

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра гірничої механіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Тинкована Олега 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 Проект удосконалення головної водовідливної установки шахти
«Благодатна» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Холоменюк М.В.			
розділів:				
Гірничо-геологічний	Холоменюк М.В.			
Технологічний	Холоменюк М.В.			
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 Тинковану Олегу Віталійовичу академічної групи 184-17ск-1ММФ
(прізвище та ініціали) (шифр)

Спеціальності 184 Гірництво

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

на тему Проект удосконалення головної водовідливної установки шахти «Благодатна» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“,

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

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

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)

Тинкован О.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 51 с., 2 рис., 4 табл., 3 додатки, 4 джерела

ШАХТНА ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА, ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС, РОБОЧА ЗОНА, КАВІТАЦІЯ, РЕГУЛЮВАННЯ ЗАСУВКОЮ, ПАРАЛЕЛЬНА РОБОТА НАСОСІВ, ОБТОЧУВАННЯ РОБОЧИХ КОЛІС

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

Мета роботи – підвищення енергетичної та експлуатаційної ефективності головної водовідливної установки шахти «Благодатна» за рахунок корегування робочих режимів насосів.

Результати та їх новизна – розроблені технічні рішення, що забезпечують роботу існуючих насосів без кавітації при геометричній висоті всмоктування до 4,47 м і дозволяють зменшити на 22% середньорічну витрату електроенергії на водовідлив.

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

Практична значимість кваліфікаційної роботи – в роботі показано, що в умовах головного водовідливу шахти «Благодатна» зниження подачі насосів до прийняттого рівня шляхом паралельного підключення двох насосів до одного нагнітального трубопроводу викликає незначне зменшення середньорічної витрати електроенергії на водовідлив у порівнянні з використанням частково прикритої засувки; обґрунтована доцільність зменшення діаметрів робочих коліс насосів з 445 мм до 402 мм. Реалізація цього рішення забезпечить роботу насосів з номінальною подачею при геометричній висоті всмоктування до 4,47 м, для приводу насосів достатньо буде використовувати електродвигуни потужністю 250 кВт замість двигунів потужністю 500 кВт, що використовуються зараз, середньорічна витрата електроенергії на водовідлив зменшиться на 22 % у порівнянні з роботою при частково прикритій засувці.

ЗМІСТ

ВСТУП	
1. Гірничо–геологічна характеристика шахти «Благодатна».....	
1.1. Загальна характеристика шахти	
1.2. Структура будови гірничого масиву	
1.3. Гідрогеологія	
1.4. Схема розкриття шахтного поля. Шахтні стволи.....	
1.5. Спосіб підготовки та порядок відробки запасів у шахтному полі	
1.6. Система розробки	
1.7. Транспорт	
1.8. Вентиляція	
2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції головної водовідливної установки шахти.....	
2.1. Існуюча система водовідливу шахти і постановка задачі.....	
2.2. Аналіз роботи головної водовідливної установки шахти «Благодатна».....	
2.2.1. Гідрравлічний опір трубопроводів і рівняння характеристики зовнішньої мережі установки.....	
2.2.2. Визначення параметрів роботи водовідливної установки	
2.2.3. Визначення потрібного ступеня прикривання регулювальної засувки та параметрів роботи установки з прикритою засувкою	
2.2.4. Аналіз роботи головної водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів.....	
2.2.5. Визначення потрібного ступеня обточування робочих коліс насоса ЦНСШ 300–290 і параметрів роботи установки з обточеними колесами.....	
3. Охорона праці в шахтному водовідливні	
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. Вугільна промисловість – це одна з головних галузей господарства України. Вугілля зараз і ще довгий час буде займати важливе місце в паливному балансі країни, незважаючи на значне зростання споживання інших видів палива, зокрема, нафти та природного газу. Підтримка існуючих обсягів видобування вугілля та їх нарощування можлива на основі використання високопродуктивної техніки і прогресивної технології видобування вугілля, створення безпечних умов праці шахтарів і реконструкції вугільних шахт.

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 привибійного простору гірничих виробок, так і за межі гірничого підприємства в цілому.

Головна водовідливна установка шахти – це один з найвідповідальніших об'єктів, що забезпечує безпечні умови виконання гірничих робіт на підприємстві. Надійна та ефективна робота водовідливного комплексу є необхідною умовою діяльності шахти. Одночасно головна водовідливна установка являє собою один з найпотужніших загальношахтних споживачів електроенергії – встановлена потужність привідних двигунів головного водовідливу, що працюють у тривалому режимі, складає зазвичай сотні кіловат. З огляду на це актуальним є завдання всіляко підвищувати не лише експлуатаційну, а й енергетичну ефективність роботи головної водовідливної установки.

Мета роботи – підвищення енергетичної та експлуатаційної ефективності головної водовідливної установки шахти «Благодатна» за рахунок корегування робочих режимів насосів.

Результати роботи можуть бути використані на інших головних водовідливах вугільних і рудних шахт.

1. ГІРНИЧО–ГЕОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ШАХТИ

«БЛАГОДАТНА»

1.1. Загальна характеристика шахти

Шахта «Благодатна» знаходиться на території Павлоградського адміністративного району Дніпропетровської області. Безпосередньо на шахтному полі розташоване с. Вербки, у 8 км на південний захід – м. Павлоград із його залізничними станціями, на сході – шахта «Павлоградська», на північному заході знаходиться ЦЗФ «Павлоградська» і шахта ім. Героїв Космосу. Адміністративно шахта входить до складу шахтоуправління «Героїв Космосу» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“.

Шахта «Благодатна» уведена в експлуатацію в грудні 1971 р.

Шахтне поле має розміри по простяганню 8,0 км і за спадом 3,0 км, воно розділене на два блоки.

Затвердженими межами шахтного поля є:

на заході – залізнична магістраль Лозова-Синельникове;

на сході – умовна лінія, розташована ухрест простягання пластів на відстані 1,2 км від ствола, що являє собою спільну межу з шахтою «Павлоградська»;

на півночі (за спадом) – Богдановський і Вербський скид;

на півдні (за підійманням) – Південно-Тернівський скид.

1.2. Структура будови гірничого масиву

За даними геологічної розвідки в затверджених межах шахтного поля залягають 6 пластів робочої потужності С9, С8^Н, С7^Н, С5, С4, С1. Марка вугілля ДГ, середня потужність пластів 0,85–1,1 м, зольність 11–16,4 %, вологість 12–14 %, газоносність 5–10 м³/т. Пласти, в основному, простої будови.

Верхня межа метанових газів на полі ш. Благодатна проходить на глибинах 130–150 м (абсолютна відмітка мінус 50). Всі вугільні пласти в основному знаходяться в метановій зоні.

Шахта по газу віднесена до III категорії. Суфлярні метановиділення не спостерігалися. За викидами та гірничими ударами пласти безпечні. Вугільний пил вибухонебезпечний. Усі пласти не схильні до самозаймання.

Температура порід біля нижньої технічної межі оцінюваної площі (глибина 300 м) не перевищує 22,8° С.

1.3. Гідрогеологія

Підземні води сконцентровані в четвертинних, неогенових, палеогенових і кам'яновугільних відкладеннях. Найбільш водоносним є бучацький водоносний горизонт, що залягає безпосередньо на відкладеннях карбону і представлений тонкозернистими пісками, що володіють пливунними властивостями. Бучацькі відкладення відіграють основну роль в заводненні гірничих виробок.

У відкладеннях кам'яновугільного віку водоносними є пласти вугілля, піщаники. Так безпосередньо над пластом С5 залягає потужний (до 52 м) піщаник міцністю 4–5, у якому знаходяться статичні запаси води. Виділення води проявляється у вигляді крапель перервними або неперервними струмінцями. Зараз водоприплив у шахту складає 225 м³/год.

Шахтні води хлоридно-натрієвого складу з мінералізацією до 19 г/л і загальною жорсткістю 67–70 мг-екв/л. Кількість зважених у воді 1,2–1,3 г/л. Вода по відношенню до металу дуже агресивна.

1.4. Схема розкриття шахтного поля. Шахтні стволи

Розкриття шахтного поля здійснено двома центрально-подвоєними вертикальними стволами – головним і допоміжним та горизонтальними квершлагами. Стволи пройдені до кінцевої глибини до гор. 325 м.

Головний ствол має діаметр 6,0 м і площу перерізу в світлі 28,3 м². Він закріплений чавунними тубінгами в наносних породах (до гор. 250 м) і бетонним кріпленням у корінних породах, устя закріплене залізобетоном.

Головний ствол призначений для видачі вугілля, породи, а також вихідного струменя повітря і обладнаний двоскіповим вугільним із скіпами ємністю

10,9 м³ та односкіповим породним із скіпами ємністю 4 м³ підйомами. По головному стволу прокладене драбинне відділення на всю глибину ствола. Огородження його виконано з металевих сіток. Армування ствола жорсткого типу виконано до гор. 250 м до вугільного завантаження. Розстріли центральні з двотавра № 27в, упори з двотавра № 20в, провідники з рейок Р43, крок армування в тубінговій частині – 4000 мм, в бетонній – 4168 мм. У стволі зроблені спрягання з виробками для запасного виходу на гор. 140, 165, 210 м і два завантажувача – вугільний нижче на 8 м від гор. 250 м і породний нижче на 14 м від гор. 210 м.

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 (до гор. 250 м) 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 і обладнаний двома незалежними вантажно-людськими підйомами з одноповерховими клітями, розрахованими на одну вагонетку ВГ-3,3. Армування ствола жорсткого типу виконане на всю глибину. Розстріли з двотавра № 27в, провідники з рейок Р43, , крок армування в тубінговій частині – 3000 мм, в бетонній – 3126 мм. . У стволі зроблені спрягання з робочими горизонтами 140, 165, 210, 250 і 325 м, там же зроблені біляствольні двори кругового типу, які забезпечують проведення гірничих робіт на пластах С5, С4 і С1. Зараз на горизонтах 140, 165 м гірничі роботи по видобутку вугілля зупинені.

В стволі прокладені три стави головного водовідливу $D_y = 250$ мм – два з поверхні до гор. 325 м, один до гор. 210 м; два протипожежних стави – $D_y = 150$ мм до гор. 325 м і $D_y = 100$ мм до гор. 210 м; один емульсійний став $D_y = 50$ мм, а також силові електричні кабелі та кабелі сигналізації та зв'язку.

Вугільні пласти розкриті горизонтальними квершлагами з горизонтів 140, 210, 250 м і магістральними штреками, що пройдені по пласту. Поля вугільних пластів С7, С5, С1 розділені на бремсбергову та ухильну частини.

Усі розкриваючі виробки закріплені арочним металевим податливим кріпленням типу АП і КШПУ. Відкотний і конвеєрний квершлаг на гор. 210 м закріплені кріпленням АП-15,5 із кроком встановлення рам через 0,5 м, відкотний квершлаг на пласт С4, магістральний відкотний і конвеєрний штреки пласта С5 гор. 250 м, відкотний і конвеєрний квершлаг на пласт С1 гор. 210 м закріплені кріпленням АП-13,8 із кроком встановлення рам через 0,5 м, магістральний відкотний і конвеєрний штреки пласта С1 закріплені кріпленням АП-11,2 із кроком встановлення рам через 0,5 м, магістральний відкотний і конвеєрний штреки пластів С5, С4, С1 закріплені кріпленням КШПУ-11,7 із кроком встановлення рам через 0,5 .. 0,8 м.

На шахті існують біляствольні двори на горизонтах 140,165, 210, 250 і 325 м кругового типу. Виробки біляствольних дворів гор. 140 і 165 м закріплені арочним металевим податливим кріпленням і забетоновані, виробки на горизонтах 210, 250 і 325 м закріплені арочним металевим жорстким кріпленням із двотавра з тампонажем виробленого простору.

Основним є біляствольний двір горизонту 210 м, у якому знаходяться камери головного водовідливу, ЦПП, медпункт і підземна диспетчерська, камери породного перекидувача, камера очікування. До відкотного квершлагу гор. 210 м примикає гараж-зарядна гор. 210 м і роздаточна камера складу ВМ, а також вуглескид на гор. 250 м.

В біляствольному дворі горизонту 250 м знаходяться гараж-зарядна гор. 250 м, камера очікування, виробка розвантаження донних вагонів, вхід до камери вугільного завантаження.

Біляствольний двір гор. 325 м самий нижчий. В ньому розташовані камери водовідливу гор. 325 м, виробки для чищення просипу, камера гараж-зарядної гор. 325 м і РПП.

1.5. Спосіб підготовки та порядок відробки запасів у шахтному полі

Схема підготовки шахтного поля погоризонтна з відробком лав довгими стовпами за підійманням. Відробок лав ведеться від ствола до меж шахтного поля. В основному приймається схема без залишення ціликів між виймальними виробками, з підтримуванням збірних штреків, які в подальшому при відробку суміжного стовпа виконують роль бортових штреків.

Відробок пластів низхідний, тобто гірничі роботи розвернуті так, щоб спочатку підроблювались верхні пласти, після чого поза зоною взаємовпливу гірничих робіт нижні. У першу чергу виконується відробок верхньої групи пластів С9, С8, С7, після цього нижньої С5, С4, С1.

Розміри бремсбергового та ухильного полів приблизно однакові й складають 1,4 – 1,7 км. Розміри східного крила складають 1,2 км до технічної межі з шахтою «Павлоградська», а західного – 2,5 – 3 км до межі першого блоку.

1.6. Система розробки

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 кривлею – повне обрушення.

Від взаємного впливу магістральні виробки охороняються охоронними ціликами розміром 50 м, а від впливу очисних робіт – бар'єрними ціликами розміром не менше 40 м.

Процес підтримування та охорони виїмкових виробок у районі лави в зоні впливу очисних робіт полягає в максимально можливому обмеженні податливості елементів кріплення виробки. При виникненні будь-яких змін в кріпленні виробки (деформація кріплення та зтяжки, зрушення порід) виконуються заходи по підсиленню кріплення або додатковому кріпленню.

Добування вугілля здійснюється з використанням механізованого комплексу КД-80 і комбайна КА-200. Доставка вугілля по лаві здійснюється скребковим конвеєром СП-26У. Довжина виїмкових стовпів 900 – 1200 м, середня довжина лави 160 – 180 м . Для видачі вугілля з під лави використовуються стрічкові конвеєри 1Л1000Д , 2ЛТ80КСП, 1ЛТ80 довжиною 480-600 м, безпосередньо під лавою встановлюється ПТК-1 довжиною 60–90 м.

Виїмка вугілля комбайном здійснюється по чолноковій схемі. Відробок полів в основному ведеться по безнішовій технології.

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.

1.7. Транспорт

Для транспортування вугілля на шахті використана повна конвеєризація. Відбите вугілля транспортується по лаві скребковими конвеєрами типу СП-26У (СП250) на перевантажувач ПТК1 (ПТУ800), далі транспортування вугілля виконується стрічковими конвеєрами – дільничними типу 1ЛТ-80, магістральними типами 1 Л-100К, 1Л1000Д, 2Л-100У, 1ЛУ120 у центральний вуглескидний гезенк гор. 210 м і далі скіпами по скіповому стволу у вугільний бункер (60 т) поверхневого технологічного комплексу.

Блок головного ствола включає також приймання породи, що видана з шахти породним підйомом, у породний бункер ємністю 160 т і завантаження її в автотранспорт.

Блок допоміжного ствола включає подачу в шахту порожняка та видачу з неї породи, а також транспортування вантажів, матеріалів,

обладнання. Завантажені вагони, що вийшли з шахти, розвантажуються на боковому перекидувачу промплощадки шахти.

По горизонтальним і похилим гірничим виробкам з ухилом рейкової колії до 0,005 для транспортування вантажів, матеріалів, породи й людей використовується електровозне транспортування. Використовуються електровози АМ8Д, загальна їх кількість 12 шт.

Транспортування сипучих вантажів, породи здійснюється в вагонетках ВГ-3,3, матеріалів і обладнання на площадках системи «Пакод» (ПУТ9, ВЛ900), довгомірних матеріалів на площадках УДГ9. Для перевезення металевого аркового кріплення використовуються спеціальні площадки.

На дільничних гірничих виробках використовуються однокінцеві відкатки з лебідками ЛВ-25. По виробкам виїмкових ділянок доставка вантажів під лаву і назад здійснюється надгрунтовими дорогами з кільцевим канатом.

Транспортування людей у шахті здійснюється рейковим транспортом з використанням акумуляторних електровозів АМ-8Д в людських вагонетках типу ВП-18 (ВПШ18) від біляствольних дворів гор.250 і 210 м до посадочних площадок коло виїмкових ділянок.

1.8. 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 вироби провітрюються ВМП. Провітрювання гараж-зарядних і складу ВМ здійснюється відокремленим струменем свіжого повітря.

2. Технологічні та технічні рішення щодо реконструкції головної водовідливної установки шахти

2.1. Існуюча система водовідливу шахти і постановка задачі

Водовідлив шахти «Благодатна» забезпечує відкачування шахтної води на поверхню, очищення її в поверхневих горизонтальних відстійниках і подальший скид її у ставки-накопичувачі «Микуліно», «Свідовок».

Шахта «Благодатна» відноситься до шахт із середнім водопрпливом. Зараз годинний нормальний приплив води в шахту складає $Q_{\text{н}} = 225 \text{ м}^3/\text{год}$, максимальний – $Q_{\text{макс}} = 240 \text{ м}^3/\text{год}$. Води агресивні до бетонних і сталевих конструкцій, $\text{pH} = 7,0$.

Шахтний водовідлив включає в себе центральний і дільничні водовідливи. Центральна насосна камера розташована в біляствольному дворі горизонту 210 м коло допоміжного ствола. Вода з гірничих виробок з горизонтів 140 і 165 м потрапляє у виробки біляствольного двору гор. 210 м і по водовідливним канавкам самопливно надходить у водозбірники і далі в колодязі центральної насосної камери. Вода з горизонтів 250 і 325 м подається безпосередньо у водозбірники центрального водовідливу по трубам $D_{\text{у}}150 \text{ мм}$.

Центральна водовідливна установка має водозбірники, що складаються з двох ізольованих одна від одної гілок – одна гілка об'ємом 350 м^3 , друга – об'ємом 500 м^3 . Водозбірники з'єднані з водозабірними колодязями, що знаходяться в насосній камері і в яких розміщені всмоктувальні трубопроводи насосів.

Центральна 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;
- б) з приствольним двором – хідником із герметичними дверима;
- в) із водозбірником – однією або кількома спеціальними виробками, які обладнані пристосуваннями, що дозволяють регулювати надходження води до

камери та герметизувати насосну камеру.

Підлога насосної камери вища за підлогу біляствольного двору на 0,5 м.

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

Для відкачування води в центральній насосній камері встановлено 4 насосних агрегати ЦНСШ 300 – 290 – два насоси робочі, один резервний і один у ремонті. Вода відкачується по двом нагнітальним трубопроводам – один трубопровід робочий, другий – резервний. Напірні трубопроводи мають діаметр D_y 200 мм. Комутація напірних трубопроводів у камері забезпечує відкачку води в разі ремонту будь-якого елемента водовідливної установки. Всмоктувальні трубопроводи діаметром D_y 250 мм.

Насоси приводяться в дію вибухонебезпечними асинхронними трифазними короткозамкненими електродвигунами ВАО2–560М–4 потужністю 500 кВт.

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, $\text{м}^3/\text{доба}$.

$$Q_p = 1,2 \cdot 240 = 288 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Метою цієї кваліфікаційної роботи є виконання перевірного розрахунку головної водовідливної установки шахти і розробка заходів, спрямованих на підвищення її ефективності.

2.2. Аналіз роботи головної водовідливної установки шахти «Благодатна»

2.2.1. Гідравлічний опір трубопроводів і рівняння характеристики зовнішньої мережі установки

Зовнішня мережа головної водовідливної установки шахти складається з двох нагнітальних трубопроводів із зовнішнім діаметром $d_{\text{нг.з}} = 245$ мм і товщиною стінки $\delta_{\text{нг}} = 11$ мм. Один нагнітальний трубопровід робочий, другий – резервний.

Загальна довжина одного нагнітального трубопроводу для насоса, найбільш віддаленого від ствола, $L_{\text{нг}} = 280$ м.

Кожен насос має індивідуальний всмоктувальний трубопровід, які змонтовані з труб із зовнішнім діаметром $d_{\text{вс.з}} = 273$ мм і товщиною стінки $\delta_{\text{вс}} = 10$ мм.

Внутрішні діаметри трубопроводів:

нагнітального $d_{\text{нг}} = d_{\text{нг.з}} - 2\delta_{\text{нг}} = 245 - 2 \cdot 11 = 223$ мм;

всмоктувального $d_{\text{вс}} = d_{\text{вс.з}} - 2\delta_{\text{вс}} = 273 - 2 \cdot 10 = 253$ мм.

Загальна довжина всмоктувального трубопроводу для насоса, найбільш віддаленого від водозабірної колодязя, $L_{\text{вс}} = 20$ м.

Коефіцієнт гідравлічного опору нагнітального трубопроводу

Коефіцієнт гідравлічного опору нагнітального трубопроводу визначаємо для найбільш віддаленого від ствола насоса. Відповідно до гідравлічної схеми коефіцієнт опору трубопроводу обчислюється за формулою

$$\xi_{\text{нг}} = \xi_{\text{зк}} + 2\xi_{\text{з}} + 3\xi_{\text{к}90^\circ} + \xi_{\text{к}\alpha 1} + \xi_{\text{к}\alpha 2} + \xi_{\text{T}1} + 2\xi_{\text{T}2} + \lambda_{\text{нг}} \frac{L_{\text{нг}}}{d_{\text{нг}}},$$

де $\xi_{\text{зк}}$ та $\xi_{\text{з}}$ – коефіцієнти опору зворотного клапана та повністю відкритої засувки;

$\xi_{\text{к}90^\circ}$, $\xi_{\text{к}\alpha 1}$ і $\xi_{\text{к}\alpha 2}$ – коефіцієнти опору колін при повороті потоку відповідно на

90°, кут α_1 та кут α_2 ;

ξ_{T1} і ξ_{T2} – коефіцієнти опору трійників при вході потоку з відгалуження та для прохідного потоку;

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

$L_{\text{нг}}$ – загальна довжина нагнітального трубопроводу.

В розрахунку прийняті такі значення коефіцієнтів:

при $d_{\text{нг}} = 223$ мм $\xi_{3\kappa} = 2,0$;

$\xi_3 = 0,05$; $\xi_{T1} = 0,6$; $\xi_{T2} = 0,01$.

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

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

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

При $d/R_{\text{п}} = 1,0$ $\xi_{90^\circ} = 0,23$.

Кут повороту трубопроводу

при вході в трубокабельний хідник $\alpha_1 = 30^\circ$, тому $\xi_{\kappa\alpha 1} = 0,1$;

при вході в ствол $\alpha_2 = 60^\circ$, тому $\xi_{\kappa\alpha 2} = 0,17$.

У трубопроводах шахтної водовідливної установки, 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,

$$\lambda_{\text{нг}} = \frac{0,021}{d_{\text{нг}}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,223^{0,3}} = 0,033,$$

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

Загальна довжина нитки нагнітального трубопроводу $L_{\text{НГ}} = 280$ м.

Тоді коефіцієнт гідравлічного опору нагнітального трубопроводу

$$\xi_{\text{НГ}} = 2,0 + 2 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,23 + 0,1 + 0,17 + 0,6 + 2 \cdot 0,01 + 0,033 \frac{280}{0,223} = 45,11;$$

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;

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

При $d_{\text{ВС}} = 253$ мм $\xi_{\text{ПК}} = 4,2$.

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

$$\lambda_{\text{ВС}} = 0,0179 \left(\frac{1,0 + 0,867}{1,0 \cdot 0,253} \right)^{0,3} = 0,033.$$

Загальна довжина всмоктувального трубопроводу $L_{\text{ВС}} = 20$ м. Отже

$$\xi_{\text{ВС}} = 4,2 + 3 \cdot 0,23 + 0,033 \frac{20}{0,253} = 7,5.$$

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.

$$\xi = 7,5 \left(\frac{0,223}{0,253} \right)^4 + 45,11 + 1 = 50,64.$$

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 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

$$R = \frac{8 \cdot 50,64}{3600^2 \cdot 3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 0,223^4} = 1,306 \cdot 10^{-4} \text{ год}^2 / \text{м}^5.$$

Рівняння характеристики зовнішньої мережі

Характеристика зовнішньої мережі описується рівнянням

$$H_{\text{м}} = H_{\text{г}} + RQ^2,$$

де $H_{\text{м}}$ – напір, який потрібно створити в мережі; $H_{\text{г}}$ – 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 підшви приствольного двору, що регламентується [1], осі насоса над підлогою насосної камери та над відкачуваною водою, нагнітального трубопроводу над устям ствола отримуємо

$$H_{\text{г}} = H_{\text{ш}} + 3 \dots 5 = 210 + 4 = 214 \text{ м.}$$

Отже, рівняння характеристики зовнішньої мережі водовідливної установки таке:

$$H_M = 214 + 1,306 \cdot 10^{-4} Q^2, \text{ м.}$$

Складаємо таблицю для побудови графіка характеристики зовнішньої мережі установки

Таблиця 2.1.

$Q, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	0	100	200	250	300	400	500	600	700
$H_M, \text{ м}$	214	215,3	219,2	222	225,7	235	247	261	278

За даними табл. 2.1 будуюмо графік характеристики зовнішньої мережі установки.

2.2.2. 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 насосний агрегат.

Для побудови експлуатаційних характеристик насосів ЦНСШ 300 – 290 складаємо таблицю.

Таблиця для побудови експлуатаційних характеристик насоса
ЦНСШ 300 – 290

Таблиця 2.2

$Q, \text{ м}^3/\text{ГОД}$	0	100	200	250	300	360
$H_H, \text{ м}$	310	310	305	298	290	280

$\eta, \%$	0	47	68	74	79	80
$\Delta h_{\text{к}}^{\text{доп}}, \text{м}$			2,4	3,0	3,7	5,0

У таблиці прийняті такі позначення:

Q – подача насоса, м³/год; $H_{\text{н}}$ – напір насоса, м; η – ККД насоса, %;

$\Delta h_{\text{к}}^{\text{доп}}$ – допустимий кавітаційний запас насоса, м.

Графічний аналіз роботи водовідливної установки представлено на рис. 2.1, де лінія $H_{\text{м}}$ – це графік характеристики зовнішньої мережі установки; лінія $H_{\text{н}}$ – напірна характеристика насоса.

Робоча точка установки – точка B . Вона знаходиться далеко за правою межею робочої зони насоса і через це в цьому режимі роботи в насосі буде спостерігатися інтенсивна кавітація при додатній висоті всмоктування, що свідчить про неможливість експлуатації насоса в цьому режимі.

Отже, в головній водовідливній установці шахти «Благодатна» неможна включати один насос на існуючу зовнішню мережу – 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 чотирьох насосів, подачу кожного з них можна зменшити шляхом одночасного паралельного включення двох насосів.

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

Насоси ЦНСШ 300–290 в умовах головного водовідливу шахти «Благодатна» 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_3 відображає штучну характеристику зовнішньої мережі з частково прикритою засувкою, а точка N_3 відповідає новому режиму роботи насоса.

Необхідний степінь прикривання регулювальної засувки можна встановити за показаннями манометра, встановленого на нагнітанні насоса.

Цей

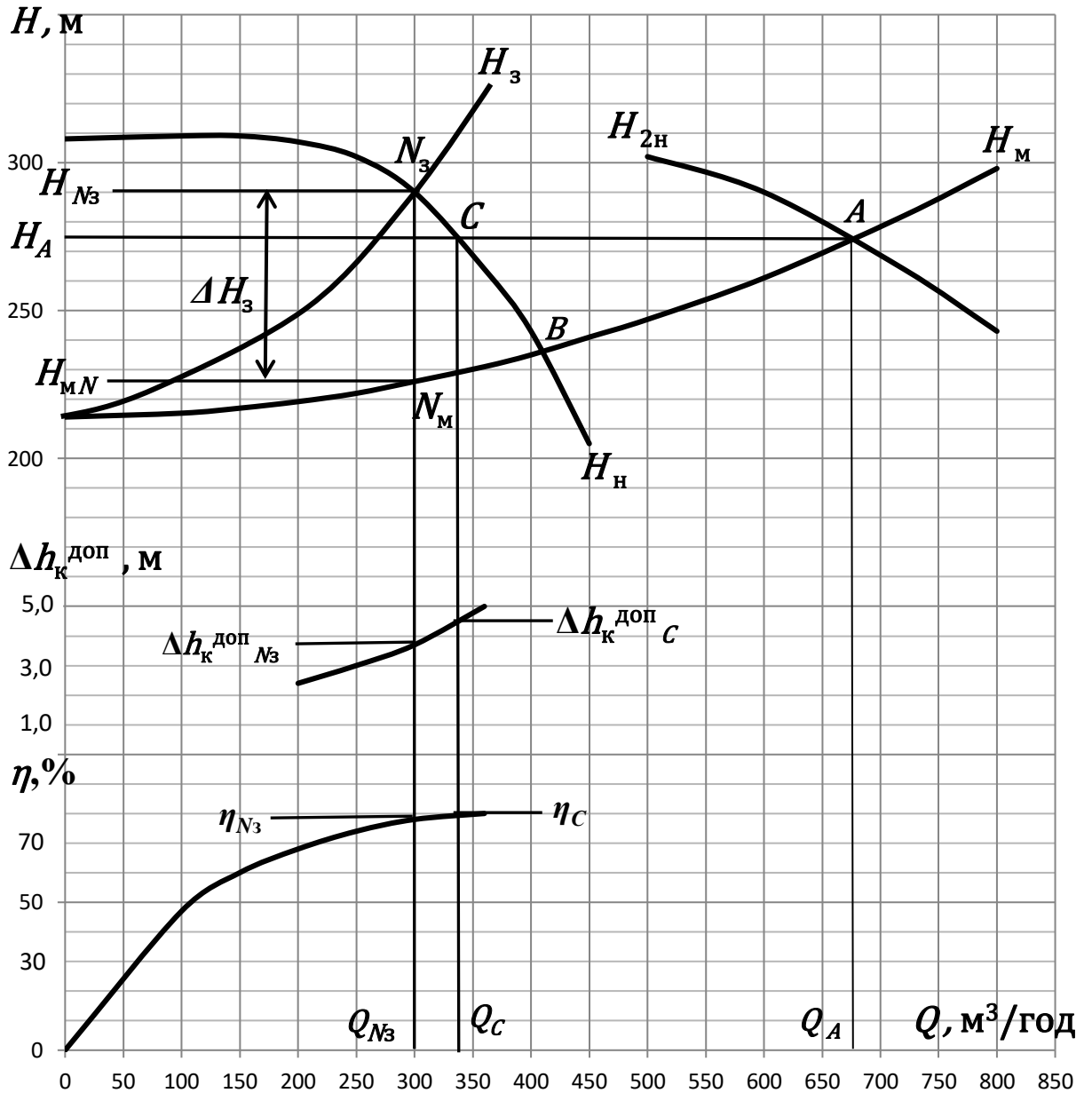


Рис. 2.1. Графічний аналіз роботи головної водовідливної установки

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 $Q_{N_3} = Q_{\text{НОМ}} = 300 \text{ м}^3/\text{Год}$.

Інші параметри роботи насоса в режимі N_3 такі:

напір $H_{N_3} = 290 \text{ м}$; ККД $\eta_{N_3} = 79 \%$; допустимий кавітаційний запас

$$\Delta h_{\text{к} N_3}^{\text{доп}} = 3,7 \text{ м.}$$

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в цьому режимі:

$$H_{\text{вс} N_3}^{\text{доп}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{нп}}}{\rho g} - \Delta h_{\text{к} N_3}^{\text{доп}} - h_{\text{вс} N_3}, \text{ м}$$

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

$p_{\text{нп}}$ — тиск насиченої пари перекачуваної води; $\rho = 1010 \text{ кг/м}^3$ — густина шахтної води;

$h_{\text{вс} N_3}$ — фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії.

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

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в режимі N_3

$$v_{\text{вс} N_3} = \frac{4Q_{N_3}}{3600\pi d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 300}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,253^2} = 1,66 \text{ м/с.}$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс} N_3} = \xi_{\text{вс}} \frac{v_{\text{вс} N_3}^2}{2g} = 7,5 \frac{1,66^2}{2 \cdot 9,81} = 1,05 \text{ м;}$$

$$H_{\text{вс} N_3}^{\text{доп}} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 3,7 - 1,05 = 5,17 \text{ м.}$$

Така геометрична висота всмоктування достатня для нормальної роботи насосів.

Показання манометра на нагнітанні в режимі N_3 , що виражені в метрах вод. ст., дорівнюють

$$M_{N_3} = H_{\text{нг.}N_3} + h_{\text{втр.нг.}N_3},$$

де $H_{\text{нг.}N_3}$ – геометрична висота нагнітання, м; $h_{\text{втр.нг.}N_3}$ – втрати напору в нагнітальному трубопроводі в цьому режимі, м.

$$H_{\text{нг.}N_3} = H_{\Gamma} - H_{\text{вс.}N_3}^{\text{доп}} = 214 - 5,17 = 206,83 \text{ м.}$$

$$h_{\text{втр.нг.}N_3} = \xi_{\text{нг}} \frac{v_{\text{нг.}N_3}^2}{2g},$$

де $v_{\text{нг.}N_3}$ – швидкість води в нагнітальному трубопроводі в режимі N_3 .

$$v_{\text{нг.}N_3} = \frac{4Q_{N_3}}{3600\pi d_{\text{нг}}^2} = \frac{4 \cdot 300}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,223^2} = 2,13 \text{ м/с;}$$

$$h_{\text{втр.нг.}N_3} = 45,11 \cdot \frac{2,13^2}{2 \cdot 9,81} = 10,5 \text{ м.}$$

$$M_{N_3} = H_{\text{нг.}N_3} + h_{\text{втр.нг.}N_3} = 206,83 + 10,5 = 217,33 \text{ м.}$$

Цьому напору відповідає надлишковий тиск

$$p_{\text{м}} = M_{N_3} \rho g,$$

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

$$p_{\text{м}} = 217,33 \cdot 1010 \cdot 9,81 = 2,17 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,17 \text{ МПа.}$$

Отже, засувку на нагнітанні насоса треба прикривати поки показання манометра не зростуть до 2,17 МПа.

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:

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

де ΔH_3 – втрата напору на регулювальній засувці, м.

$$\Delta H_3 = H_{N_3} - H_{MN},$$

де H_{MN} – напір, що витрачається в зовнішній мережі установки при витраті

$$Q_{N_3} = 300 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За рівнянням характеристики зовнішньої мережі

$$H_{MN} = H_{\Gamma} + R Q_{N_3}^2 = 214 + 1,306 \cdot 10^{-4} \cdot 300^2 = 226 \text{ м.}$$

$$\Delta H_3 = H_{N_3} - H_{MN} = 290 - 226 = 64 \text{ м.}$$

$$\Delta N_3 = \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 64}{3600 \cdot 0,79} \cdot 10^{-3} = 67 \text{ кВт.}$$

Перевірка привідного двигуна насоса.

Потужність, що споживає привідний двигун

$$N = k_3 \frac{\rho g Q_{N_3} H_{N_3}}{3600 \eta_{N_3}} 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де $k_3 = 1,05$ – коефіцієнт запасу.

$$N = 1,05 \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 290}{3600 \cdot 0,79} 10^{-3} = 318 \text{ кВт.}$$

В установці в якості привідних двигунів використовуються асинхронні трифазні короткозамкнені електродвигунами ВАО2–560М–4 потужністю 500 кВт, тобто потужність існуючих привідних двигунів достатня.

Технічна характеристика привідного двигуна ВАО2–560М–4

Номинальна потужність, кВт	500
Частота обертання, об/хв.	1485
ККД, %	94,5

Техніко-економічні показники роботи головної водовідливної

установки при частково прикритій засувці

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_H = \frac{Q_H \cdot 24}{Q_{N_3}} = \frac{225 \cdot 24}{300} = 18 \text{ год};$$

– при максимальному припливі:

$$T_M = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_{N_3}} = \frac{240 \cdot 24}{300} = 19,2 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$E_3 = 1,05 \frac{\rho g Q_{N_3} H_{N_3} \cdot 10^{-6}}{3,6 \eta_{N_3} \eta_d \eta_{\text{ем}}} [(365 - n_M) T_H + n_M T_M], \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

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.

$$\begin{aligned} E_3 &= 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 290 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,79 \cdot 0,945 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60)18 + 60 \cdot 19,2] = \\ &= 2354576 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}; \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$\begin{aligned} e_3 &= \frac{E_3}{Q_{N_3} [(365 - n_M) T_H + n_M T_M]} = \frac{2354576}{300 \cdot [(365 - 60)18 + 60 \cdot 19,2]} = \\ &= 1,182 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}. \end{aligned}$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_3 = \frac{e_3 \cdot 10^6}{\rho H_r} = \frac{1,182 \cdot 10^6}{1010 \cdot 214} = 5,47 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Середньорічна втрата електроенергії на регулювальній засувці

$$\Delta E_3 = \Delta N_3 [(365 - n_M) T_H + n_M T_M] = 67 \cdot [(365 - 60)18 + 60 \cdot 19,2] =$$

$$= 445014 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Виконаний аналіз роботи існуючої головної 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 445014 кВт·год/рік, що складає 18,9 % від середньорічної витрати електроенергії на водовідлив.

2.2.4. Аналіз роботи головної водовідливної установки при паралельному включенні двох насосів

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 $H_{2н} = f_1(Q)$. 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 $\Delta h_{\text{к}}^{\text{доп}} = f_3(Q)$.

Графічний аналіз роботи головної водовідливної установки шахти «Благодатна» при паралельній роботі двох насосів наведений на рис. 2.1. На цьому рисунку сумарна напірна характеристика двох насосів позначена $H_{2\text{н}}$.

Робоча точка агрегату – це точка *A*. Параметри роботи агрегату:
подача $Q_A = 680 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_A = 275 \text{ м}$.

Робоча точка кожного окремого насоса – точка *C*. Параметри роботи кожного насоса:

подача $Q_C = 340 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_C = H_A = 275 \text{ м}$; ККД $\eta_C = 80\%$;
допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{\text{к}C}^{\text{доп}} = 4,6 \text{ м}$.

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в режимі *C*:

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

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

$p_{\text{нп}}$ – тиск насиченої пари перекачуваної води; $h_{\text{вс.}C}$ – фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії в режимі *C*.

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в цьому режимі

$$v_{\text{вс.}C} = \frac{4Q_C}{3600\pi d_{\text{вс}}^2} = \frac{4 \cdot 340}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,253^2} = 1,88 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}C} = \xi_{\text{вс}} \frac{v_{\text{вс}C}^2}{2g} = 7,5 \frac{1,88^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ м};$$

$$H_{\text{вс}C}^{\text{доп}} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 4,6 - 1,35 = 3,97 \text{ м}.$$

Отже, кожен насос у складі агрегату з двох насосів працюватиме з максимальним для даного типу насосів ККД і з достатньо високою допустимою геометричною висотою всмоктування. Робота насосів буде стабільною, так як

$$H_0 = 310 \text{ м} > 1,1H_r = 1,1 \cdot 214 = 235 \text{ м},$$

де $H_0 = 310 \text{ м}$ – напір насоса при нульовій подачі.

Перевірка привідного двигуна насоса

Потужність, що споживає привідний двигун

$$N_c = k_3 \frac{\rho g Q_c H_c}{3600 \eta_c} 10^{-3}, \text{ кВт}$$

де $k_3 = 1,05$ – коефіцієнт запасу.

$$N = 1,05 \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 340 \cdot 275}{3600 \cdot 0,8} 10^{-3} = 338 \text{ кВт}.$$

Потужність існуючих привідних двигунів ВАО2–560М–4 потужністю 500 кВт достатня.

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

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_{HC} = \frac{Q_H \cdot 24}{Q_A} = \frac{225 \cdot 24}{680} = 8 \text{ год};$$

– при максимальному припливі:

$$T_{MC} = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_A} = \frac{240 \cdot 24}{680} = 8,5 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$E_c = 1,05 \frac{2\rho g Q_c H_c \cdot 10^{-6}}{3,6 \eta_c \eta_d \eta_{em}} [(365 - n_m) T_{HC} + n_m T_{MC}] =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{2 \cdot 1010 \cdot 9,81 \cdot 340 \cdot 275 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,8 \cdot 0,945 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60)8 + 60 \cdot 8,5] =$$

$$= 2219706 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} ;$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$e_c = \frac{E_c}{Q_A [(365 - n_m) T_{HC} + n_m T_{MC}]} = \frac{2219706}{640 \cdot [(365 - 60)8 + 60 \cdot 8,5]} =$$

$$= 1,176 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} .$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_c = \frac{e_c \cdot 10^6}{\rho H_T} = \frac{1,176 \cdot 10^6}{1010 \cdot 214} = 5,44 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}} .$$

Виконані розрахунки показують, що при паралельному включенні двох насосів середньорічна витрата електроенергії на водовідлив в умовах головної водовідливної установки шахти «Благодатна» дещо менша, ніж при дроселюванні потоку на нагнітанні шляхом часткового прикривання засувки – в абсолютному вимірі економія електроенергії складає

$$\Delta E = E_3 - E_c = 2354576 - 2219706 = 134870 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} ;$$

у відносному вимірі

$$\delta E = \frac{\Delta E}{E_3} 100\% = \frac{134870}{2354576} \cdot 100\% = 5,7 \%$$

Така незначна економія електроенергії робить у даних умовах більш прийнятним регулювання насосів шляхом часткового прикривання засувки, зважаючи на те, що цей спосіб набагато простіший у реалізації та більш надійний, ніж паралельне включення насосів.

Розрахунки показують, що при використанні обох можливих схем експлуатації головного водовідливу шахти – як з частково прикритою засувкою на нагнітанні насоса так і при паралельному включенні двох насосів – доцільно замінити привідний електродвигун ВАО2-560М-4

потужністю 500 кВт на менш потужний електродвигун ВАО4-450LB-4 потужністю 400 кВт.

Технічна характеристика асинхронного трифазного вибухонебезпечного електродвигуна ВАО4-450LB-4

Номінальна потужність, кВт	400
Частота обертання, об/хв.	1480
ККД, %	95,3

2.2.5. Визначення потрібного степеня обточування робочих коліс насоса ЦНСШ 300–290 і параметрів роботи установки з обточеними колесами

Для нормалізації роботи насосів головного водовідливу в умовах шахти «Благодатна» можна використати ще один метод – регулювання шляхом обточування робочих коліс насосів. Цей метод широко використовується на практиці для регулювання режиму роботи відцентрових насосів різних типів. Відносно до секційних насосів цей спосіб реалізується обточуванням лише лопаток колеса, а зовнішній діаметр дисків залишається без змін. При обточуванні колеса змінюються індивідуальні експлуатаційні характеристики насоса та спостерігається незначне зменшення ККД. Незмінною залишається лише кавітаційна характеристика.

Через порушення геометричної подібності коліс при обточуванні, перерахунок характеристик насосів не можна виконувати за допомогою рівнянь подібності. Експериментально встановлено, що при зменшенні зовнішнього діаметра робочого колеса від D_2 до D'_2 характеристики насоса змінюються по різному залежно від їх швидкохідності. Від швидкохідності насосів залежить також допустимий степінь обточування робочих коліс і величина зменшення ККД насосів.

Коефіцієнт швидкохідності насосів n_s визначається за формулою [3]:

$$n_s = 3,65n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}},$$

де Q – номінальна подача насоса, м³/с; H – номінальний напір насоса, м, n – номінальна частота обертання вала, об/хв.

При визначенні n_s для багатоступеневих насосів враховують напір, створюваний одним робочим колесом, тобто в цьому разі n_s характеризує швидкохідність не всієї машини, а лише одного її ступеня. Насоси ЦНСШ 300–290 чотирьохступеневі, їх номінальна подача $Q = 300$ м³/год, номінальний напір одного робочого колеса $h_1 = 72,5$ м вод. ст., номінальна частота обертання вала $n = 1475$ об/хв., тому їх швидкохідність

$$n_s = 3,65 \cdot 1475 \cdot \frac{\left(\frac{300}{3600}\right)^{1/2}}{72,5^{3/4}} = 62,6.$$

Для насосів із коефіцієнтом швидкохідності $n_s \leq 200$ перерахунок характеристик виконують за рівняннями [3]:

$$\frac{Q_1}{Q'_1} = \frac{D_2}{D'_2}; \quad \frac{H_1}{H'_1} = \left(\frac{D_2}{D'_2}\right)^2, \quad (2.1)$$

де Q_1 і H_1 – координати довільної точки на паспортній напірній характеристиці насоса з діаметром робочого колеса D_2 ;

Q'_1 і H'_1 – координати відповідної точки на напірній характеристиці насоса з діаметром робочого колеса D'_2 .

Максимально допустимий степінь обточування робочого колеса відцентрового насоса при $n_s = 60 \dots 120$ становить 20 ... 15 %.

Степінь обточування – це відносне зменшення діаметра робочого колеса і визначається за формулою

$$\delta = \frac{D_2 - D'_2}{D_2} \cdot 100\%.$$

Практикою встановлено, що при $n_s = 60 \dots 120$ на кожні 10% обточування колеса ККД насоса зменшується на 1%, при $n_s > 120$ на кожні 4% обточування ККД зменшується на 1% [3].

Визначимо діаметр робочого колеса, при якому насос працюватиме на існуючу зовнішню мережу шахти з номінальною подачею $Q_{\text{ном}} = 300 \text{ м}^3/\text{год}$. Розрахунок будемо виконувати за методикою, викладеною в [3]. Необхідні для розрахунку графіки наведені на рис. 2.2. Порядок розрахунку наступний:

1) На характеристиці зовнішньої мережі водовідливної установки намічаємо точкою 1 бажаний режим роботи насоса і записуємо рівняння кривої відповідності, що проходить через цю точку. У даному випадку параметри режиму 1 такі: подача $Q_1 = Q_{\text{ном}} = 300 \text{ м}^3/\text{год}$;

напір H_1 визначаємо з графіка характеристики зовнішньої мережі – $H_1 = 226 \text{ м}$.

Рівняння кривої відповідності таке:

$$H = \frac{H_1}{Q_1^2} Q^2 = \frac{226}{300^2} Q^2 = 0,00251 Q^2. \quad (2.2)$$

2) Складаємо таблицю для побудови кривої відповідності (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

$Q,$ $\text{м}^3/\text{год}$	0	100	150	200	250	300	360
$H_{\text{м}}, \text{м}$	0	25,1	56,5	100,4	156,9	226	325,3

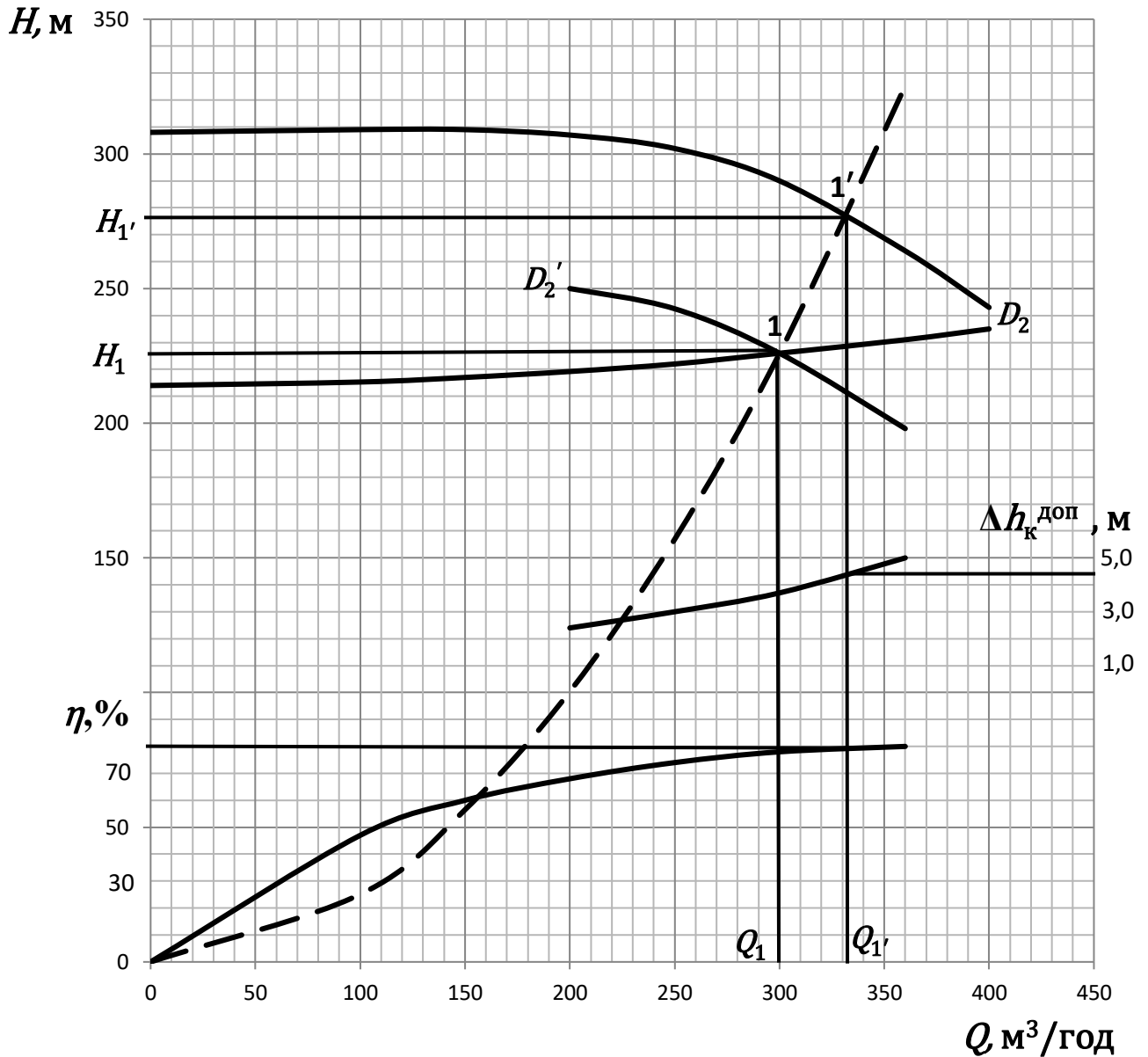


Рис. 2.2. Графічний аналіз роботи головної водовідливної установки з обточеними робочими колесами насоса ЦНСШ 300-290

Точка перетину кривої відповідності з вихідною напірною характеристикою насоса дає режим роботи 1', що є відповідним до режиму 1. Параметри режиму 1': подача $Q_{1'} = 332 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_{1'} = 277 \text{ м}$; ККД $\eta_{1'} = 80\%$; допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{\text{к}1'}^{\text{доп}} = 4,4 \text{ м}$.

Пов'язуючи між собою параметри режимів 1 і 1', знаходимо необхідний діаметр робочого колеса. Відповідно до рівняння (1)

$$D'_2 = D_2 \frac{Q_1}{Q'_1}$$

Номінальний діаметр робочого колеса насоса ЦНСШ 300 – 290 $D_2 = 445$ мм.

Отже, для заданих умов потрібний діаметр робочого колеса насоса

$$D'_2 = D_2 \frac{300}{332} = 445 \cdot \frac{300}{332} = 402 \text{ мм.}$$

Потрібний степінь обточування робочих коліс

$$\delta = \frac{445 - 402}{445} \cdot 100 = 9,66\%$$

$\delta < 20 \dots 15\%$, тобто він не перевищує допустимого значення для насосів з $n_s = 62,6$.

3) Визначаємо параметри роботи установки при обточених робочих колесах насоса. Для цього складаємо таблицю для побудови напірної характеристики насоса при діаметрі робочого колеса $D'_2 = 402$ мм. Перерахунок вихідної напірної характеристики виконуємо за рівняннями (2.1), де

$$\frac{D'_2}{D_2} = \Delta = \frac{402}{445} = 0,9037;$$

3) Напірна характеристика насоса з обточеними робочими колесами перетинається з характеристикою зовнішньої мережі в точці 1 – це нова робоча точка установки.

Таблиця для побудови перерахованої напірної характеристики

Таблиця 2.4

$Q, \text{ м}^3/\text{год}$	$H_H, \text{ м}$	$Q' = Q\Delta, \text{ м}^3/\text{год}$	$H'_H = H\Delta^2, \text{ м}$
0	308	0	252
221,3	306	200	250
277	297	250	242,5
332	277	300	226

398,4	243	360	198
-------	-----	-----	-----

Нові параметри роботи водовідливної установки:

подача $Q_1 = Q_H = 300 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H_1 = 226 \text{ м}$;

допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{к1}^{\text{доп}} = \Delta h_{к1'}^{\text{доп}} = 4,4 \text{ м}$;

ККД насоса

$$\eta_1 = \eta_1' - \Delta\eta,$$

де $\Delta\eta$ – зниження ККД насоса через обточування робочого колеса.

Для насосів із швидкохідністю $n_s = 62,6$ при степені обточування

$$\delta = 9,66\% \quad \Delta\eta = 1\%.$$

Тоді ККД насоса в новому режимі роботи

$$\eta_1 = 80 - 1 = 79\%.$$

Визначення відповідності насоса ЦНСШ 300-290 заданим умовам при обточених робочих колесах

Фактична подача насоса повинна бути не менше розрахункової, тобто

$$Q_1 = 300 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \geq Q_p = 288 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} -$$

подача установки достатня.

Робота насосної установки буде стабільною, коли характеристика зовнішньої мережі перетинається з напірною характеристикою насоса в одній точці. Умова стабільної роботи така:

$$H_0 \geq 1,1 H_r,$$

де H_0 – напір насоса при нульовій подачі.

З табл. 2.4 при обточених робочих колесах $H_0 = 252 \text{ м}$.

$252 \text{ м} > 1,1 \cdot 214 = 235,4 \text{ м}$ – умова стабільної роботи насоса виконується.

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

$$\eta_1 \geq 0,9 \cdot \eta_{max},$$

де $\eta_{max} = 80\%$ – максимальний ККД насоса ЦНСШ 300-290.

$$\eta_1 = 79\% \geq 0,9 \cdot 80 = 72\% -$$

умова економічної роботи насоса виконується.

Визначимо допустиму геометричну висоту всмоктування в режимі 1:

$$H_{BC1}^{доп} = \frac{p_{атм} - p_{нп}}{\rho g} - \Delta h_{к1}^{доп} - h_{BC1}, \text{ м}$$

h_{BC1} – фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії.

Швидкість потоку в усмоктувальній лінії в режимі 1:

$$v_{BC1} = \frac{4Q_1}{3600\pi d_{BC}^2} = \frac{4 \cdot 300}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,253^2} = 1,66 \text{ м/с.}$$

Фактичні втрати напору в усмоктувальній лінії в режимі 1:

$$h_{BC1} = \xi_{BC} \frac{v_{BC1}^2}{2g} = 7,5 \frac{1,66^2}{2 \cdot 9,81} = 1,05 \text{ м;}$$

$$H_{BC1}^{доп} = \frac{100000 - 1704}{1010 \cdot 9,81} - 4,4 - 1,05 = 4,47 \text{ м.}$$

Така геометрична висота всмоктування достатня для нормальної роботи насосів.

Перевірка привідного двигуна насоса.

Потужність, що споживатиме привідний двигун при обточених робочих колесах:

$$N = k_3 \frac{\rho g Q_1 H_1}{3600 \eta_1} 10^{-3} = 1,05 \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 226}{3600 \cdot 0,79} 10^{-3} = 248 \text{ кВт.}$$

Отже, при обточуванні робочих коліс насоса можна замінити електродвигун ВАО2–560М–4 потужністю 500 кВт, який використовується зараз, на менш потужний двигун ВАО2-315М-4, потужністю 250 кВт.

Технічна характеристика асинхронного трифазного вибухонебезпечного електродвигуна ВАО2-315М-4

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

Визначаємо техніко-економічні показники роботи головної водовідливної установки при обточених робочих колесах.

Фактична тривалість відкачування води впродовж доби:

– при нормальному припливі:

$$T_H = \frac{Q_H \cdot 24}{Q_1} = \frac{225 \cdot 24}{300} = 18 \text{ год};$$

– при максимальному припливі:

$$T_M = \frac{Q_{\text{макс}} \cdot 24}{Q_1} = \frac{240 \cdot 24}{300} = 19,2 \text{ год}$$

Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив

$$E_{\text{обт}} = 1,05 \frac{\rho g Q_1 H_1 \cdot 10^{-6}}{3,6 \eta_1 \eta_d \eta_{em}} [(365 - n_M) T_H + n_M T_M] =$$

$$= 1,05 \cdot \frac{1010 \cdot 9,81 \cdot 300 \cdot 226 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,79 \cdot 0,945 \cdot 0,95} \cdot [(365 - 60)18 + 60 \cdot 19,2] =$$

$$= 1834946 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}};$$

Питома витрата електроенергії на відкачування 1 м³ води

$$e_{\text{обт}} = \frac{E_{\text{обт}}}{Q_1 [(365 - n_M) T_H + n_M T_M]} = \frac{1834946}{300 \cdot [(365 - 60)18 + 60 \cdot 19,2]}$$

$$=$$

$$= 0,921 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}.$$

Питома витрата електроенергії на 1 тонно-кілометр водопідйому

$$e'_{\text{обт}} = \frac{e_{\text{обт}} \cdot 10^6}{\rho H_{\Gamma}} = \frac{0,921 \cdot 10^6}{1010 \cdot 214} = 4,26 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{т} \cdot \text{км}}.$$

Розрахунки показують, що при відкачуванні води головним водовідливом шахти «Благодатна» при обточених робочих колесах насосів ЦНСШ 300–290 середньорічна витрата електроенергії на водовідлив у порівнянні з роботою при частково прикритій засувці зменшується на

$$\Delta E_{\text{обт}} = E_3 - E_{\text{обт}} = 2354576 - 1834946 = 519630 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}},$$

або на

$$\delta_{\text{обт}} = \frac{\Delta E_{\text{обт}}}{E_3} \cdot 100 = \frac{519630}{2354576} \cdot 100 = 22\%.$$

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 канавах 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 $0,6 \text{ м}^2$, товщиною не менше 3 мм і довжиною не менше $2,5 \text{ м}$. 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 мм^2 , 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 $1,5 \text{ м}$. 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 $1,4 \text{ м}$. 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 мм^2 або з міді перерізом не менше 25 мм^2 болтовими з'єднаннями або зварюванням при забезпеченні надійного контакту. Послідовне приєднання установки, 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 $0,75 \text{ м}^2$, 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 біля стволового 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 покриття, засоби для встановлення підйомного 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.

6) 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 закріплюються 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 шумопоглинаючим кожухом 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 наушниками.

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.

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. Гідравлічні та аеродинамічні машини: Навчальний посібник / М.В. Холоменюк, А.В. Ткачук, Д.М. Онопрієнко – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. – 355 с.
4. 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»

Тинкована Олега Віталійовича на тему:

«Проект удосконалення головної водовідливної установки шахти
«Благодатна» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“»

Мета кваліфікаційної роботи – підвищення енергетичної та експлуатаційної ефективності головної водовідливної установки шахти «Благодатна» за рахунок корегування робочих режимів насосів.

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» – проектування, аналіз роботи, експлуатація енергомеханічних комплексів гірничих підприємств.

Обрана тема актуальна через те, що надійна робота водовідливного комплексу є необхідною умовою діяльності шахти, а зважаючи на високу енергоємність установки важливо також забезпечити мінімальні витрати електроенергії при її експлуатації.

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 4,5 м. Впровадження рекомендацій дозволить зменшити потужність привідних двигунів насосів з 500 кВт до 250 кВт і знизити середньорічну витрату електроенергії на водовідлив більше ніж на 500 тис. кВт·год або на 22%.

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 Тинкована Олега 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»

Тинкована Олега Віталійовича на тему:

«Проект удосконалення головної водовідливної установки шахти
«Благодатна» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“»

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»

Тинкована Олега Віталійовича на тему:

«Проект удосконалення головної водовідливної установки шахти
«Благодатна» ПрАТ „ДТЕК „Павлоградвугілля“»

Кваліфікаційна робота ступеня бакалавр студента академічної групи 184-17ск -1 ММФ Тинкована Олега Віталійовича представлена пояснювальною запискою на 53 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 та енергетичної ефективності головної водовідливної установки шахти «Благодатна».

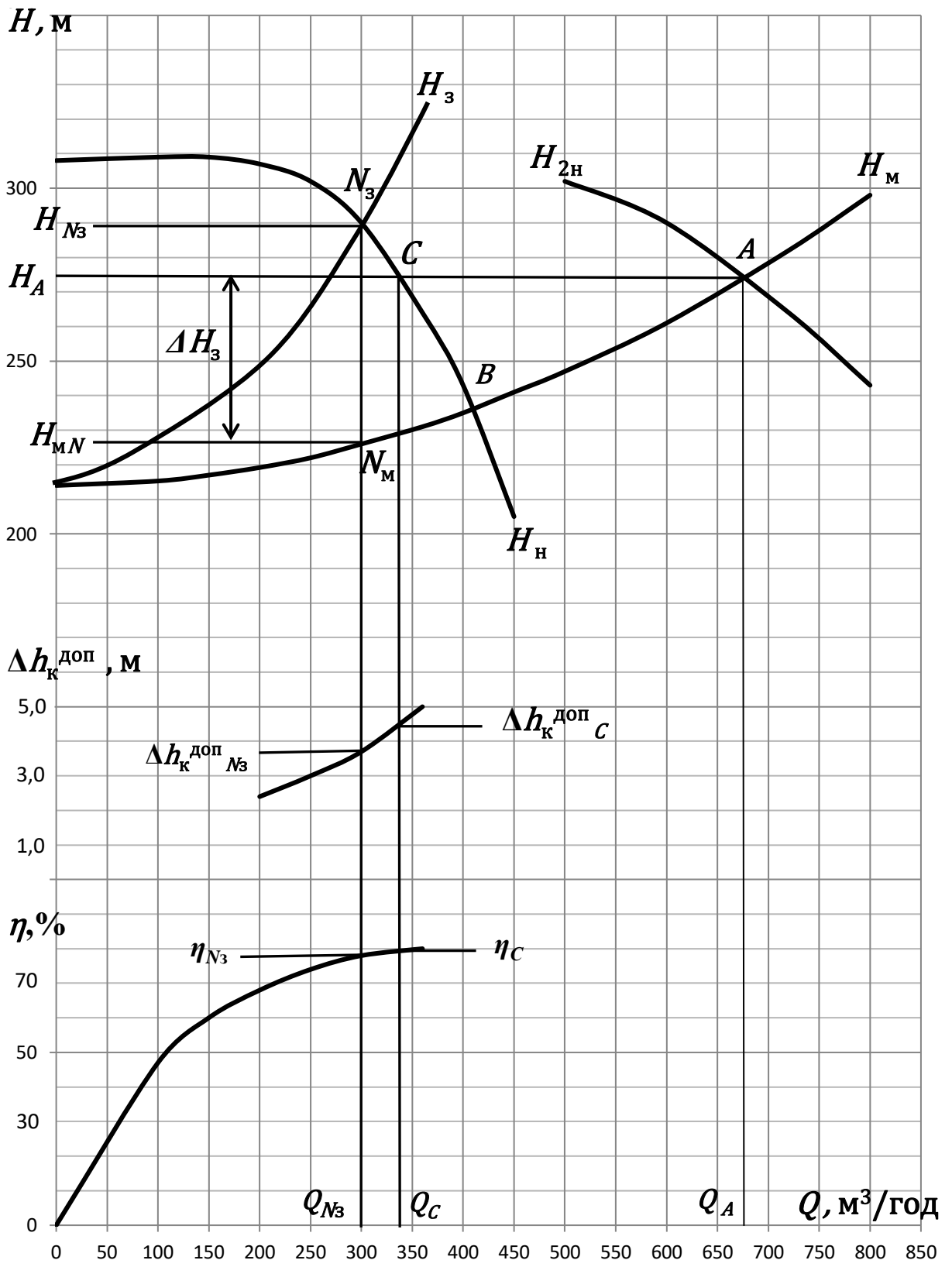
На основі виконаного аналізу показано, що насоси існуючої головної водовідливної установки шахти «Благодатна» працюють за межею своєї робочої зони з низьким ККД і з кавітацією при додатній висоті всмоктування. Через це їх можна експлуатувати лише при частково прикритій засувці на нагнітанні. Відомо, що цей спосіб регулювання режиму роботи насосів енерговитратний. Тому в роботі були проаналізовані ще два інші методи зменшення подачі насосів – за рахунок паралельного підключення двох насосів до одного нагнітального трубопроводу та шляхом обточування робочих коліс. В роботі показано, що в умовах головного водовідливу шахти «Благодатна» ефективним є метод регулювання режиму роботи насосів шляхом обточування їх робочих коліс. При зменшенні діаметра робочих коліс з 445 мм до 402 мм насоси будуть працювати на існуючу зовнішню мережу з номінальною подачею, стабільно і з практично

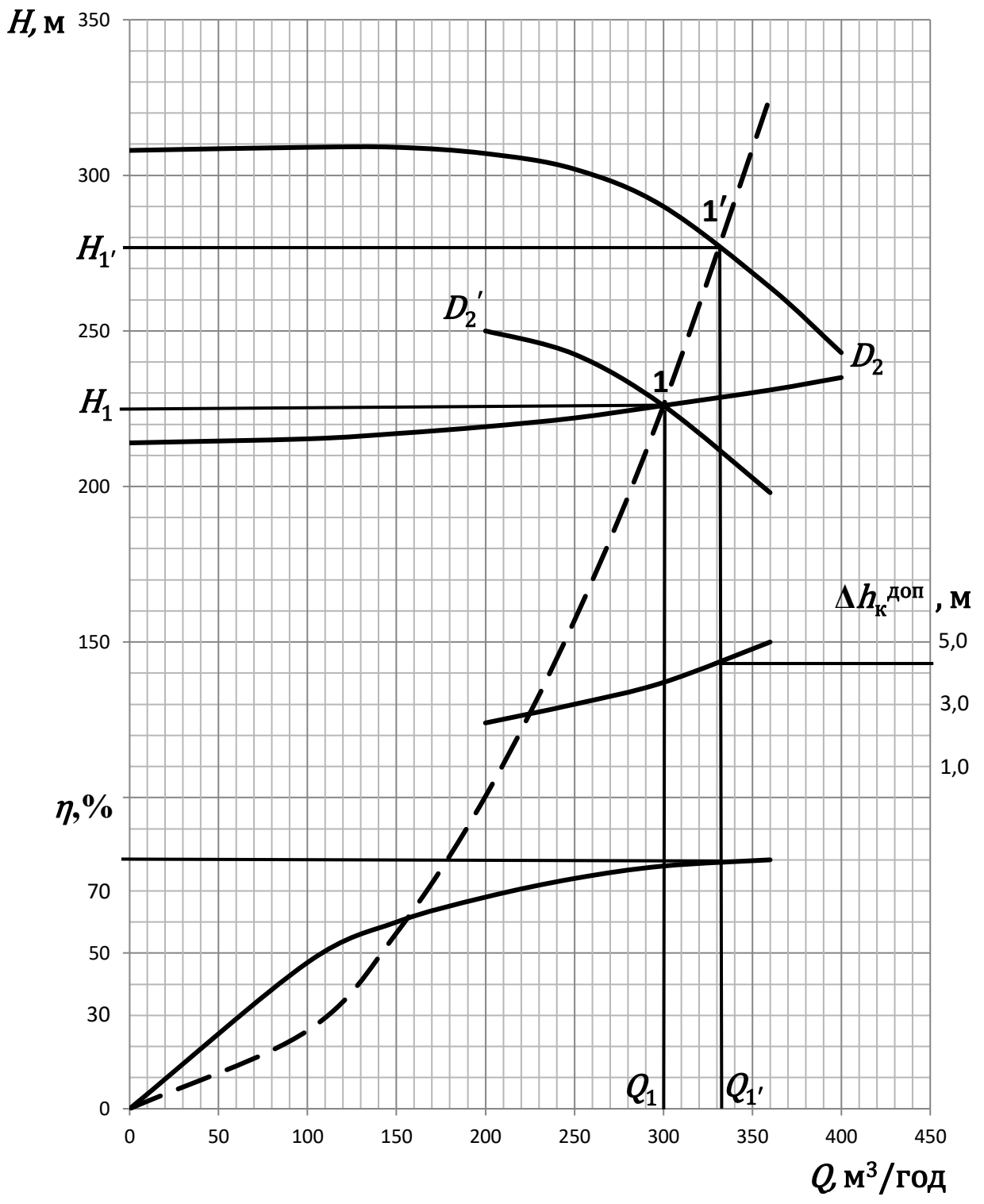
максимальним ККД для насосів цього типу. Без кавітації насоси з обточеними робочими колесами будуть працювати при геометричній висоті всмоктування до 4,47 м. Для приводу насосів достатньо буде використовувати асинхронні електродвигуни ВАО2-315М-4 потужністю 250 кВт замість двигунів потужністю 500 кВт, що використовуються зараз. Середньорічна витрата електроенергії на водовідлив зменшиться на 519630 кВт·год або на 22 % у порівнянні з роботою при частково прикритій засувці.

Вважаю, що в цілому кваліфікаційна робота студента Тинкована Олега 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

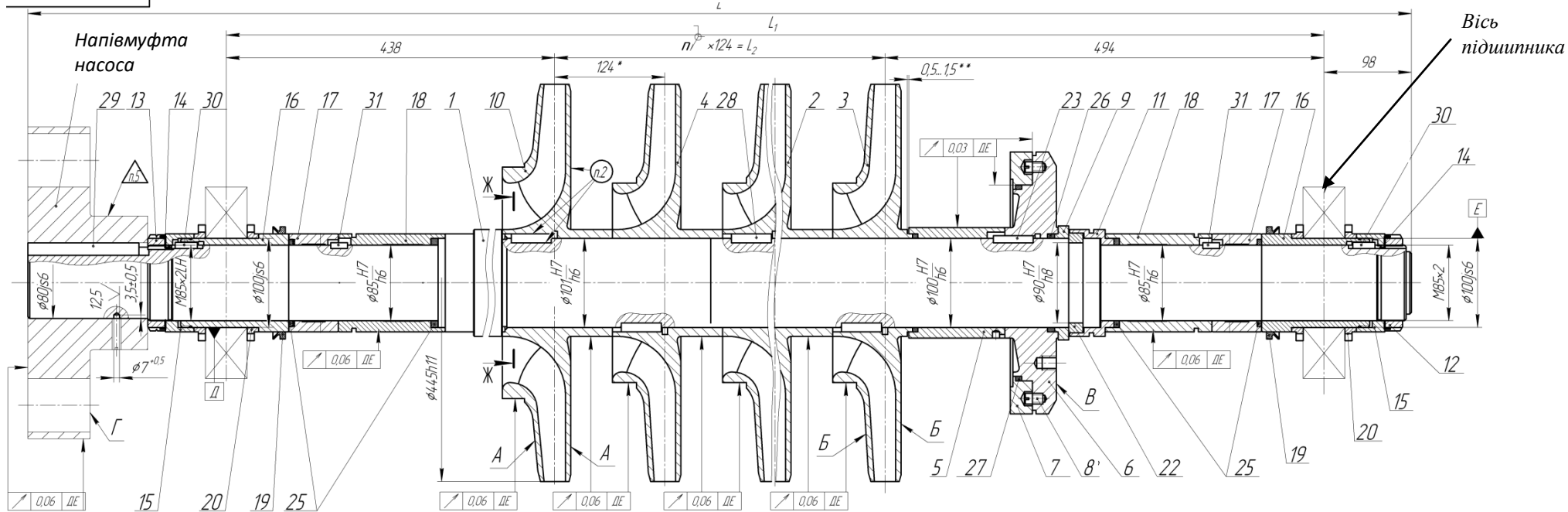
Д.Л. Колосов





Ротор насоса

Лист 1010177П



Робоче колесо

Д (1:2,5)

6,3

7 лопатей

