні одного насоса до нагнітального трубопроводу і на необхідність зменшення подачі насосів.

2. Зменшити подачу відцентрового насоса найпростіше шляхом часткового прикривання засувки на нагнітанні. Необхідний степінь прикривання регулювальної засувки визначається за показом манометра, підключеного до нагнітального патрубка насоса. У даному випадку для забезпечення роботи насоса з номінальною подачею $Q_{\text{ном}} = 300 \text{ м}^3/\text{год}$ засувку треба прикривати поки показання манометра не зростуть до 676 кПа. У цьому режимі насос буде працювати без кавітації при геометричній висоті всмоктування до 5,0 м. Але в той же час при реалізації цього методу регулювання режиму роботи насоса середньорічна безповоротна втрата електроенергії на регулювальній засувці становить 32,9 % від середньорічної витрати електроенергії на водовідлив.

3. В умовах дільничного водовідливу шахти «Дніпровська» зменшити подачу насосів до прийняттого рівня можна також шляхом паралельного підключення двох насосів до одного нагнітального трубопроводу.

При такій схемі роботи подача установки складає $528 \text{ м}^3/\text{год}$, ККД насосів 70 %, допустима геометрична висота всмоктування насосів становить 5,32 м. У цьому разі доцільно замінити привідні двигуни потужністю 250 кВт на двигуни потужністю 160 кВт.

4. Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив при паралельній роботі двох насосів на один нагнітальний трубопровід більша на 6,01% у порівнянні з роботою при частково прикритій засувці. До того ж спосіб регулювання насосів шляхом часткового прикривання засувки на нагнітанні набагато простіший у реалізації та більш надійний, ніж паралельне включення насосів. Тому в даних умовах експлуатувати дільничну водовідливну установку шахти «Дніпровська» слід при частково прикритій засувці на нагнітанні.

5. Результати розрахунків обох схем дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» свідчать про нераціональний вибір у ній насосів. При максимальному припливі води $90 \text{ м}^3/\text{год}$ подача установки складає 300 або $528 \text{ м}^3/\text{год}$; при висоті водопідйому 44 м насоси створюють напори 120 або 128 м . На це вказує також дуже велика величина питомої витрати електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому, значення якої перевищує $12 \text{ (кВт}\cdot\text{год)}/\text{т}\cdot\text{км}$.

6. Виконані розрахунки показують, що в умовах дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» раціонально використовувати двоступеневі насоси ЦНСШ $80-70$. У цьому разі подача установки становить $115 \text{ м}^3/\text{год}$ при ККД насосів 68% і допустимій висоті всмоктування $7,0 \text{ м}$.

Для приводу насосів достатньо буде використовувати електродвигуни потужністю 30 кВт , а середньорічна витрата електроенергії на водовідлив зменшується на $46,5 \%$.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила безпеки у вугільних шахтах. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0398-10>.
2. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки: Навчальний посібник / М.В. Холоменюк. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 330 с.
3. Холоменюк М.В. Методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань бакалаврами спеціальності 184 Гірництво за дисципліною «Водовідливні та вентиляторні установки» [Електронний ресурс] / М.В. Холоменюк; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Дніпро: НГУ, 2017. – 74 с.

ДОДАТОК А

Відгук на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр
студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ спеціальності

184 Гірництво за освітньо-професійною програмою
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Баранова Івана Віталійовича на тему:

Проект удосконалення системи водовідливу на шахті
«Дніпровська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“ – комплексний проєкт.
Частина 2. Проєкт удосконалення дільничної водовідливної установки

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення експлуатаційної
ефективності дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» за
рахунок раціонального використання встановлених насосів або шляхом
заміни їх на сучасні типи насосів з відповідними властивостями.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності
бакалавра за спеціальністю 184 Гірництво, який навчався за освітньо-
професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих
підприємств» – проєктування, аналіз роботи, експлуатація енергомеханічних
комплексів гірничих підприємств.

Обрана тема актуальна через те, що надійна, економічна та безпечна робота
водовідливного комплексу є необхідною умовою діяльності шахти.

Задачі кваліфікаційної роботи відповідають змісту стандартам вищої
освіти та дескрипторам Національної рамки кваліфікацій.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці
технічних рішень, що забезпечують роботу насосів в умовах діючого
виробництва з високим ККД і без кавітації при геометричній висоті
всмоктування до 7,0 м. Впровадження рекомендацій дозволить
зменшити потужність привідних двигунів насосів з 250 кВт до 30 кВт і
знизити середньорічну витрату електроенергії на водовідлив більше ніж
на 180 тис. кВт·год або на 46,5 %.

Степінь самостійності виконання розрахунків високий.

Кваліфікаційна робота виконана на реальну тему з застосуванням ПЕОМ.

Робота оформлена у відповідності до діючих стандартів. Якість оформлення достатньо висока.

У цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавр студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ Баранова Івана Віталійовича заслуговує оцінки „відмінно“.

Керівник кваліфікаційної роботи,
доцент кафедри гірничої механіки, канд. техн. наук

М.В. Холоменюк

ДОДАТОК Б

Відгуки керівників розділів кваліфікаційної роботи ступеня бакалавр
студента академічної групи 184-17ск-1 ММФ спеціальності

184 Гірництво за освітньо-професійною програмою
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Баранова Івана Віталійовича на тему:

Проект удосконалення системи водовідливу на шахті
«Дніпровська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“ – комплексний проєкт.

Частина 2. Проєкт удосконалення дільничної водовідливної установки

ДОДАТОК В

Рецензія на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр
студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ спеціальності

184 Гірництво за освітньо-професійною програмою
«Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

Баранова Івана Віталійовича на тему:

Проект удосконалення системи водовідливу на шахті
«Дніпровська» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“ – комплексний проєкт.

Частина 2. Проєкт удосконалення дільничної водовідливної установки

Кваліфікаційна робота ступеня бакалавр студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ Баранова Івана Віталійовича представлена пояснювальною запискою на 49 стор. та графічною частиною на двох листах. Пояснювальна записка складається із вступу, трьох розділів, що розкривають тему роботи, висновків, переліку посилань та трьох додатків.

Робота виконана на актуальну тему і спрямована на підвищення експлуатаційної ефективності та економічності дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська». На основі виконаного аналізу показано, що насоси існуючої дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» працюють за межею своєї робочої зони з низьким ККД і з кавітацією при додатній висоті всмоктування. Через це їх можна експлуатувати лише при частково прикритій засувці на нагнітанні. Зважаючи, що цей спосіб регулювання насосів не економічний, в роботі виконано аналіз ще одного метода зменшення подачі насосів – за рахунок паралельного підключення двох насосів до одного нагнітального трубопроводу. Показано, що в умовах дільничної водовідливної установки шахти «Дніпровська» доцільно експлуатувати насоси з частково прикритою засувкою.

З аналізу можливих параметрів роботи існуючої водовідливної установки зроблено висновок про нераціональний вибір насосів для неї.

Показано, що в разі заміни встановлених насосів ЦНС 300–120 на сучасні насоси типу

ЦНСШ 80–70 буде забезпечена потрібна подача установки при високому ККД насосів і допустимій висоті всмоктування 7,0 м. Для приводу насосів достатньо буде використовувати електродвигуни потужністю 30 кВт замість двигунів потужністю 250 кВт, а середньорічна витрата електроенергії на водовідлив зменшується на 46,5 %.

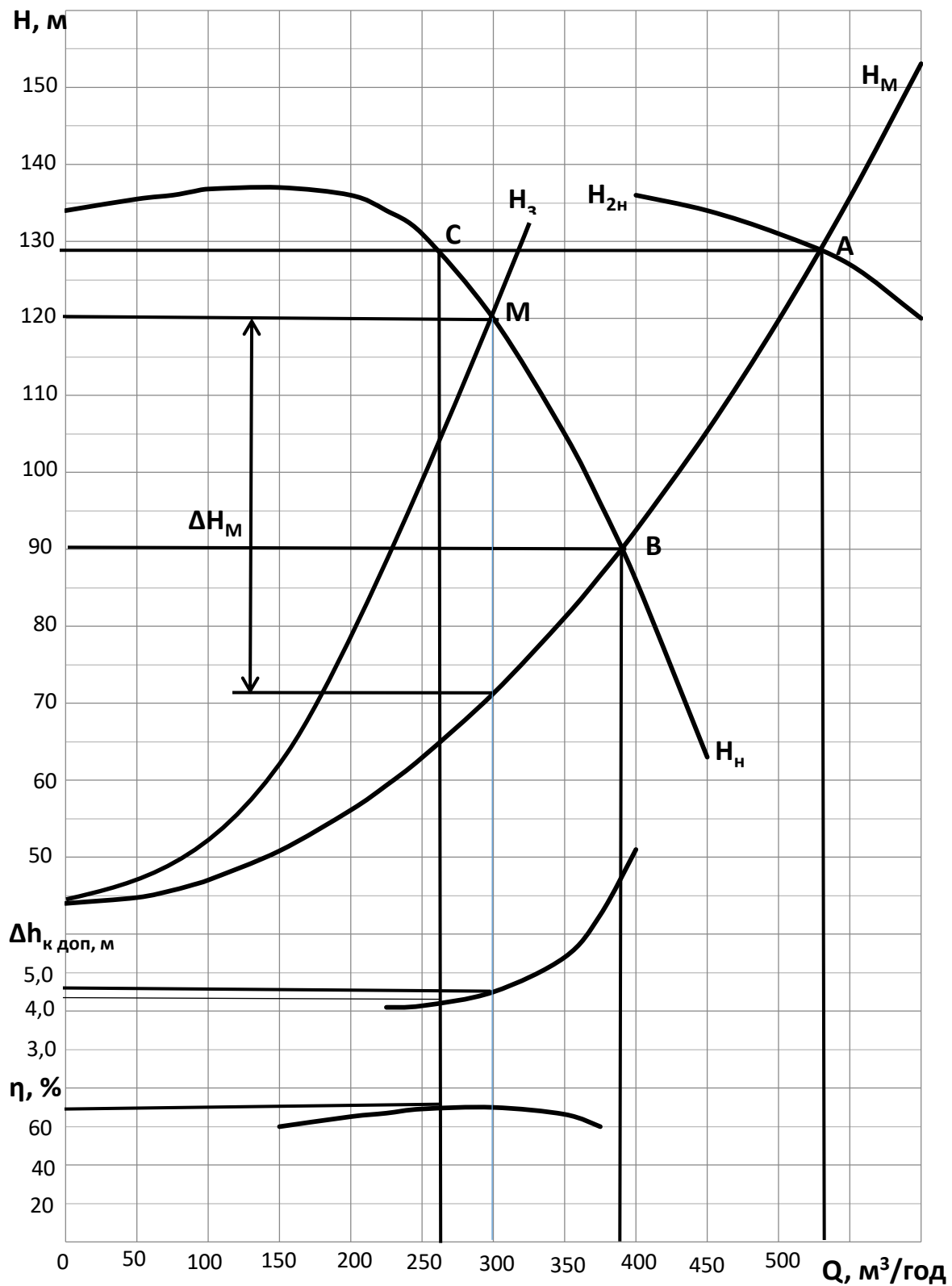
Вважаю, що в цілому кваліфікаційна робота студента Баранова Івана Віталійовича заслуговує оцінки «відмінно», а її автор присудженню ступеню бакалавра з гірництва за освітньою програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств».

Завідувач кафедри будівельної, теоретичної

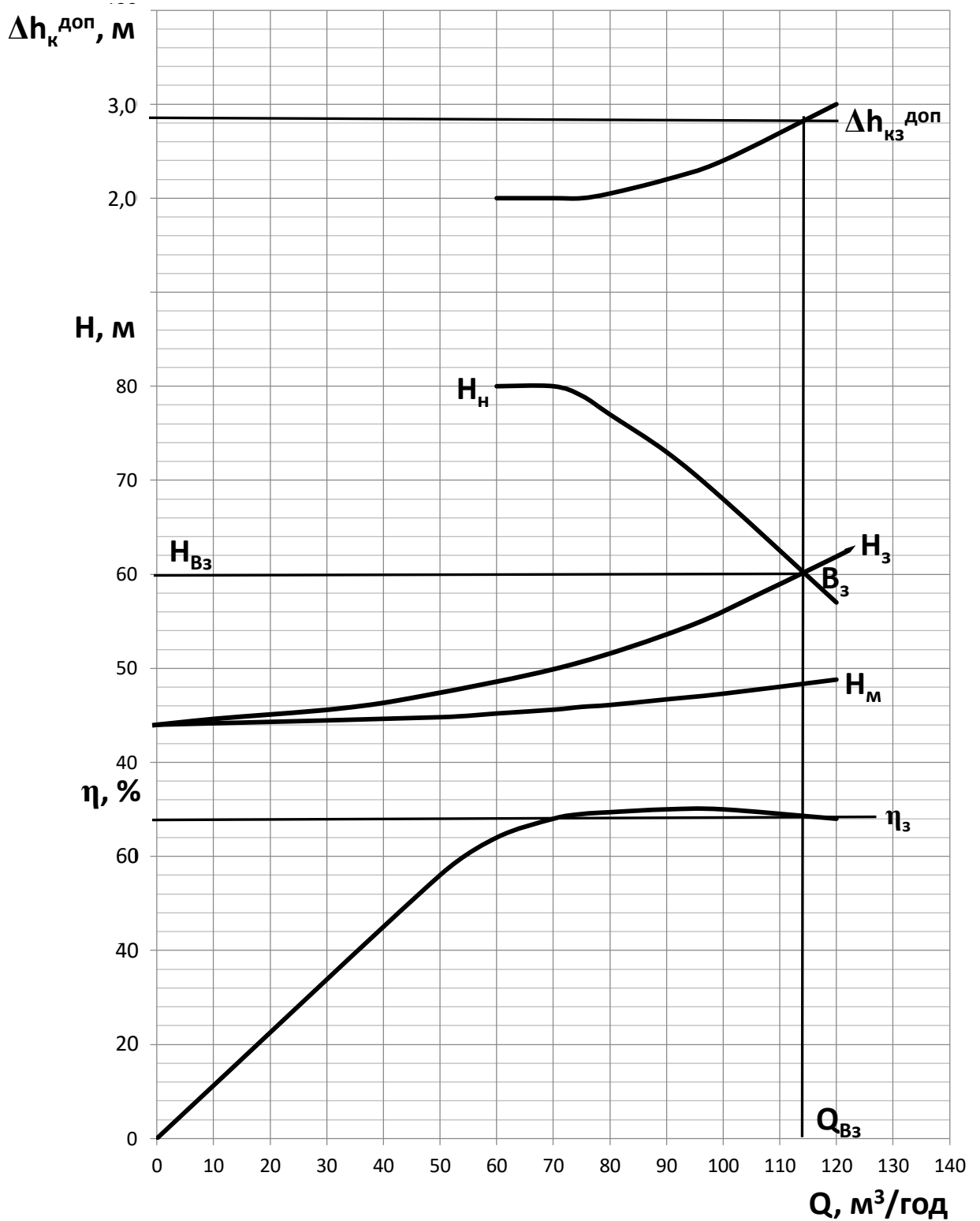
та прикладної механіки, д-р техн. наук

Д.Л. Колосов

ІСНУЮЧА ДІЛЬНИЧНА УСТАНОВКА З НАСОСАМИ ЦНС 300 – 120



УСТАНОВКА 3 НАСОСАМИ ЦНСШ 80 –70



Порівняння варіантів

НАСОСИ	Кількість	Потужність двигуна, кВт	Витрата електроенергії, кВт · год/рік
ЦНС 300-120	1	250	394669
	2	160	419924
ЦНСШ 80-70	1	30	211032