

Тема: «Розробка режимів експлуатації ГНПС і прилеглої ділянки магістрального нафтопроводу»

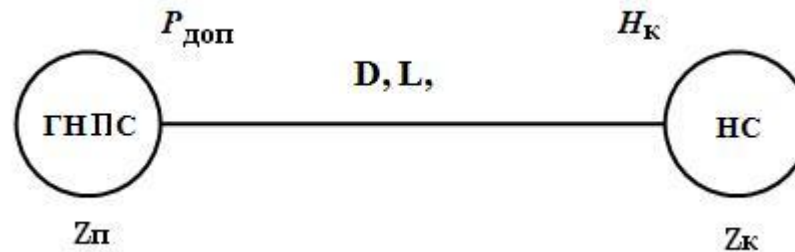
*Виконав студент групи НІПм-18-1
Марчук Роман Іванович*

*Керівник:
доктор технічних наук
Середюк Марія Дмитрівна*

Мета проекту:

1. Дослідження впливу температури на основні фізичні властивості транспортованої нафти.
2. Розрахунок пропускної здатності системи головна нафтоперекачувальна станція (ГНПС) – прилегла ділянка нафтопроводу.
3. Розрахунок параметрів регулювання режимів роботи системи ГНПС- прилегла ділянка нафтопроводу

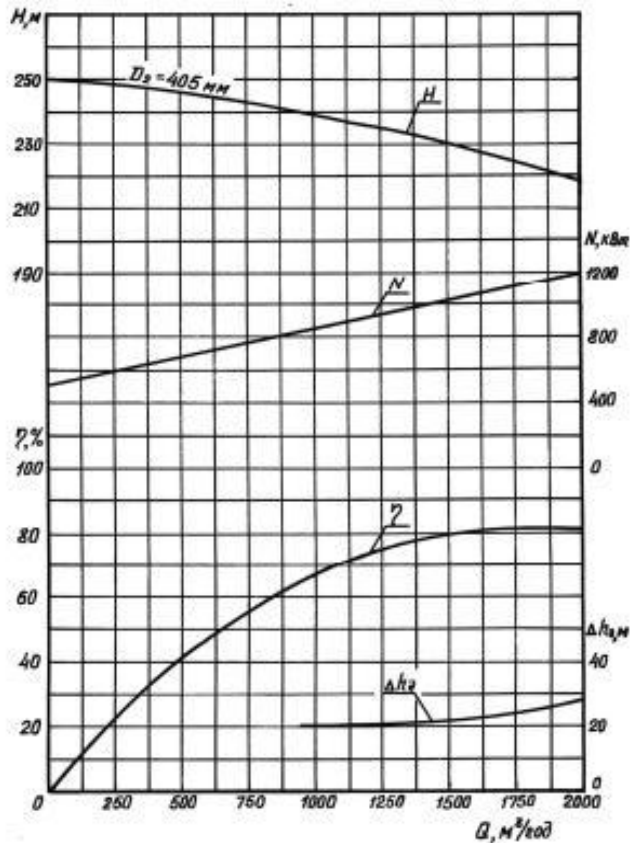
Вихідні дані для курсового проекту:



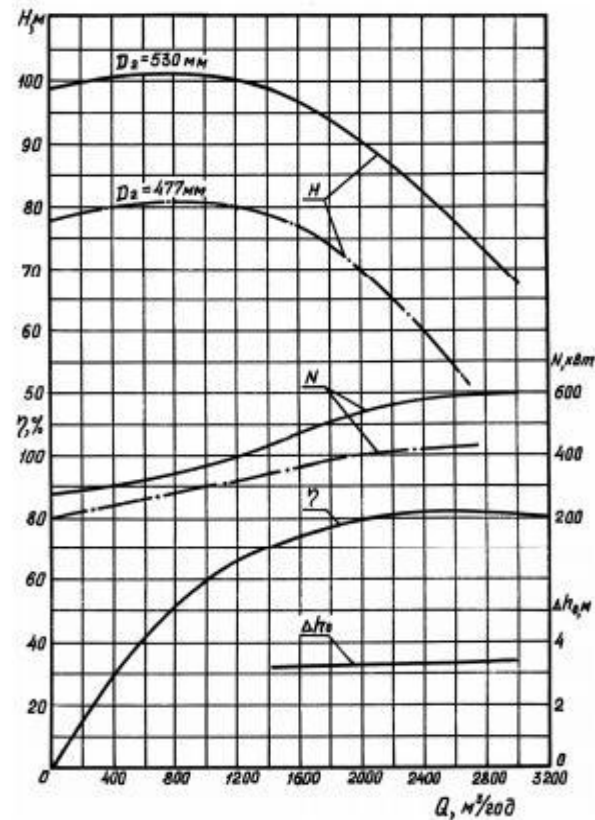
Розрахункова схема системи ГНС - прилегла ділянка трубопроводу

- Внутрішній діаметр трубопроводу – 704 мм;
- Довжина трубопроводу – 122 км;
- Різниця геодезичних позначок – 165 м;
- Густина нафти при температурі 20 °С – 869 кг/м³ ;
- Кінематична в'язкість при температурах:
 - 0 °С – 50 сСт та 20 °С – 18 сСт ;
- Тип насоса: - основний НМ 2500-230 з змінним ротором 0,7 ;
- - підпірний НПВ 2500-80 ;
- Максимально допустимий тиск – 5 Мпа.

Характеристика основного та підпірного насосів



Характеристики насоса НМ 2500-230
з ротором 0,7 ($Q=1800 \text{ м}^3/\text{год}$, $n=3000 \text{ об/хв}$)



Характеристики насоса
НПВ 2500-80 ($n=1480 \text{ об/хв}$)

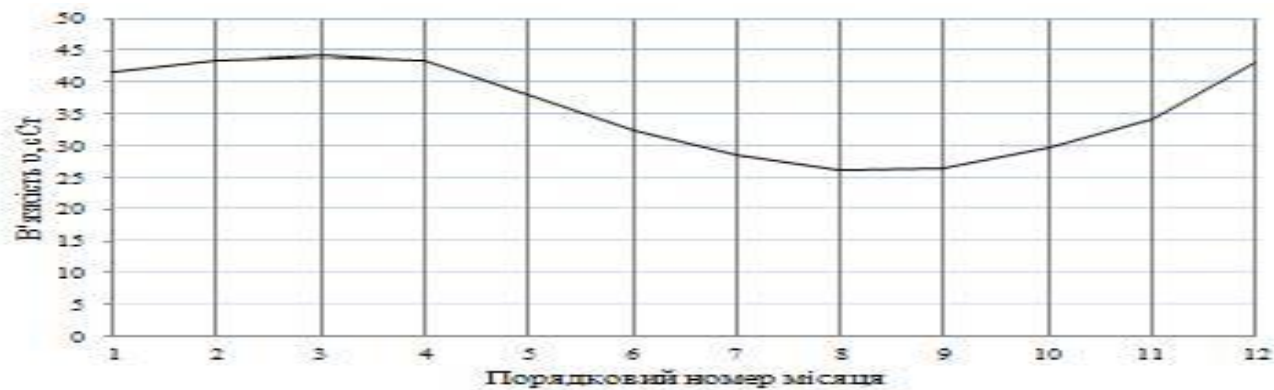


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни кінематичної в'язкості нафти протягом року

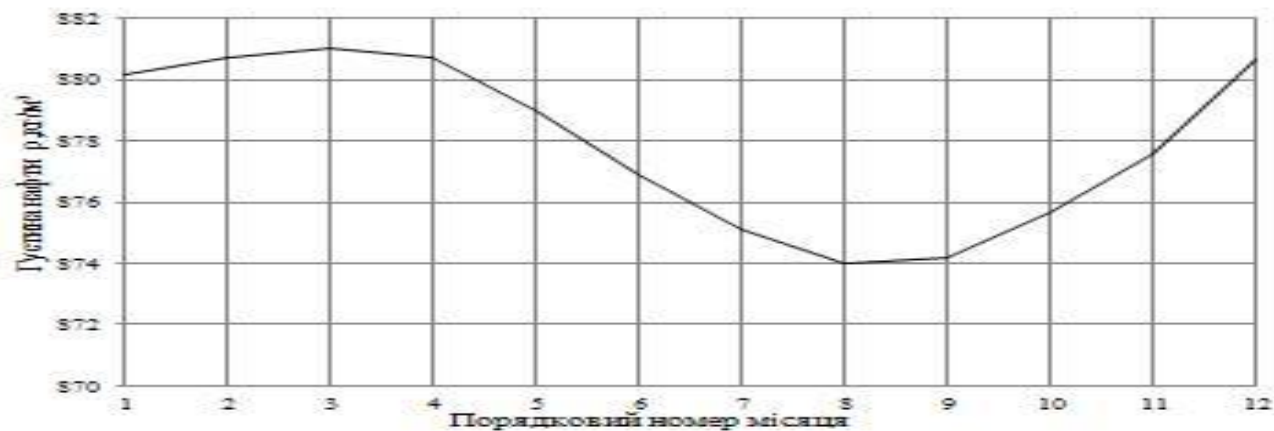


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни густини нафти протягом року

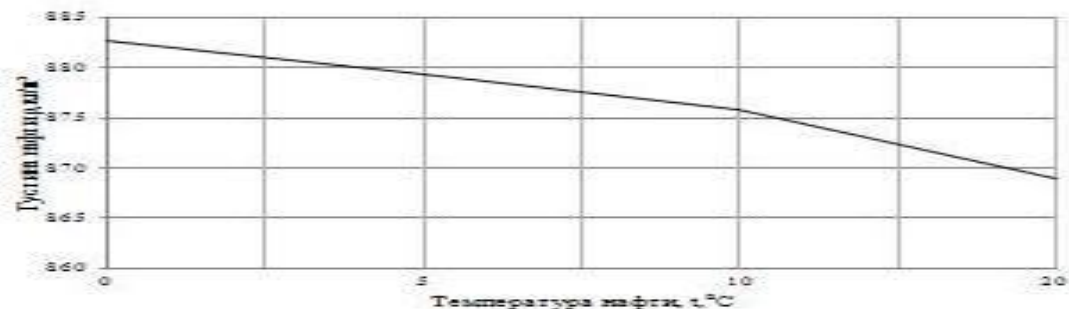


Рисунок 1.3 – Залежність густини нафти від температур в діапазоні температур (0-20 $^{\circ}\text{C}$)

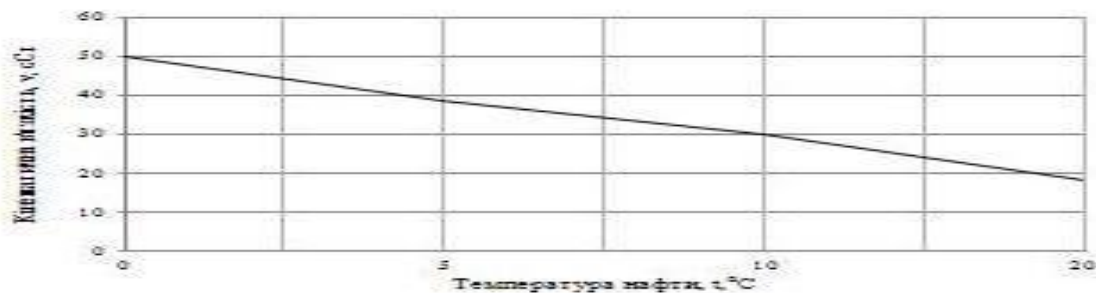


Рисунок 1.4 - Залежність кінематичної в'язкості нафти від температур в діапазоні (0-20 $^{\circ}\text{C}$)

Провівши аналіз змін в'язкості і густини нафти за місяцями протягом року можна зробити наступні висновки. Зміна в'язкості нафти в залежності від температури має експонентний характер і її значення зменшується при збільшенні температури. Залежність густини нафти від температури є пропорційно-лінійною і її значення зменшується при збільшенні температури.

Алгоритм визначення пропускної здатності системи ГНПС – прилегла ділянка трубопроводу

Пропускна здатність системи ГНПС – прилегла ділянка трубопроводу визначається методом ітерацій по витраті транспортованої рідини для кожного значення розрахункової температури нафти.

Задаємося першим наближенням годинної витрати $Q_{год i}$, яке значно менше за пропускну здатність системи.

Визначаємо секундну витрату рідини у трубопроводі за формулою

$$Q_i = \frac{Q_{год i}}{3600}.$$

Знаходимо середню швидкість руху рідини в трубопроводі

$$w_i = \frac{4 \cdot Q_i}{\pi \cdot D^2}.$$

Визначаємо число Рейнольдса

$$Re_i = \frac{w_i \cdot D}{\nu_i}.$$

Коефіцієнт гідравлічного опору обчислюється за формулою Блазіуса

$$\lambda_i = \frac{0,3164}{\text{Re}_i^{0,25}}$$

Втрати напору на тертя обчислюємо за формулою Дарсі-Вейсбаха

$$H_i = \lambda_i \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{w_i^2}{2g}$$

Загальні втрати напору в трубопроводі визначаються за формулою

$$H_{\text{заг}} = 1,02H_i + \Delta z + H_k$$

Визначаємо напір на виході насосів ГНПС при прийнятому значенні витрати рідини у трубопроводі і кількості магістральних насосів.

Обчислюємо максимально допустимий напір рідини із умов міцності трубопроводу.

Якщо виконується умова $H_{\text{згнпс}_i} > H_{\text{дон}_i}$

то напір рідини на початку ділянки трубопроводу (після регуляторів тиску ГНПС) приймаємо рівним максимально допустимому напору

$$H_{n_i} = H_{\text{дон}_i}$$

Якщо забезпечується умова $H_{згпс_i} < H_{доп_i}$,

то напір рідини на початку ділянки трубопроводу (після регуляторів тиску НПС) приймаємо рівним напору на виході насосів

$$H_{n_i} = H_{згпс_i}.$$

Перевіряємо виконання рівняння балансу напорів при прийнятому значенні витрати рідини у трубопроводі. Для цього порівнюємо між собою напір рідини на початку ділянки трубопроводу і загальні втрати напору.

При виконанні умови $H_{n_i} - H_{згг_i} > \varepsilon$,

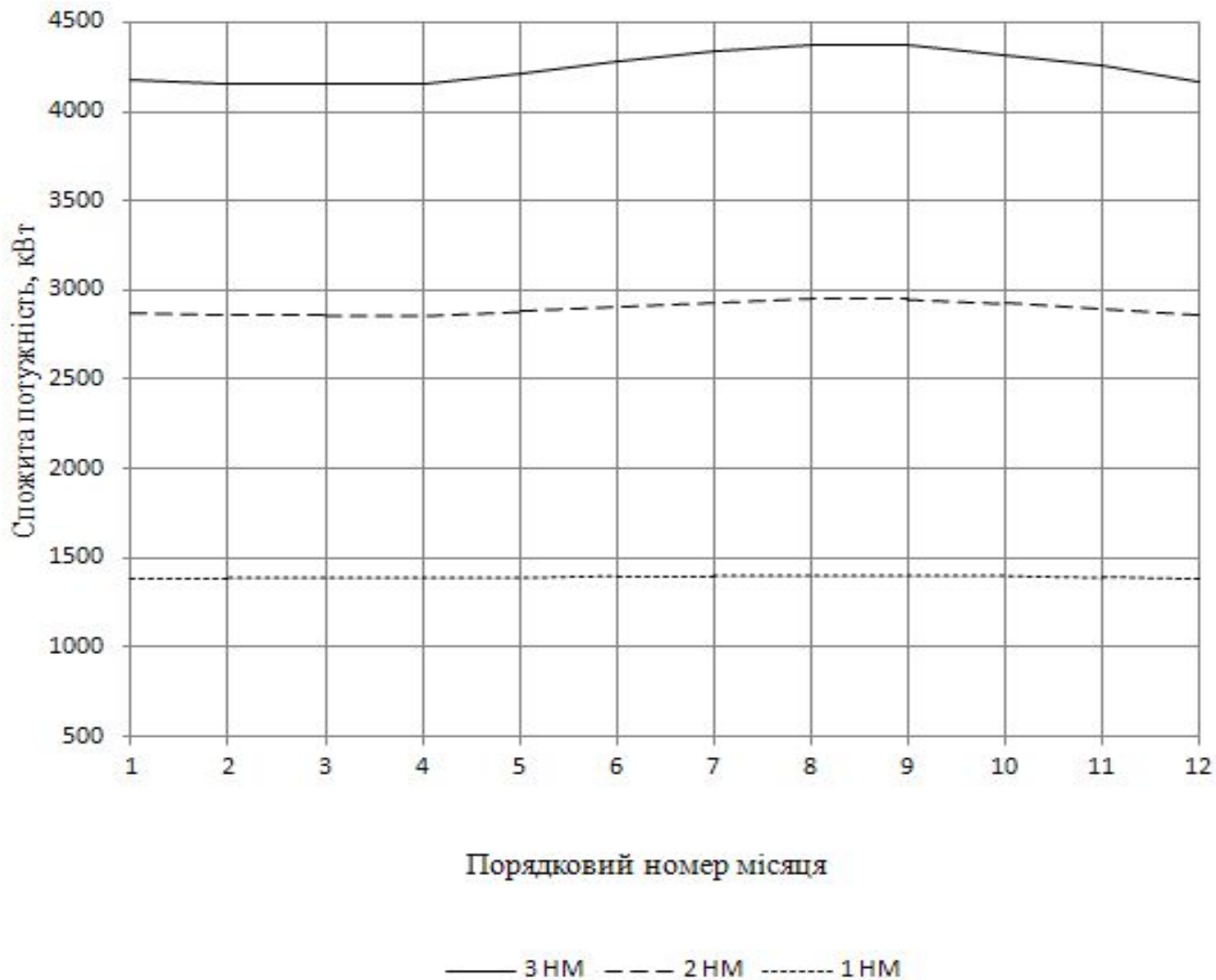
то збільшуємо витрату рідини в трубопроводі.

ККД магістрального насоса при подачі, яка відповідає пропускній здатності системи

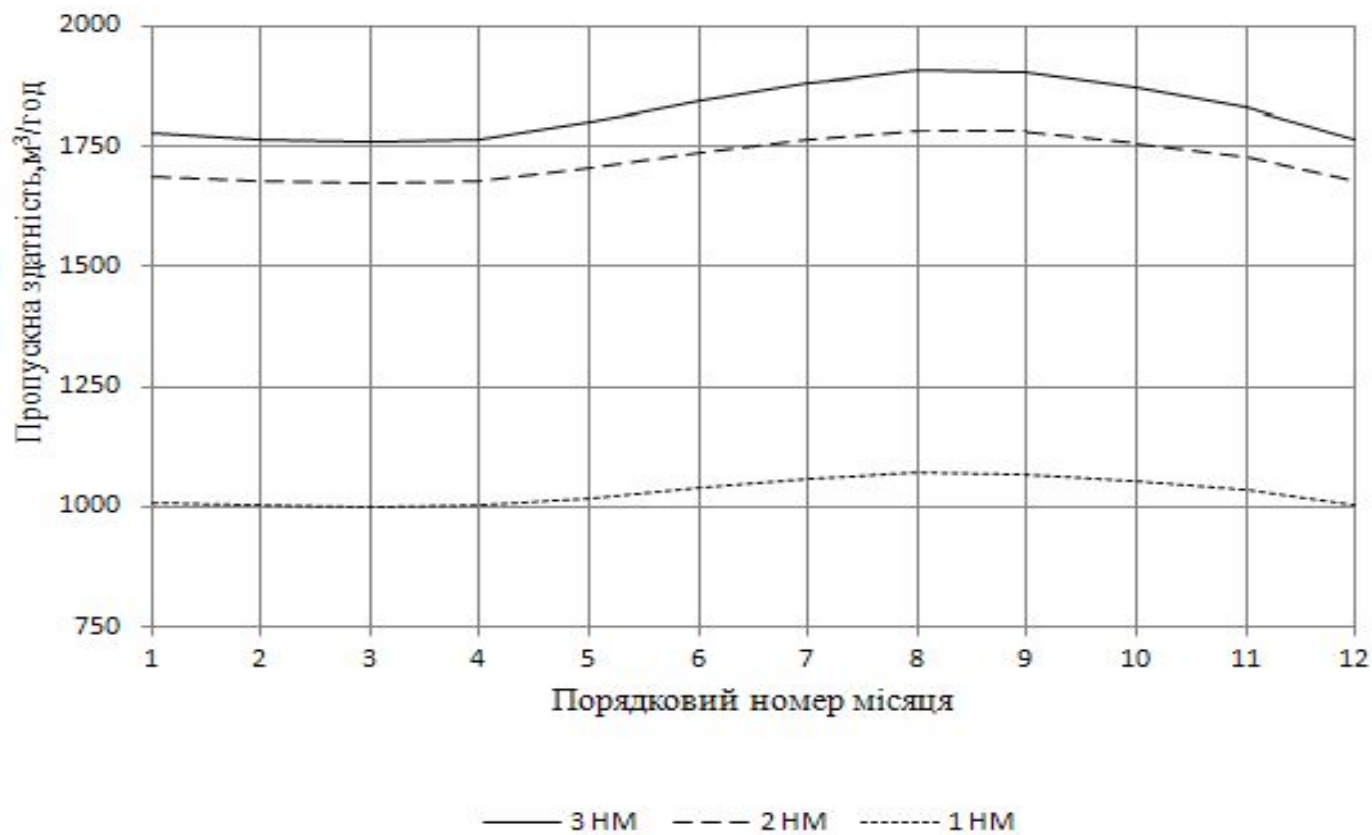
$$\eta_i = \eta_{\max} \left[2 \frac{Q_{зод_i}}{Q_{зод_{\max}}} - \left(\frac{Q_{зод_i}}{Q_{зод_{\max}}} \right)^2 \right],$$

Визначаємо спожиту потужність насосів на реалізацію режиму перекачування з витратою, яка відповідає пропускній здатності системи і ГНПС - прилегла ділянка трубопроводу

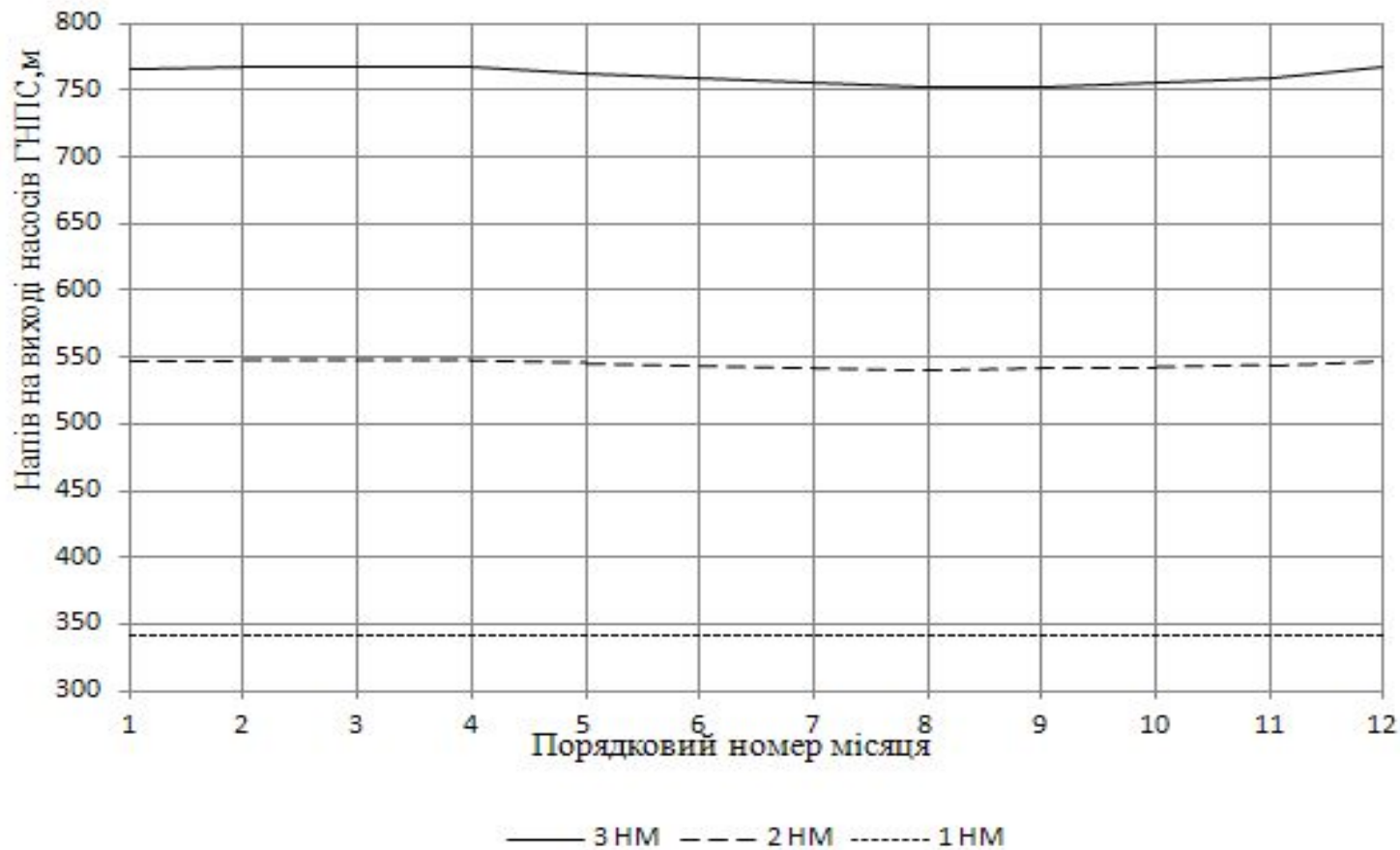
$$N_{згпс_i} = \frac{Q_i H_{згпс_i} \rho_i g \cdot 10^{-3}}{\eta_i \cdot \eta_e},$$



Зміна потужності, спожитої насосами ГНПС протягом року



Зміна пропускної здатності нафтопроводу протягом року



Зміна напору на виході ГНПС протягом року

Для забезпечення у трубопроводі фіксованої витрати рідини, меншої за пропускну здатність системи, можуть бути застосовані такі основні способи регулювання режимів спільної роботи НПС нафтопроводу:

- зміна кількості працюючих насосів на ГНПС;
- дроселювання на виході станції;
- перепускання частини потоку рідини по обвідній лінії (байпасування);
- обрізування робочих коліс насосів;
- зміна частоти обертання вала насосів.

Дроселювання на виході ГНПС

Даний спосіб регулювання режиму роботи набув найбільшого практичного застосування як на магістральних нафтопроводах, так і на нафтопродуктопроводах. Він відноситься до способів плавного регулювання.

Незважаючи на простоту та зручність, регулювання дроселюванням має суттєвий недолік – воно є неекономічним, бо супроводжується безповоротними втратами енергії на вузлі регулювання. Практично на трубопроводах дроселювання застосовують як додатковий засіб до інших способів регулювання.

Регулювання дроселюванням здійснюється шляхом прикриття запірною або регулюючою пристроєм на напірному трубопроводі насосної станції. Це дає змогу одержати будь-яке значення витрати рідини, що менше за пропускну здатність системи, аж до повного припинення перекачування.

Регулювання байпасуванням

Для реалізації даного способу регулювання в об'язці магістральних насосів повинні бути передбачені обвідні лінії – байпаси. При відкриванні запірною пристроєм напірний патрубок з'єднується з всмоктувальним, що призводить до зменшення гідравлічного опору системи.

Подача насосів ГНПС при регулюванні байпасуванням визначається

$$Q_b = \sqrt{\frac{A_{гнпс} - H_{зат}}{B_{гнпс}}}$$

Регулювання обточуванням робочих коліс насосів

Обточування робочих коліс відцентрових насосів по зовнішньому діаметру – один з найбільш поширених способів регулювання режиму роботи магістрального трубопроводу шляхом зміни характеристики насоса. Суть способу в тому, що робоче колесо як симетрична відносно осі конструкція, може бути обточене на станку по зовнішньому діаметру, що спричинює суттєву зміну напірної характеристики насоса. Слід зазначити, що обточування робочих коліс супроводжується зниженням ККД насосів.

Регулювання зменшенням обертової частоти ротора насоса

Математична модель напірної характеристики насоса, який працює за зміненої обертової частоти , може бути одержана за формулами

$$H' = a' - b'Q^2,$$

де
$$a' = a \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2,$$

$$b' = b,$$

Визначаємо необхідну обертову частоту вала насоса , враховуючи, що для магістральних насосів типу НМ $n_1 = 3000$ об/хв,

$$n_2 = 3000 \sqrt{\frac{a'}{a}}.$$

Зміна обертової частоти вала насоса спричинює зміну всіх його характеристик відповідно до таких залежностей:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1},$$

$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2,$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3.$$

При зменшенні обертової частоти вала насоса відбувається зсув кривої ККД вліво в область менших подач.

Для одержання математичної моделі ККД, що відповідає конкретному значенню обертової частоти n_2 , визначимо скориговану номінальну подачу насоса, що відповідає максимальному значенню ККД

$$Q'_{год_н} = Q_{год_н} \frac{n_2}{n_н}.$$

Математична модель ККД насоса за конкретного значення обертової частоти набуває вигляду

$$\eta' = \eta_{max} \left[2 \frac{Q_{год}}{Q'_{год_н}} - \left(\frac{Q_{год}}{Q'_{год_н}} \right)^2 \right].$$

Окрім того, при зменшенні обертової частоти спостерігається деяке зменшення значення ККД насоса. Використавши формулу фірми Sulzer (формулу Зульцера), можна порахувати ККД при зменшеній частоті обертання.

Провівши розрахунки різних способів регулювання режимів роботи системи ГНПС - прилегла ділянка трубопроводу, ми можемо проаналізувати, який метод зміни режиму роботи даної системи є найбільш ефективним і економічно вигідним. Одержані результати оформляємо у вигляді таблиці

Таблиця – Порівняння різних способів регулювання з метою забезпечення у системі витрати нафти 950 м³/год

Спосіб регулювання	Параметр, який регулюється, його значення	Витрати потужності насосів ГНПС, кВт
Дроселювання	Напір, що дроселюється, становить, Н= 13 м	1273
Байпасування	Витрата у байпасі становить Q=1436 м ³ /год	1500
Обрізування робочого колеса магістрального насоса	Ступінь обрізування становить 3 %	1231
Зменшення частоти обертання ротора насоса	Частота обертів повинна становити 2920 об/хв	1208

Аналіз даних таблиці показує, що для конкретного випадку, який розглядався, за вибраним критерієм мінімальних енерговитрат оптимальним є спосіб регулювання режиму роботи зменшенням частоти обертання ротора магістрального насоса. Однак даний оптимізаційний розрахунок не враховує значних витрат на оснащення насосних агрегатів технічними пристроями для регулювання частоти обертів.

Висновки



При виконанні курсової роботи було здійснено технологічні розрахунки режимів роботи обладнання (головна нафтоперекачувальна станція – прилегла ділянка нафтопроводу). В основі технологічних розрахунків ГНПС лежать: розрахунок пропускної здатності системи ГНПС – прилегла ділянка трубопроводу, розрахунки фізичних властивостей нафти, вибір основного технологічного обладнання ГНПС і математичне моделювання характеристик насосів.

Розрахунок проводився для мінімальної температури року. Внаслідок експоненціальної залежності в'язкості від температури, ми отримуємо, що при мінімальній температурі транспортованої рідини виникає найбільше значення кінематичної в'язкості. А при найбільшій в'язкості, за рахунок збільшення тертя між шарами рідини, створюються максимальні втрати напору (енергії, тиску).

Для регулювання напору на виході ГНПС були обраховані такі методи регулювання: дроселювання, байпасування, обрізування робочого колеса, зменшення частоти обертання ротора насоса. За результатами розрахунку енергетичних параметрів розглянутих способів регулювання режимів роботи системи ГНПС – прилегла ділянка нафтопроводу найбільш вигіднішим є метод зменшення частоти обертання ротора насоса.