

УДК 621.3.078

Виваль П.В.

Кафедра Автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЛІТАКА

Анотація. В результаті проведених досліджень було змодельована система оптимізованого керування вентиляцією літака з розробкою математичної моделі вентиляційних процесів, що в свою чергу, сприяє створенню рівномірного температурного поля в кабіні та перешкоджає утворенню застійних зон.

Ключові слова: система вентиляції, літак, оптимізація.

Abstract. As a result of the research, the system of optimized control of aircraft ventilation was modeled with the development of a mathematical model of ventilation processes, which in turn contributes to the creation of a uniform temperature field in the cockpit and prevents the formation of stagnant zones.

Key words: ventilation system, aircraft, optimization.

Вступ. Одним із основних показників комфорту пасажирських літаків є якість вентиляційного процесу. Повітря в кабінах не повинно містити шкідливих домішок та речовин. Правильно організована вентиляція сприяє створенню рівномірного температурного поля в кабіні та перешкоджає утворенню застійних зон. На літаках вентиляція здійснюється шляхом безперервного підведення свіжого повітря, що забирається з атмосфери, і скидання відпрацьованого з кабіни через регулятор тиску в атмосферу.

Мета та завдання. Метою робіт є створення ефективної системи кондиціонування повітря з розробкою методів математичного моделювання вентиляційних процесів у кабіні літака, та за їх результатами видача рекомендацій щодо розміщення вентиляційних (розподільчих) коробів та параметрів вентиляційного повітря ще на етапі попереднього проектування вентиляційної системи.

Матеріал та результати дослідження.

Система екологічного контролю (ECS) — це загальний термін, який використовується в авіаційній промисловості для системи та обладнання, пов'язаний з вентиляцією, опаленням, охолодженням, вологістю або контролем забруднення і тиском. Внутрішнє середовище в літаках має забезпечувати безпеку та тепловий комфорт для пасажирів, а також для підтримки їхніх основних фізичних потреб.

Загальний вигляд кабіни літака представлена на рис.1. :

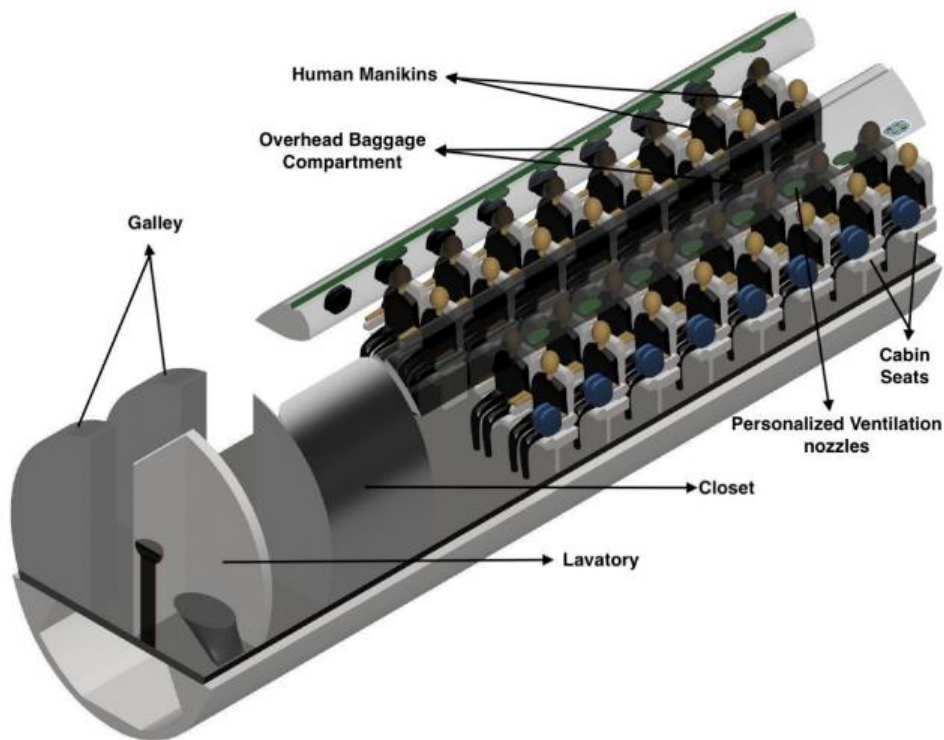


Рисунок 1 – Загальний вигляд кабіни літака

У верхній зоні накопичується дим та інші забруднювачі, що виділяються пасажирів. Оскільки в салоні літака визначено дві зони, нижня зона відносно вільна забруднювачами, і це область, що знаходиться поблизу підлоги кабіни. Для видалення повітря, забрудненого димом і метаболічними видихами пасажирів, і до підтримувати стабільний потік повітря в салоні, використовуються наступні методи:

- розподіл припливного повітря в салоні, проте запобігання забрудненню від змішування з рештою повітря в салоні
- відведення забрудненого повітря з верхньої зони за допомогою першого витяжного отвору та транспортування його через перший витяжний канал переважно за борт (трестороннім клапаном)
- відведення відносно чистого повітря з нижньої зони за допомогою другого витяжного отвору і транспортування його через другий витяжний канал повністю до рециркуляційного вентилятора

На рисунку 2 зображені контурні графіки розподілу температури в кабіні біля людей. Температура була більш підвищеною між людьми у вікні та сидінні біля проходу при оптимальному діапазоні температур від 19°C до 27°C (відповідно до вимог правил FAR).

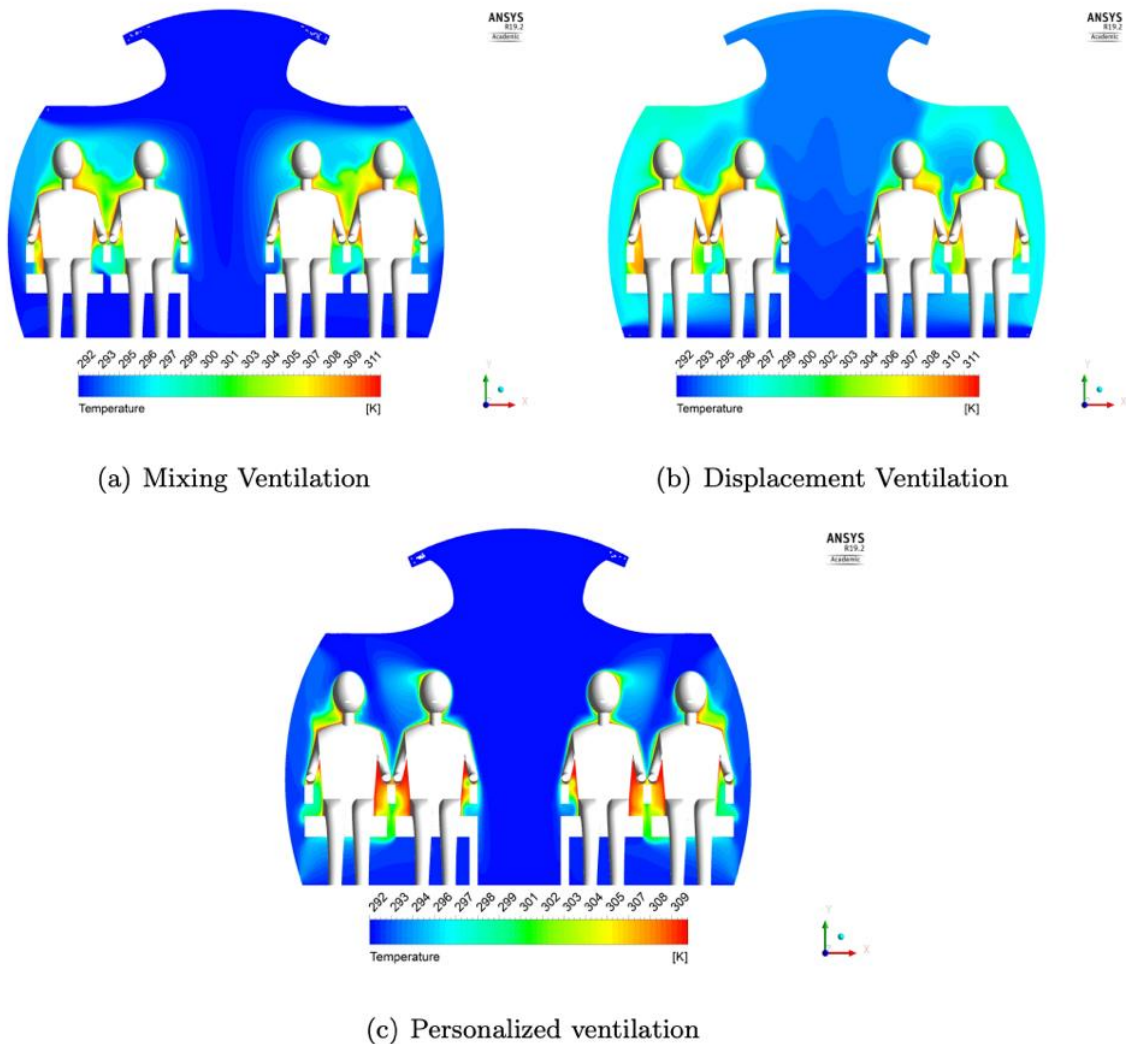


Рисунок 2 – Графіки температурного контуру трьох різних систем вентиляції

На рис.3 зображено рівень CO₂ в салоні у всіх трьох системах вентиляції. Персоналізована система вентиляції мала нижчий рівень розподілу CO₂ у вікнах і проходах сидіння в порівнянні з іншими системами. Максимум рівень CO₂ 130 ppm був досягнутий у вікнах та місцях у проході для персоналізованих системи вентиляції. У змішувальній вентиляційній системі вищий рівень CO₂ 475 ppm і 380 ppm було досягнуто у вікні та біля проходу відповідно біля зони дихання. Рівні CO₂ були досить однаковими від голови до стегон у вікні та проході сидіння людей для персоналізованих систем вентиляції. Для всіх систем вентиляції в коридорі проходу, рівень CO₂ був нижчим із зоною хорошого дихання. Крім того, рівень CO₂, розташований нижче зони ручної поклажі, досяг максимального значення 1500 ppm для системи вентиляції зміщення у віконному сидінні.

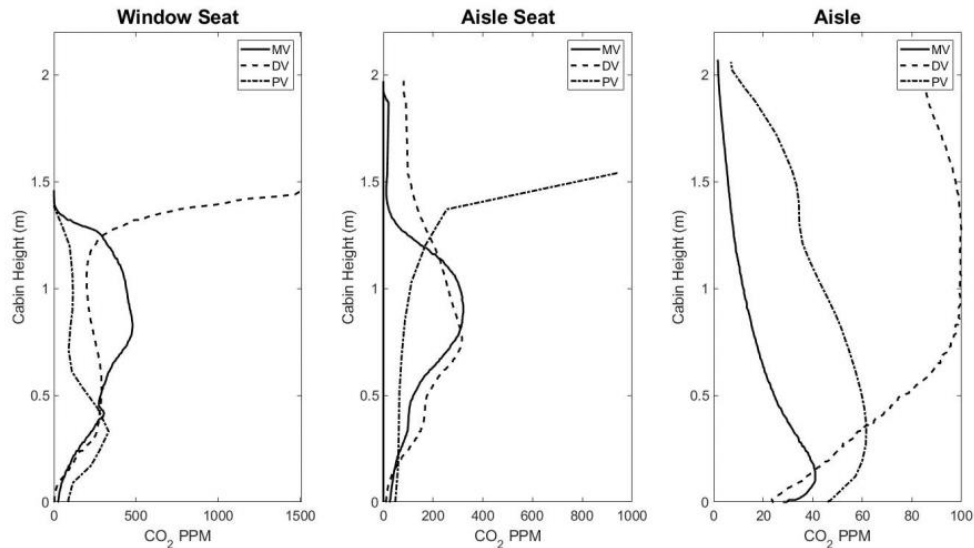


Рисунок 3 – Рівень CO₂ ppm в салоні біля людей у різних положеннях

Висновки.

Це дослідження було спрямоване на оцінку ефективності трьох різних вентиляційних систем на основі параметрів теплового комфорту, таких як PMV і PPD, концентрації вуглекислого газу та ефективність тепловідведення, а також дослідження транспортування забруднювачів з використанням індикаторного газу (CO₂) для аналізу збудника вірусу шлях та ризик зараження для інших мешканців.

Перелік посилань.

1. Guggenheim S. 20 year Passenger forecast); 2018. The International Air Transport Association (IATA).
2. Council NR. The Airliner Cabin Environment: Air Quality and Safety. The National Academies Press, Washington, DC; 1986.
3. Mangili GMA A. Transmission of infectious diseases during commercial air travel. Lancet. 2005;Volume 365:Pg 989–96.
4. Kuhn M, Bosbach J, Wagner C. Experimental parametric study of forced and mixed convection in a passenger aircraft cabin mock-up. Building and Environment. 2009;44(5):961 – 970. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132308001625>.
5. Zhang Z, Chen X, Mazumdar S, Zhang T, Chen Q. Experimental and numerical investigation of airflow and contaminant transport in an airliner cabin mockup. Building and Environment. 2009;44(1):85 – 94. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230800022X>.

Науковий керівник к.т.н., доц. Босак А.В.

Харкевич Р.В., магістрант
кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВОДОВІДЛИВУ ДЛЯ ГЕОТЕХНІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Проведено аналіз сучасного стану проектування водовідливних установок кар'єру, методів зниження енергоспоживання насосних установок кар'єру. Запропонована інтелектуальна автоматизована система управління водовідливною установкою на базі нечіткої логіки.

Ключові слова: Енергозбереження, водовідливна установка, система управління, нечітка логіка.

Kharkevich R.V.

INTELLECTUAL AUTOMATED WATER SUPPLY SYSTEM FOR GEOTECHNICAL ENTERPRISES

An analysis of the current state of design of quarry drainage systems, methods of reducing energy consumption of pumping quarries. A drainage system control system based on fuzzy logic is proposed.

Keywords: Energy saving, frequency control, control system, fuzzy logic.

Вступ

Системи кар'єрного водовідливу є невід'ємним та енергоємним технологічним процесом при видобутку корисної копалини, які забезпечують ефективну роботу гірничого підприємства. Ефективність схем водовідливу кар'єрів в період їх будівництва і експлуатації встановлюється відповідними технічними і гідрогеологічними розрахунками за критерієм відповідності продуктивності насосів і максимального розрахункового добового припливу дощових і підземних вод. На відміну від шахтного водовідливу, де основним припливом є підземні води, робота кар'єрного водовідливу значну роль відіграють атмосферні опади [1,2,3]. Однією з причин високої енергоємності шахтного водовідливу є забрудненість шахтної води механічними домішками у вигляді вугільного і порідного просипу, вміст якої досягає 10-20% по об'єму рідини, що перекачується. Підвищення енергетичної ефективності систем шахтного водовідливу безпосередньо пов'язане з необхідністю застосування на видобувних горизонтах та ділянках пристроїв для видалення з шахтної води твердої складової. Така технологія шахтного водовідливу дозволяє зменшити величину необхідного напору насосних агрегатів, сприяє підвищенню надійності експлуатації обладнання та трубопроводів та їх робочого ресурсу. При відкачуванні кар'єрної води дуже важливо визначити ємність водозбірників, місця їх розташування і кількість насосних агрегатів. Використовувати дуже великі водозбірники, а також допускати відкачування кар'єрної води в резервуар не вигідно з точки зору капітальних витрат. У разі невеликої ємності водозбірника значно ускладнюється експлуатація насосної установки через те, що доводиться робити велику кількість включень насосів. Так як насосні установки кар'єрів обладнані асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором, то чим більше потужність електродвигуна насосу, тим менше його включень допускається протягом певного часу.

На цей час автоматичні системи керування більшої частини станцій кар'єрного водовідливу працюють за таким алгоритмом: при досягненні певного рівня рідини в водозбірнику включають один насосний агрегат; якщо рівень води в водозбірнику продовжує зростати і досягає проміжної позначки, то в роботу включається ще один насос і т. ін. Через певний час, коли вода з водозбірника повністю відкачується, насосні установки вимикаються. Така система призводить до нераціонального використання електроенергії, і в певних ситуаціях, до надміру частого включення або занадто тривалої роботи насосних агрегатів, а також застою води в резервуарі.

Постановка задачі

Розглянемо модель водовідливної насосної установки з водозбірником і максимально допустимим в ньому рівнем води $h_{\max}$, а також: кількість напірних трубопроводів J ; кількість ідентичних за характеристиками насосних агрегатів, які можуть бути підключені для відкачування води $I_{j\max}$ на j напірному трубопроводі - $j \in J$; обсяг води, що надходить у водозбірник $Q_{\text{пр}}(t)$, при $t \in T$;

Необхідно скласти такий графік включення насосних агрегатів. $I_j(t)$, щоб $I_j(t) \leq I_{j\max}$, $j \in J$, $t \in T$ для мінімізації сумарних витрат електроенергії по всіх насосних агрегатах:

$$N_{\text{заг}} = \sum_t^T \sum_j^J \sum_{it}^{I_j(t)} N_{ij}(Q_j)$$

де: $N_{\text{заг}}$ - загальна потужність насосних агрегатів

Обмеження:

- час освітлення води в водозбірнику не повинен перевищувати гранично допустиму норму: $t_{\text{осв}} < t_{\text{осв.макс}}$;

- кількість включень насосних установок за певний проміжок часу не повинен перевищувати гранично припустимий.

Для реалізації такого алгоритму роботи пропонується використати теорію нечітких множин та відображень [4,5,6,7]. Вхідними параметрами системи є наступні лінгвістичні (у термінах теорії нечітких множин) змінні:

- «динаміка рівня рідини» визначає рівень кар'єрної води, який регулярно отримує чи віддає водозбірник (значення: «швидко знижується», «знижується», «не змінюється», «підвищується», «швидко підвищується»);

- «очікуваний приплив води за прогнозуванням» визначає кількість води, яка поступає в водозбірник («низький», «середній», «високий», «аварійний»);

- «поточний приплив води» - кількість води, яка накопичується у водозбірнику в поточний момент часу («низький», «середній», «великий»);

- «поточний приплив води за прогнозом» визначає обсяг води, який повинен був опустити в поточний час за прогнозом («низький», «середній», «великий»);

- "рівень води" визначає поточний рівень води в накопичувальному резервуарі насосної станції ("дуже низький", "низький", "високий", "дуже високий");

- «включені насоси» набуває одного з значень, що відповідає різним комбінаціям включення насосів водовідливної установки.

Дві останні лінгвістичні змінні є також вихідними параметрами системи. Проміжними параметрами системи є:

а) «динаміка припливу води» визначає ступінь зміни обсягу води, що приходить у накопичувальний резервуар.

б) «динаміка рівня води з урахуванням прогнозу» як і «динаміка рівня» визначає обсяг води, який одержує чи віддає резервуар, але враховує тенденцію припливу води виходячи з прогнозу та його достовірності.

Вихідним параметром системи є "ввімкнені насоси".

Умовно роботу нечіткого регулятора, що проектується, можна розбити на кілька етапів:

1. Вхідні значення "поточний приплив води", "поточний приплив води за прогнозом" та "очікуваний приплив води за прогнозом" фазифікуються, після чого з урахуванням бази правил "динаміка припливу" агрегуються, активізуються та акумулюються. Отримані значення істинності для кожного терму з терм-множини «динаміка припливу води» не дефазифікуються, а прямують на наступний етап, як фазифікована вже вхідна змінна;

2. Вхідне значення «динаміка рівня води з урахуванням прогнозу» і фазифікованих значень змінної «динаміка припливу води» агрегуються і акумулюються (активація у разі не потрібна). Отримані значення істинності для кожного терму з терм-множини

«Динаміка рівня води з урахуванням прогнозу» не дефазуються, а спрямовуються на наступний етап, як вже фазифікована вхідна змінна;

3. Вхідне значення «рівень води» фазизується і з урахуванням бази правил «включені насоси», яка також залежить від змінної «включені насоси», і вже фазифікованих значень змінної «динаміка рівня води з урахуванням прогнозу» агрегуються, акумулюються (активація в даному випадку не потрібна) і дефазується методом правого модального значення. Отримане значення для "ввімкнені насоси" відправляється на вихід системи, а також на вхід системи, як параметр, що впливає на базу правил "ввімкнені насоси".

База правил містить велику кількість правил, отриманих внаслідок роботи з експертом. У аналізованій моделі використовувалась така кількість правил: для змінної «Динаміка припливу води» - 16; змінної «Включені насоси» - по 20 для кожного з 4 значень; для змінної «Динаміка припливу води» - 27; для змінної «Динаміка рівня води з урахуванням прогнозу» - 25.

Висновки:

1. Обґрунтування і вибір раціональної схеми водовідведення, використання сучасних типів насосів забезпечує підвищення виробничої потужності кар'єру.

2. Застосування теорії нечітких множин у комбінації з теорією нейронних мереж для побудови нечітко-нейронного регулятора для управління насосними установками кар'єру показав перспективність такого підходу. Використання в конструкції системи нечіткого регулювання нейрон-мережевої моделі дозволяє додати властивість адаптивності та здатності до навчання. Нечітко-нейронний регулятор для керування каналізаційними насосними установками – перспективний за ефективністю та безпекою спосіб керування насосними установками

Перелік посилань

1. Попов В.М. Рудничные водоотливные установки. – 2-е изд. – М.: Недра, 1983. – 304 с.
2. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый электропривод насосных установок. М.: ИК"Ягорба" Биоинформсервис. 1998, 180с.
3. Шевчук С.П. Повышение эффективности водоотливных установок. Учебное пособие. - Киев, УМК ВО, 1990, 104 с.
4. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 798 с.
- 5.Н.В. Замятин, Е.О. ИвановНечеткая советующая система контроля артезианских Скважин.Доклады ТУСУРа, № 4 (38), декабрь 2015
- 6.Fuzzylite: библиотека для управления с помощью нечеткой логики [Электронный ресурс].URL: <http://www.fuzzylite.com/>
- 7.В.С. Есилевский, В.Н. Кузнецов, В.П. Панов . Управление насосными агрегатами к.н.с. с помощью систем нечетко-нейронного управления.Вестник Воронежского государственного технического университета. Математика .2012г. с.12-17

Ганжа В.С.

кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ ЄМНОСТІ І ПОТУЖНОСТІ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСІБУ.

Анотація. В роботі проведено дослідження і розрахунок тягової акумуляторної батареї для транспортного засіб перевезення, насамперед, нового виду літаків які будуть переміщатися по аеродрому за допомогою електродвигуна, а не тягачів або тягових двигунів як в сучасному світі

Ключові слова: електропривод, енергія, акумуляторна батарея, тяговий акумулятор, втрати.

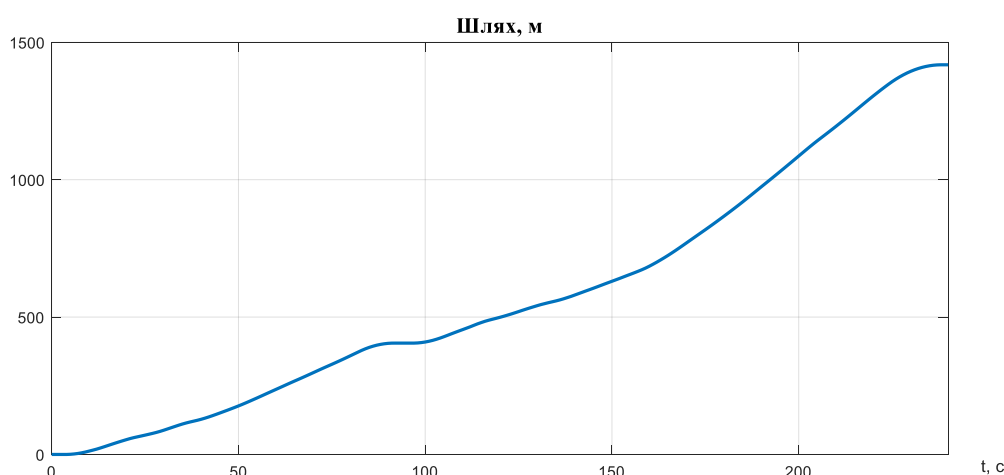
Abstract. The study and calculation of the traction battery for the means of transport, first of all, a new type of aircraft that will move around the airfield with an electric motor, rather than tractors or traction engines as in the modern world

Вступ. Світова індустрія змінюється буквально на очах. Технології, які раніше вважалися фантастикою, вже сьогодні завойовують ринок і стають частиною програм розвитку великих міст. Винахідники різних країн продовжують тестувати нові типи акумуляторів, Знизити витрати на енергоресурси і поліпшити екологію міст дозволяють тягові акумулятори, які вже сьогодні масово використовуються в мегаполісах Європи і Азії.

Мета та завдання. Розрахунок необхідної ємності і потужності акумуляторної батареї для транспортного засіб.

Матеріал і результати досліджень.

Розрахунок ведеться на основі представленого нижче графіку швидкості транспортного засобу (рис. 1)



Енергію, що витрачається при русі літака, можна розділити на 2 складові:

- енергія втрат при перетворенні електричної енергії в кінетичну і навпаки.
- енергія втрат на тертя та аеродинамічний опір.

Таким чином необхідна енергія акумуляторної батареї розраховуватиметься наступним

чином:

$$W_{\text{акум.бат}} = W_{\text{тертя}} + W_{\text{ел}} \quad (0.1)$$

де $W_{\text{тертя}}$ – енергія втрат, зумовлена силами тертя та аеродинамічним опором; $W_{\text{ел}}$ – втрати при перетворенні електричної енергії в кінетичну [13]. Скориставшись формулою для розрахунку потужності, запишемо вираз:

$$W_{\text{тертя}} = \frac{1}{T} \int_0^T (F_{\text{roll}} + F_{\text{grade}} + F_{\text{aero}}) \cdot V dt, \quad (0.2)$$

де $T = 240$ с – кінцевий час маршрутного циклу; $g = 9.81$ – прискорення вільного падіння.

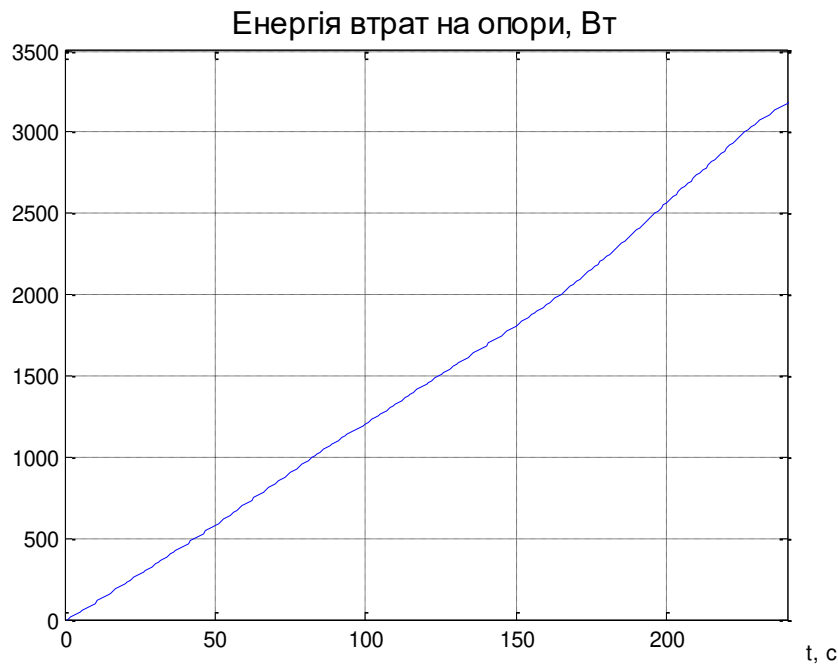


Рисунок 2 – Графік енергії втрат на опори під час руху ТЗ

При перетворенні електричної енергії батареї в кінетичну енергію її шлях пролягає через перетворювач, електричний двигун та редуктор. Прийнемо, що

ККД інвертора $\eta_{\text{інв}} = 0,97$; ККД двигуна, відповідно $\eta_{\text{дв}} = 0,98$; ККД редуктора $\eta_{\text{ред}} = 0,98$.

Отже, сумарний ККД електромеханічної системи буде становити

$$\eta_{\Sigma} = \eta_{\text{інв}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ред}} = 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 0,93$$

Тоді енергія, що втрачається при перетворенні з електричної в кінетичну математично запишеться так

$$W_{\text{ел}} = \frac{1}{\eta_{\Sigma}} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T m \frac{dV}{dt} \cdot V dt \quad (0.3)$$

Підставивши відомі значення у формули методом чисельного інтегрування, знайдемо необхідний запас енергії акумуляторної батареї на 9 км шляху.

$$W_9 = \frac{W_{\text{аккумулятор}} \cdot 9 \text{ км}}{S} = 72.5 \text{ МДж}$$

де $W_{\text{аккумулятор}} = 11.9 \text{ МДж}$ — для маршрутного циклу в $S = 1,42 \text{ км}$

Розрахуємо значення заряду, що необхідний для подолання відстані в 9 км, для значень напруги акумуляторної батареї в $U_{\text{бат}} = 650 \text{ В}$.

$$Ih_{250} = \frac{W_9}{3600 \cdot U_{\text{dc}}} = \frac{72.5 \cdot 10^6}{3600 \cdot 650} = 30.98 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Для створення батареї такої ємності були вибрані елементи Panasonic NCR18650B Lithium Battery [14].

Параметри одного елемента наведені в таблиці 1:

Таблиця 1 – Параметри батареї Panasonic NCR18650B Lithium Battery

Ємність, Ih_b	3.4 А · год
Напруга	3.7 В
Маса	47 грам
Розмір	18650
Вартість одного елемента	5 \$

Розрахунок кількості зарядних елементів:

1. Знаходження а – кількості елементів в одному ряді, які формують потрібне значення напруги (напруга батареї для двигуна 650 В):

$$a = \frac{U_{\text{л}}}{U_{\text{б}}},$$

де $U_{\text{л}}$ - лінійна напруга двигуна, $U_{\text{б}}$ - напруга однієї батареї.

2. Знаходження б – кількості паралельних віток, які формують потрібне значення ємності (1 вітка – 3.3 А · год):

$$b = \frac{Ih}{Ih_b},$$

де Ih_b - ємність однієї батарейки.

3. Знайшовши кількість елементів в ряді та кількість рядів можна знайти с - загальну кількість елементів, w- вагу батареї та її р - вартість:

$$c = a \cdot b$$

$$W = C \cdot m_{bat}$$

$$p = c \cdot 5$$

Висновки. Розраховано необхідну потужність АКБ на основі представленого графіку швидкості транспортного засобу та, виходячи з розрахованих значень заряду акумуляторної батареї (АКБ) та напруг, було обрано Panasonic NCR18650B Lithium Battery батареї у кількості 1604 шт для розрахованої ємності 30,98 А*год.

Список використаної літератури.

1. Borisevich A. Numerical method for power losses minimization of vector-controlled induction motor // International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS). – Vol. 6, No. 3, September 2015, pp. 323-341..
2. Blanuša B.D., Dokic B.L., Vukosavic S.N. Efficiency optimized control of high performance induction motor drive
3. Volkov V.A. Optimization of magnetization and demagnetization modes in frequency-controlled induction motor

**СЕКЦІЯ 4.
МЕХАТРОНІКА ЕНЕРГОЄМНИХ
ВИРОБНИЦТВ**

УДК 62-242.2

Ярошинський Е.Б.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ДИНАМІЧНИЙ ГАСНИК КОЛИВАНЬ ГІДРОМОЛОТА З МЕХАТРОННИМ КЕРУВАННЯМ

Анотація. У статті досліджено способи регулювання дисипації енергії в конструкції динамічного гасника коливань, що дає змогу регулювати його частотні характеристики. Встановлено, що із застосуванням електромагнітного клапану можна регулювати рівень дисипації енергії, що впливає на розширення робочої зони гасника коливань і підвищення його динамічної ефективності.

Ключові слова: динамічний гасник, демпфірування, коефіцієнт дисипації, амплітуда, частотні характеристики, ефективність.

Abstract. The article investigates the methods of energy dissipation control in the design of a dynamic oscillation damper, which allows to regulate its frequency characteristics. It is established that with the use of a solenoid valve it is possible to regulate the level of energy dissipation, which affects the expansion of the zone of influence of the vibration damper and increase its dynamic efficiency.

Keywords: dynamic extinguisher, damping, dissipation coefficient, amplitude, frequency characteristics, efficiency.

Вступ. В більшості машин та механізмів, в наслідок виконуваної роботи виникає вібрація. Найбільш небезпечний рівень вібрації настає при виникненні явища резонансу. Резонанс може призвести до руйнування або пошкодження обладнання. Для уникнення таких наслідків використовується антирезонансні пристрої, найбільш ефективні з яких динамічні гасники коливань [1, 2]. Особливо актуальним є застосування динамічних гасників в конструкції гідромолота [3, 4].

Мета та завдання. Розширення частотного спектру гасіння динамічного гасника коливань гідромолота, завдяки додавання в його конструкцію регульованого електроклапану.

Матеріал і результати досліджень. Методи дослідження включають системний аналіз існуючих конструкцій та математичних моделей процесів віброгасіння в динамічних системах, зокрема, в конструкції гідромолота

Санітарними нормами і правилами регламентується гранично допустима величина вібрації, гранично допустима вага механізмів, гранично допустима сила ручного натискання, а також умови вимірювання нормованих величин.

Вага віброуючого обладнання, що утримується руками оператора, має не перевищувати 10 кг, а зусилля натискування 200 Н.

Нормованими величинами вібрації є середньоквадратичні величини коливальної швидкості чи амплітуди зміщення горизонтальної і вертикальної вібрацій в октавних смугах частот від 2 до 63 Гц, що спричиняються роботою обладнання й передаються на робочі місця. СН 245-71 передбачають залежність нормованих величин від тривалості впливу вібрації

протягом робочої зміни. Тому застосування пристроїв гасіння вібрації актуальне і потребує розширення засобів і способів впливу на вібраційні процеси.

На рисунку 1 наведено зображення математичної моделі динамічного віброгасіння з дисипацією енергії коливань гідравлічним демпфером де, m_1, m_2 , - відповідно зведені в динамічному відношенні маси корпусу гідромолота та гасника; c і b - відповідно коефіцієнти жорсткості та дисипації гасника; $P \cdot \sin \omega_1 t$ - реакція віддачі гідромолота.

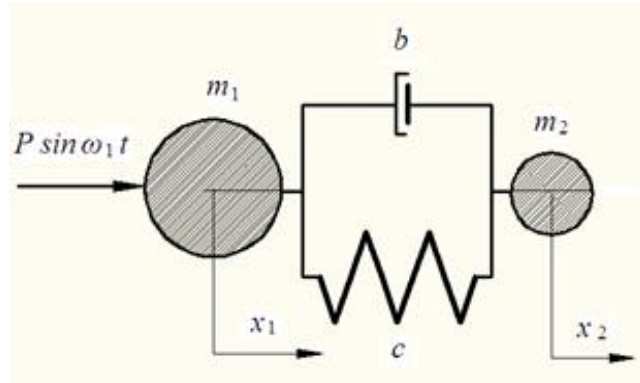


Рисунок 1 - Зображення моделі динамічного гасника з гідравлічним демпфером

Для моделі (рис.1), застосовуючи зведення в динамічному відношенні параметрів жорсткості та мас, отримана система рівнянь руху мас, рівняння 1 [5, 6].

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + b(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + c(x_1 - x_2) &= P \cdot \sin \omega_1 t \\ m_1 \ddot{x}_2 - b(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) - c(x_1 - x_2) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Отримані, в результаті розв'язку системи (1) графіки залежностей амплітуд від частот за умов відповідно $k_1 = k_2 = 0$ та $k_1 \neq k_2 \neq 0$ наведені на рис. 2.

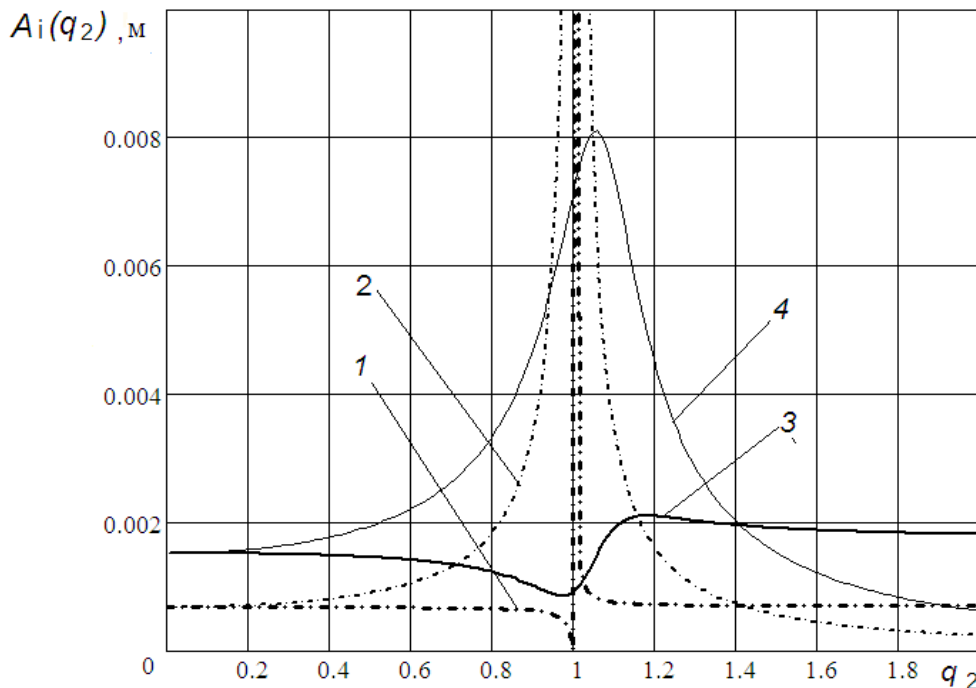


Рисунок 2 - Амплітудно- частотні характеристики коливання мас корпусу гідромолота та гасника відповідно: 1, 2- за умови $k_1 = k_2 = 0$; 3, 4 – за умови $k_1 \neq k_2 \neq 0$

Як видно з наведених графіків, вплив дисипації на процес коливань (за умови раціонального вибору параметрів) дозволяє значно зменшити амплітуду коливань гасника, але умова повного антирезонансу не досягається (крива 3 на відміну від кривої 1 не перетинає вісь абсцис при значенні $q_2 = 1$, тобто при локальному резонансі $\omega_{02} = \omega_1$).

Отже, застосування дисипаційних елементів в системі динамічного гасіння коливань значно пом'якшує режим коливань при зміні частоти власних коливань гасника або частоти зовнішнього навантаження.

Керованою зміною коефіцієнта b можна досягнути оптимального режиму функціонування гасника для різних режимів роботи гідромолота, адекватних зміні характеристик гірських порід [7]. Це можна досягти ввівши систему мехатронного керування антирезонансним модулем гідромолоту (рисунок 3).

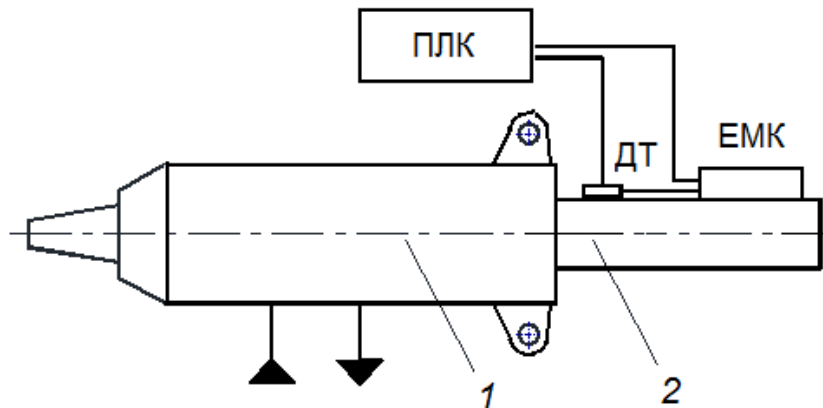


Рисунок 3 - Система мехатронного керування антирезонансом

де, 1 – гідромолот, 2 – антирезонансний модуль, ДТ – датчик тиску,

ЕМК –

електромагнітний клапан, ПЛК – програмовано логічний контролер.

На рисунку 4 зображено динамічний гасник коливань з установленим електромагнітним клапаном.

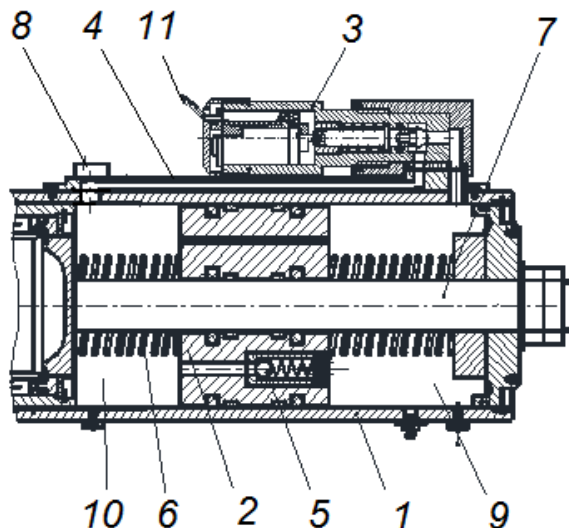


Рисунок 4 - Антирезонансний модуль де, 1 – корпус, 2 – поршень, 3 – електроклапан, 4 – дросельний канал, 5 – запобіжний клапан, пружні елементи, 7 – шток, 8 – датчик тиску, 9 та 10 – гідравлічні камери, 11 – електричний вивід для живлення і керування електроклапаном

Встановлення електромагнітного клапану 1 дає змогу регулювати процес демпфірування шляхом збільшення/зменшення діаметру дросельного каналу між камерами 9 та 10 (рис.4). Що в свою чергу дає змогу регулювати параметри динамічного гасника коливань з адаптацією динамічного режиму до умов технологічного процесу.

Висновки.

1. Вплив дисипації на процес коливань (за умови раціонального вибору параметрів) дозволяє значно зменшити амплітуду коливань гасника, отже, застосування дисипаційних елементів в системі динамічного гасіння коливань значно пом'якшує режим коливань при зміні частоти власних коливань гасника або частоти зовнішнього навантаження.

2. Розроблена структура мехатронної системи керування процесом ефективного віброгасіння коливань гідромолота від дії реакції віддачі. В систему включено програмований логічний контролер, який, в залежності від показання датчика тиску керує положенням керуючого клапана і змінює величину дросельного отвору, тим самим збільшуючи або зменшуючи дисипаційний опір.

3. Застосування електромагнітного клапану в системі динамічного гасіння коливань значно розширює частотний спектр гасіння динамічного гасника коливань, за рахунок можливості регулювання каналів дроселювання.

Список літератури

1. Сліденко В.М. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія/ В.М. Сліденко, С.П. Шевчук. - К.: НТУУ "КПІ", 2010. - 192 с.

2. Шевчук С.П. Енергозберігаюча рекуперативна машина ударної дії/ С.П. Шевчук В.М. Сліденко, Л.К. Лістовщик//Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. Михайла Остроградського. Кременчук: КДПУ, 2008. Вип. 3/2008. С. 97-99.

3. Сліденко В.М. Динамічний гасник коливань корпусу гідромолота навісного на маніпулятор гірничої машини/ В.М. Сліденко, Я.М. Проченко //Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. Кременчук. КрНУ, 2018. Вип. 5/2018. С. 17 – 19.

4. Патент 102864 Україна, МПК B25D 9/00. Гідромолот з антирезонансним пристроєм/ В.М. Сліденко, Г.О. Переверзева, В.С. Лесик, Л.К. Лістовщик . – заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». № u201504423; заявл. 07.05.15; опубл. 25.11.15; Бюл. № 22

5. Єрошенко В.А. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліюфобними системами: монографія / В.А. Єрошенко, В.М. Сліденко, С.П. Шевчук, В.П. Студенець – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.

6. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія/В.М. Сліденко, О.М. Сліденко.Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2018. 220 с.

7. Сліденко В.М. Адаптивний електрогідравлічний привод гідромолота // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. Кременчук: КНУ, 2011. Вип. 1/2011. С. 114-115.

УДК622.323

Чайка А.О.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ІМПУЛЬСНО-ВИХРОВИЙ СТРУМИННИЙ НАСОС ПІДВИЩЕНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

Анотація. В даній роботі наведена конструктивна схема та обґрунтовано параметри струминного насоса вихрового типу для підвищення продуктивності.

Ключові слова. Струминний насос, вихрова камера, інжектований потік, продуктивність, тиск.

Abstract. In this paper the constructive scheme is given and the parameters of the vortex type jet pump for increase of productivity are substantiated.

Keywords. Jet pump, vortex chamber, injected flow, productivity, pressure.

Вступ. Виснаження існуючих родовищ та відкриття нових родовищ з більш складними умовами експлуатації, більшою глибиною залягання, призводять до зниження видобутку вуглеводнів та підвищення їх вартості.

Один з напрямів інтенсифікації видобутку нафти – це підвищення ефективності струминних насосів через збільшення продуктивності роботи насосних агрегатів [1].

Мета дослідження. Розробка конструктивної схеми та обґрунтування параметрів впливових на підвищення продуктивності насосного агрегату, який прокачує робочу рідину через струминний насос.

Матеріали та методи досліджень. Для досягнення мети був використаний аналіз, узагальнення й систематизація інформації в області інтенсифікації видобутку вуглеводнів застосуванням вихрових струминних насосів з імпульсною інжекцією.

Результати. Розроблено конструктивну схему струминного насоса (рисунок 1), особливістю якого є застосування вихрової камери та гармонізатора коливань, що упорядковує процес формування інжекційного потоку значної потужності

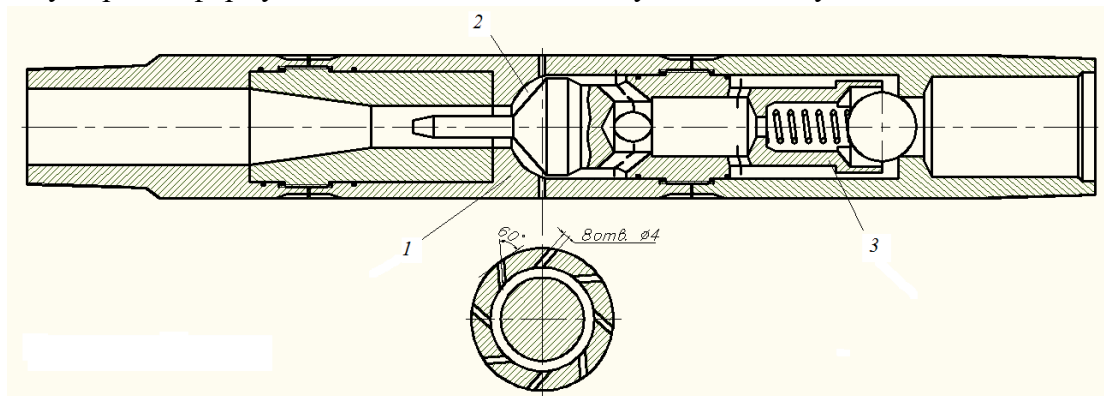


Рисунок 1 –Конструктивна схема струминного насоса вихрового типу:

1 – струминний модуль, 2 – вихрова камера, 3 – гармонізатор коливань

Насос працює наступним чином. На початку обробки, через опущені до вибою насосно-компресорні труби (НКТ) із струминним насосом і обладнанням, розташованим нижче, здійснюють установку пакера. Подається робоча рідина від насосного агрегату через затрубний простір між НТК та обсадною колоною в тангенціальні отвори струминного модулю 1 (рис.1). Рідина в вихровій камері 2 закручується зі збільшенням швидкості, що призводить до падіння тиску в вихровій камері, і створює умови інжекції рідини через гармонізатор 3. При змішуванні інжектованої і закрученої рідини, тиск знову збільшується і клапан гармонізатора імпульсно перекриває інжектований потік, а рідина з струминного модулю поступово через НКТ виноситься на поверхню. Далі цикл повторюється. Потік рідини виносить на поверхню коьматанти та рештками хімічних реакцій, що сприяє підвищення продуктивності видобутку нафти.

Недоліком струминних насосів традиційної компоновки є обмежений режим подачі рідини від насосного агрегату з поверхні в межах 100...200 л/хв, що пов'язано з обмеженням тиском дроселювання через сопло діаметром 4...8 мм [2]. Для визначення робочого діапазону з більшою продуктивністю розглянуто процес завихрення потоку через вісім тангенціальних отворів діаметру 4 мм струминного модулю при зміні продуктивності насосного агрегату, що впливає на робочий тиск дроселювання [3]:

$$p(Q) = \frac{\rho}{2 \cdot \mu^2} \cdot \frac{Q^2}{S^2}, \quad (1)$$

де ρ - густина робочої рідини, $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$; μ - коефіцієнт витрат, $\mu=0,62$; Q - витрата робочої рідини, що надходить до пристрою, $Q=0\ldots600 \text{ л/хв}$; S - сумарна площа тангенціальних отворів: $S = 8 \cdot \pi d^2 / 4$. Виходячи з практики застосування струминних насосів, робочий тиск 6...9 МПа коливається в межах 500...600 л/хв (рис.1).

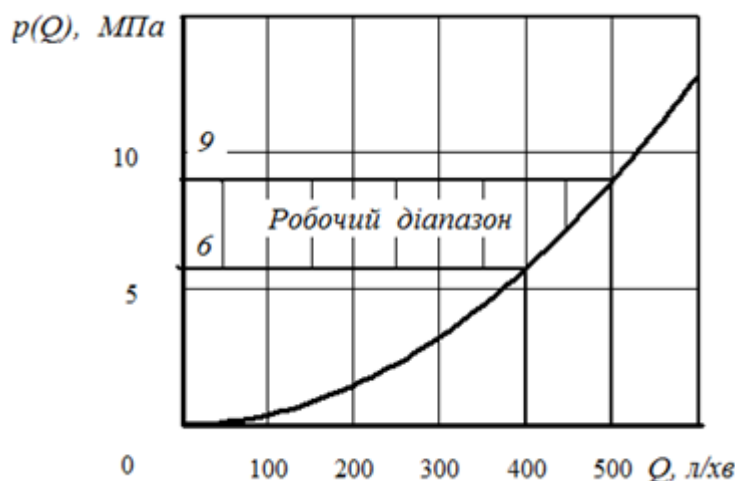


Рисунок 2 – Залежність тиску перемикання струминного і вібраційного модулів від діаметра сопла

Висновки. Розроблена конструктивна схема імпульсно-вихрового струминного насосу та визначений діапазон підвищеної подачі рідини від насосного агрегату, що дозволяє збільшити продуктивність струминного насоса. Встановлено робочий діапазон в межах робочого тиску 6...9 МПа з подачею від насосного агрегату в межах 500...600 л/хв.

Література

1. Яремейчук Р.С. Технология повышения продуктивности скважин с помощью струйных аппаратов. – М.: 1992.- 70 с.
2. Яремейчук Р.С. Создание глубоких управляемых депрессий на пласт с помощью струйных аппаратов. Нефтяное хозяйство, 1981, № 11, с. 16-19.
3. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин: Учебник для вузов по специальности: "Горные машины и комплексы". М.: Машиностроение , 1979. - 319 с.

УДК622.323

Попков А.А.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ВІБРАЦІЙНО-СТРУМИННИЙ ПРИСТРІЙ АКТИВІЗАЦІЇ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

Анотація. У статті відображено вібраційно-струминний метод впливу на відновлення та активізації роботи продуктивного пласта свердловин. Встановлено, що із встановленням дворежимного струминного насосу реалізується режим репресивно-депресивної дії на пластову систему з метою її декольматації і, як результат - збільшення продуктивності видобутку вуглеводнів.

Ключові слова: вібрація, струминний насос, вуглеводнів, інжекція, продуктивність, режим роботи.

Abstract. The article reflects the vibration-jet method of influencing the restoration and activation of the productive formation of wells. It is established that with the installation of a two-mode jet pump the regime of repressive-depressive action on the formation system is realized in order to decompress it and, as a result, to increase the productivity of hydrocarbon production.

Keywords: vibration, jet pump, hydrocarbons, injection, performance, mode of operation.

Вступ. Продуктивність експлуатаційних свердловин в значній мірі визначається проникністю привибійної зони пласта, яка сприймає основне фільтраційне навантаження в процесі видобування нафти. Освоєння експлуатаційних свердловин – також один з відповідальних технологічних етапів, від якої залежить швидкість відбору рідини з пласта, а виходячи з цього - нафтовіддача пласта в цілому [1].

Мета та завдання. Підвищення ефективності дії на привибійну зону пластової системи застосуванням вібраційно-струминного пристрою, що дозволить проводити більш повну декольматацію пластової системи і підвищити продуктивність видобутку вуглеводнів.

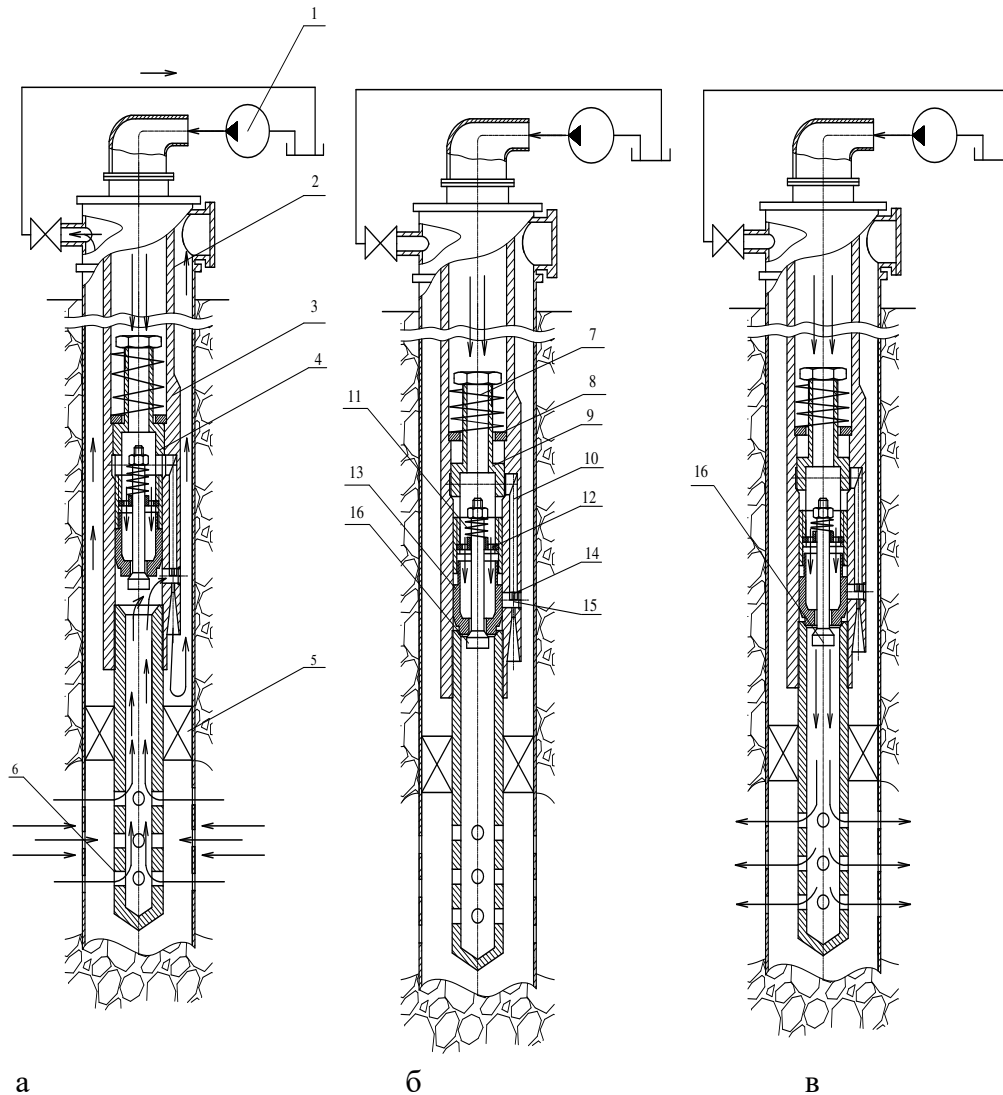
Матеріал і результати досліджень. Методи дослідження включають системний аналіз структурних схем струминних апаратів та визначення раціонального режиму їх функціонування з введенням вібраційного модулю.

Новизна досліджуваного пристрою полягає у поєднанні в одному корпусі струминного та вібраційних модулів з розділенням режимів депресивної та репресивно-вібраційної дії. В якості пружних елементів рухомих деталей конструкції вібраційного модулю використані тарілчасті пружини, які мають більшу жорсткість у порівнянні з витими, та забезпечити вібраційне переміщення рухомих деталей.

Мета досягається тим, що пристрій включає блок рухомої вставки, який створює умови для інжекції пасивного середовища із свердловини, а також дозволяє виконати репресивно-вібраційний вплив на пластову систему.

Робота установки пов'язана з подачею рідини насосною установкою 1, яка прокачується по насосно-компресорним трубам (НКТ) 2 через струминний апарат 9 створюючи інжекцію пасивного середовища (рис.1 а). Підвищення подачі рідини призводить до підвищення тиску

в установці за рахунок дроселювання рідини на робочому соплі 15 струминного апарату, тим самим переміщуючи блок рухомої вставки, та одночасно перекриваючи підводячи отвори камери робочого сопла 14 та камери інжекції 16 (рис.1, б). Герметичність перекриття камер забезпечується за рахунок телескопічного подовження блоку рухомої вставки, який представляє собою пружно з'єднану втулку 5 з рухомим золотником 8. На внутрішній поверхні втулки 5 різьбовим з'єднанням розміщено втулку з поздовжніми отворами 7, до якої за допомогою клапана 10 підпружинений рухомий золотник 8. Блок рухомої вставки підпружинюється до коаксialно посадженої в корпусі струминного апарату 9 упорної шайби 4 (рис.1, а).



а – фаза роботи струминного апарату; б – фаза переміщення рухомої вставки та її телескопічного подовження; в – фаза спрацювання клапана та репресивного впливу.

Рисунок 1 – Схеми реалізації фаз роботи пристрою депресивно-репресивної дії

Коливальний процес виникає при спрацюванні клапана 10 в наслідок підвищення тиску (рис.1, в). Рухомі деталі конструкції повертаються в початкове положення за рахунок пружних

елементів 3 та 6 після врівноваження тиску в середині обладнання. Процес періодично повторюється шляхом збільшення або зменшення подачі насосної установки 1 (рис.1, а).

Умовою спрацювання пристрою є вибір блоків пружин. Пружини генератора 6 повинні мати більшу жорсткість та спрацьовувати на більшій подачі ніж пружини основної групи 3 (рис.1, а).

Депресивна дія на пласт проводиться при роботі струминного апарату, а репресивна вібраційна дія - при роботі вставки з генератором, який діє на нафтовий пласт утворюючи в ньому систему мікро та макротріщин, збільшуючи приток нафти в свердловині.

Перемикання режимів струминного в вібраційний здійснюється вибором діаметру сопла та зміною продуктивності насосного агрегату, що впливає на робочий тиск дроселювання [2]:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2 \cdot \mu^2} \cdot \frac{Q^2}{S^2}, \quad (1)$$

де ρ - густина робочої рідини, $\rho=1000$ кг/м³; μ - коефіцієнт витрат, $\mu=0,62$; Q – витрата робочої рідини, що надходить до пристрою, $Q=100$ л/хв; S – площа сопла струминного модулю, через яке протікає робоча рідина. Для зміни діаметру сопла в межах 4...8 мм, тиск перемикання модулів змінюється в межах (22,8...1,43) МПа (рис. 2).

В результаті аналізу результатів розрахунку прийнято значення діаметру $d=5$ мм, при якому тиск пермикання струминного і вібраційного модулів складає 9,372 МПа, що в межах робочого діапазону сучасних струминних апаратів [3].

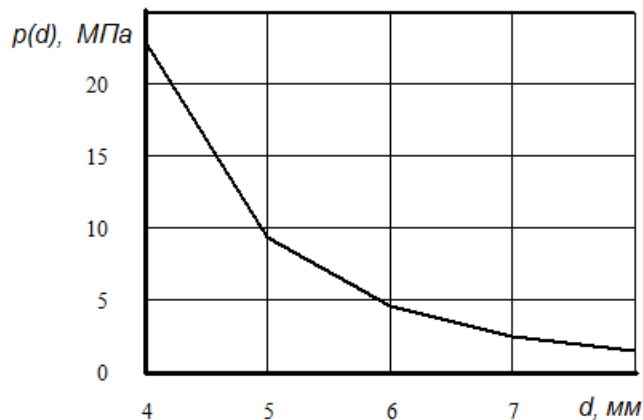


Рисунок 2 – Залежність тиску перемикання струминного і вібраційного модулів від діаметра сопла

Висновки. Синтезовано схеми реалізації раціональних режимів функціонування струминного апарату та вібраційного модулю, за умови зовнішнього впливу продуктивності насосного агрегату. Депресивна дія на пласт проводиться при роботі струминного апарату а репресивна вібраційна дія реалізується при роботі вібраційного модулю. В якості пружних елементів вібраційного модулю прийняті тарілчасті пружини. Пружини зібрані в паралельно-послідовну збірку для збільшення жорсткості пакету. Встановлений раціональний діаметр сопла 5 мм, при якому робочий тиск спрацювання перемикання модулів складає 9,372 МПа, що в межах робочого діапазону сучасних струминних апаратів при подачі рідини від насосного агрегату 100 л/хв.

Література

1. Яремейчук Р.С. Технология повышения продуктивности скважин с помощью струйных аппаратов. – М.: 1992.- 70 с.
2. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин: Учебник для вузов по специальности: "Горные машины и комплексы". М.: Машиностроение , 1979. - 319 с.
- 3 Яремейчук Р.С. Создание глубоких управляемых депрессий на пласт с помощью струйных аппаратов. Нефтяное хозяйство, 1981, № 11, с. 16-19.

УДК 629.027

Новиков А.О.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ АДАПТИВНОГО АМОРТИЗАТОРА УДАРНО-ХВИЛЬОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Анотація. Однією з основних проблем, на вирішення якої витрачається значний науково-технічний матеріальний ресурс, це дослідження впливу збурень (перешкод) різного виду на динамічні процеси апаратури, робочих органів машин тощо. Для зменшення негативного впливу вказаних збурень використовуються різні амортизатори (демпфери) чи поглиначі коливань. У цій статті для гасіння коливань розглядається використовувати амортизатор ударно-хвильових навантажень. Таким чином, можна стверджувати про гостроту проблеми підвищення ефективності робочих транспортних засобів різноманітного призначення. Тому, пошуки шляхів вирішення даної проблеми залишаються актуальними при виконанні робіт по вдосконаленню транспортних засобів та рухомих частин робочого обладнання.

Ключові слова: амортизатор, коливання, збурення, гасіння, транспорт, навантаження.

Abstract. One of the main problems, the solution of which spends a significant scientific and technical material resource, is the study of the impact of perturbations (interference) of various kinds on the dynamic processes of equipment, working bodies of machines and more. To reduce the negative impact of these disturbances, various shock absorbers (dampers) or vibration absorbers are used. This article considers the use of shock-absorbing shock absorbers to dampen oscillations. Thus, we can say about the severity of the problem of improving the efficiency of working vehicles for various purposes. Therefore, the search for ways to solve this problem remains relevant when performing work to improve vehicles and moving parts of work equipment.

Key words: shock absorber, oscillations, perturbations, damping, transport, loading.

Вступ. Система амортизації сприяє кращому керуванню та гальмуванню транспорту для кращої безпеки, а також забезпечує комфортне керування, добре ізолювану від ударів, вібрацій тощо. Отже, стає важливим, щоб амортизатори були ефективними, довговічними та економічними. Щорічно кількість автівок збільшується, як і інфраструктура для зарядки електромобілів продовжує розширюватися. У 2019 році в усьому світі було близько 7,3 мільйона зарядних пристроїв, з них близько 6,5 мільйона - приватні легкові автомобілі, що повільно заряджаються, у будинках, багатоквартирних будинках та на робочих місцях. У 2019 році загальнодоступні зарядні пристрої становили 12% загальних зарядних пристроїв для легкових автомобілів, більшість з яких - повільні зарядні пристрої. У всьому світі кількість загальнодоступних зарядних пристроїв (повільних і швидких) у 2019 році зросла на 60% порівняно з попереднім роком, що перевищує зростання запасів електричних легких автомобілів [1].

Мета та задачі. Підвищення віброгасіння транспортних засобів різноманітного призначення за рахунок встановлення рекуперативних амортизаторів.

Задачами є:

1. Визначити аналіз динамічних характеристик автомобіля, впливових на роботу амортизатора;
2. Розрахувати та визначити параметри п'єзокерамічного перетворювача, як електричного рекуператора енергії.

Матеріал і результати досліджень. В транспортних засобах доволі легко реалізувати системи рекуперації електричної енергії, використовуючи оборотні електромашини та електричні акумулятори. Основним способом отримання акумулювання електричної енергії способом її рекуперації є системи, побудовані на гальмуванні транспортного засобу [2]. Під час руху транспортного засобу, виникають коливання через зміну режиму роботи та нестабільність зовнішніх умов (рельєф, потік повітря, погодні умови тощо), приклад відображення коливань наведено на рис. 1.

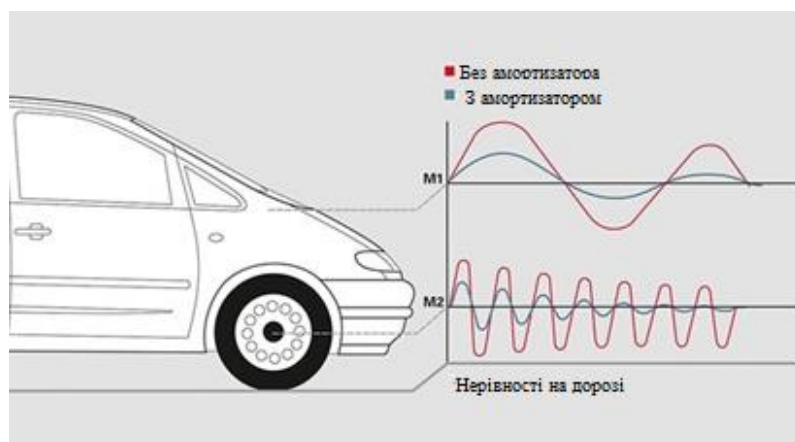


Рисунок 1 – Діаграми коливань автівки з застосуванням амортизатора та без

Амортизатори, які встановлені для гасіння коливань, споживають велику кількість механічної енергії перетворюючи її на тепло, що розсіюється в атмосферу. Пропонується механічну енергію, використовуючи п'єзоэффект, перетворювати в електричну. В якості матеріалу п'єзогенератора пропонується використати п'єзокераміку. П'єзокераміка – за фізичними властивостями це полікристалічний сегнетоелектрик, який є хімічною сполукою або твердим розчином (порошок) зерен (кристалітів) [3].

Випускаються п'єзоелектричні матеріали на базі п'єзоелектричних керамічних матеріалів (далі ПКМ) вони є сегнетоелектричними з'єднаннями або їх твердими розчинами, отримані синтезом з суміші різних оксидів і солей. Більшість сучасних ПКМ складають тверді розчини титаната-цирконата свинцю (ЦТС, PZT), модифіковані різними компонентами і добавками. Випускаються також ПКМ на основі титанату барію (ТБ), титанату свинцю (ТС), ніобата свинцю (НС), титанату вісмуту (ТВ) тощо [4]. П'єзодатчики на основі ПКМ охоплюють широкий діапазон вимірювань, здатні працювати при температурах від $+400^{\circ}\text{C}$ до -270°C , що важливо, витримують високі тиску (для кераміки типу PZT значення допустимих напружень можуть доходити до $(0,7-1,0) \cdot 10^8 \text{ Па}$) [5].

Взаємозв'язок електричних та механічних властивостей кристалів, що демонструють п'єзоэффект, характеризується коефіцієнтом електромеханічного зв'язку $K_{зв}$. За прямого п'єзоэффекту підведена до кристала механічна енергія витрачається не тільки на пружну

деформацію, приводячи не лише до накопичення пружної енергії $W_{\text{пруж}}$, але й до створення електричної поляризації, що обумовлює накопичення електричної енергії $W_{\text{ел}}$ [6]:

$$K_{\text{зв}} = \sqrt{\frac{W_{\text{ел}}}{W_{\text{пруж}} + W_{\text{ел}}}} \quad (1)$$

За для розуміння принципу роботи механізму рекуперації на рис. 2 наведено циклограму роботи амортизатора.

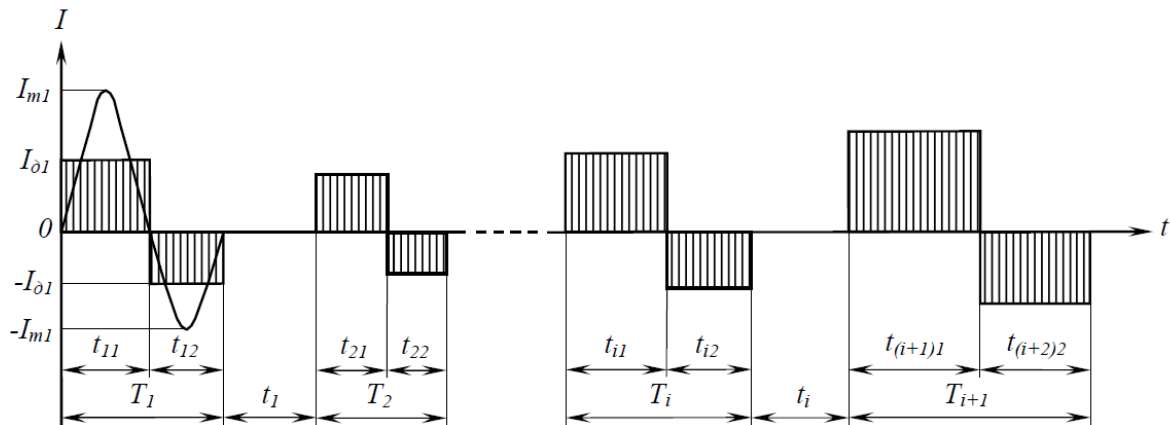


Рисунок 2 – Циклограма роботи амортизатора

При роботі амортизатора його п'єзокерамічними вставками виробляється змінний струм, фрагмент циклограми дійсних значень якого, представлений на рисунку 2. Параметри змінного струму i -го циклу спрацьовування п'єзогенератора, при русі штоку на стискання t_{i1} і витискання t_{i2} з поршня за сумарний період T_i , характеризуються відповідними дійсними позитивним і негативним $\pm I_{di}$ значеннями. Проміжки часу t_i є паузами між періодами T_i спрацьовування п'єзогенератора та їх величина залежить від частоти деформацій пружних елементів підвіски від впливу на колесо нерівностей і дефектів дорожнього полотна.

Ефективність їх впровадження можна визначити за допомогою типового розрахунку. Так напругу, що виникає при одноразовому прикладенні навантаження, можна визначити за формулою [7]:

$$U_1 = \frac{d_{33} \cdot F}{C} = 167,4 \text{ В}, \quad (2)$$

де d_{33} – п'єзоелектричний модуль, для матеріалу PZT-5H $d_{33} = 593 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/Н}$ [8];

F – сила, яка впливає на елемент конструкції із закріпленням перетворювачем, прийемо $F = 12500 \text{ Н}$;

C – електрична ємність п'єзоелектричного перетворювача [9].

$$C = \frac{e \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{l} = 4,427 \cdot 10^{-8} \text{ Ф}, \quad (3)$$

де e – електрична постійна, $e = 5000$;

ε_0 – діелектрична проникність матеріалу п'єзоелектричного перетворювача, для матеріалу PZT-5H, $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$;

S – площа п'єзоелектричного перетворювача, прийmemo $S = 0,01 \text{ м}^2$;

l – товщина п'єзоелектричного перетворювача, прийmemo $l = 0,01 \text{ м}$.

Сила струму I , що виникає на електродах одного перетворювача при одноразовому прикладанні навантаження, становить $0,01 \text{ А}$. Тоді елемент конструкції машини або механізму, що піддається навантаженню з циклічністю до 50 впливів в хвилину, з двома приєднаними перетворювачами може виробляти електричну енергію потужністю [10]:

$$P = U_1 \cdot I \cdot n_1 \cdot n_2 = 167,4 \text{ Вт}, \quad (4)$$

де n_1 – циклічність прикладання навантаження, $n_1 = 50 \text{ д/хв}$;

n_2 – кількість використовуваних перетворювачів, $n_2 = 2 \text{ шт.}$

При безперервній роботі за одну годину часу перетворювачі зможуть виробляти електричну енергію потужністю до $10\,044 \text{ Вт}$ (без обліку втрат).

Висновки. Отже, п'єзогенератори знаходять своє застосування як компоненти рекуперативних систем машин та механізмів, що перетворюють механічну навантаження в електричну енергію. Як показали розрахунки то за вихідними даними можливо отримати потужність $P = 10\,044 \text{ Вт}$, за напруги при одноразовому прикладенні навантаження $U_1 = 167,4 \text{ В}$. Наразі застосування їх в транспортній галузі обмежене, через недоліки конструкцій самих перетворювачів та низьку зацікавленість виробників автотранспорту. Крім того, є складнощі при реалізації систем рекуперації енергії на їх базі, пов'язані з потребою впровадження ефективних систем управління, передачі та накопичення енергії.

Список використаних джерел.

1. Global EV Outlook 2020. International Energy Agency. Червень 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>. (дата звернення 20.04.2021);
2. Поплавко Ю., Якименко Ю. П'єзоелектрики. Навчальний посібник. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 327 с.;
3. Посметьев, В. И. Состояние и обоснование энергосбережения машин и оборудования способом аккумуляирования / В. И. Посметьев, М. В. Жиликов, Д. В. Шмителько // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 3; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2008. – С. 85-91;
4. Жуков С. О. О пьезокерамике и перспективах ее применения. Рынок микроэлектроники. 03.05.2017. URL: http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/01_01/stat-48.htm. (дата звернення 07.05.2021);
5. Бочкарьов Д. І., Пупачов Д. С. Современное состояние и перспективы использования пьезопреобразователей в конструкциях мобильных машин. Механика машин, механизмов и материалов. 2019. №1(46). С. 13-18;

6. Сиротин Ю. И., Шаскольская М. П. Основы кристаллофизики. Москва: Наука, 1979. 640 с.;
7. Королюк А. П., Мацаков Л. Я., Васильченко В. В. Определение упругих и пьезокристаллических постоянных монокристаллов ниобата лития // Кристаллография. 1970. Т. 15, № 5. С. 1028–1032. 1
8. Довгяло В. А., Бочкарьов Д. І. Дорожно-строительные машины. Машины для земельных работ: учебное пособие. Гомель: Білоруський державний університет транспорту, 2010. 250 с.;
9. Богуш М. В. Пьезоэлектрическое приборостроение: сб. в 3 т. Ростов-на Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2006;
10. Шарапов В. М., Мусієнко М. П., Шарапова О. В. Пьезоэлектрические датчики. Москва, Техносфера, 2006. 632 с.

УДК622.323

Будовський І.О.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

ДЕПРЕСИВНИЙ ГЕНЕРАТОР ІМПЛОЗІЙНОЇ ДІЇ НА КОЛЕКТОР НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Анотація. У статті досліджено спосіб підвищення продуктивності нафтової свердловини за рахунок дії імпульсного пристрою імпульсами тиску на смолисті та парафінові відкладення в пластовому колекторі нафтової свердловини.

Ключові слова: депресивний генератор, імпульсія, вакуумна камера, гідроудар, ефективність.

Abstract. The method of increase of oil well productivity due to the action of the implosion device by pressure pulses on resinous and paraffin deposits in the reservoir reservoir of the oil well is investigated in the article.

Keywords: depressive generator, implosion, vacuum chamber, hydraulic shock, efficiency.

Вступ. На сьогодні 56,4 % запасів нафти та понад 12 % запасів газу за своїми характеристиками належать до важковидобувних. Безперечною умовою стабілізації та зростання видобутку нафти і газу в Україні є вдосконалення існуючих систем видобутку та впровадження нових методів інтенсифікації видобутку вуглеводнів [1].

Мета та завдання. Обґрунтування структури та функцій депресивного генератора імпульсійної дії, з визначенням рівня підвищення амплітуди тиску.

Матеріал і результати досліджень. Методи дослідження включають системний аналіз існуючих конструкцій та основних залежностей імпульсійних процесів.

Запропонована конструктивна схема генератора імпульсійної дії (ГІД) (рис.1) включає корпус (1), поршень (2), імпульсійний клапан (3), імпульсійну камеру (4), клапан часової затримки (5), шток (6), фільтр (7), перехідник (8) для навішування генератора на колону компресорних труб (НКТ), центральний канал зв'язку імпульсійної камери (4) з НКТ, радіальні канали (10) в корпусі (1) для зв'язку з затрубним простором обсадної колони.

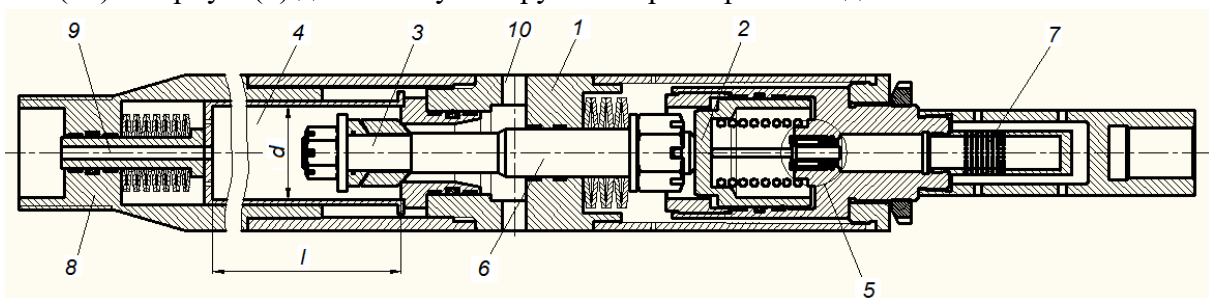


Рисунок 1 – Конструктивна схема генератора імпульсійної дії (ГІД)

ГІД опускається на колоні НКТ безпосередньо в зону перфораційних отворів в обсадній колоні. Над ГІД послідовно встановлюються струминний насос і пакер. За допомогою струминного насоса в колоні НКТ різко знижують тиск. Тиск падає і в імпульсійній камері через її гідравлічний зв'язок з НКТ через отвір (9), а тиск в затрубному просторі залишається на рівні гідростатичного, який відповідає глибині установки ГІД. За визначеним перепадом

тисків в колоні НКТ і затрубу, спрацьовує клапан (3) і камера (4) різко з'єднується з затрубним простором реалізуючи імпульсійний процес гідроудару. При цьому, на початку клапан (3) закривається повільно, через спрацювання блоку часової затримки, а надалі - різко перекриває потік із затруба в імпульсійну камеру реалізуючи повторний прямий гідроудар. Після закінчення хвильового процесу елементи ПІД повертаються в початкове положення і далі цикл повторюється.

Швидкість руху рідини по імпульсійній камері в залежності від її довжини (довжини камери сопла депресатора) визначається залежністю [2]:

$$w = \varphi \sqrt{\frac{2p_0 d}{\rho \lambda l} \left[1 - \exp \left(-\frac{\lambda (l-l_0)}{d} \right) \right]}$$

де φ – коефіцієнт швидкості, прийнятий для даної конструкції $\varphi=0,71$; p_0 – гідростатичний тиск в свердловині глибиною 3000 м, $p_0 = 30 \cdot 10^6$ Па; ρ – густина рідини, $\rho = 1000$ кг/м³; d – внутрішній діаметр НКТ, $d=0,059$ м; λ – коефіцієнт гідравлічного опору тертя, $\lambda = 0,02$; l – оптимальна довжина імпульсійної камери, приймається $l = 1,3$ м, надалі поточне значення x ; l_0 – розмір, який характеризує втрати довжини імпульсійної камери через розташування механізму різкого перекриття, $l_0 = 0$.

Підвищення тиску від різкого перекриття руху рідини визначається за формулою Жуковського [3]:

$$\Delta p = \rho c w,$$

де c – швидкість звуку в рідині, $c=1400$ м/с.

Для змінної довжини імпульсійної камери $x=0, \dots, 10$ м. за формулою

$$w(x) = \varphi \sqrt{\frac{2p_0 d}{\rho \lambda (x + 0,000001)} \left[1 - \exp \left(-\frac{\lambda (x-l_0)}{d} \right) \right]},$$

яка реалізована в MathCAD, отримана залежність швидкості рідини при її різкому вливанні в імпульсійну камеру в залежності від довжини камери (рис 2).

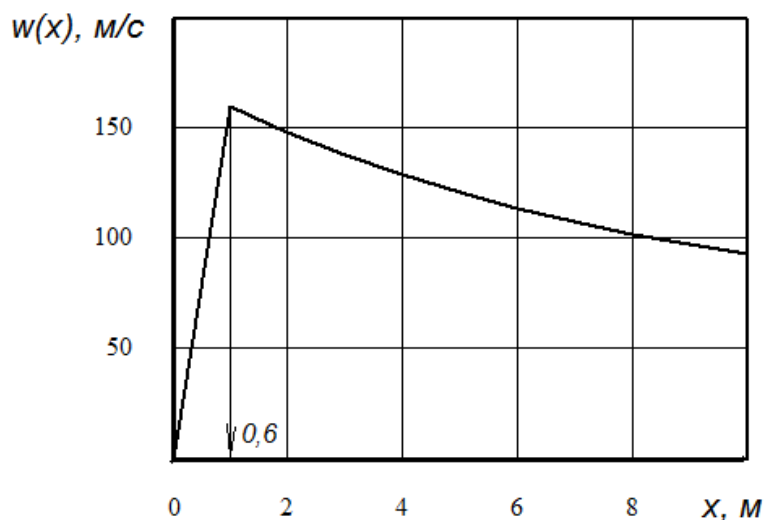


Рисунок 2 – Залежність швидкості імпульсійного потоку від довжини імпульсійної камери

Відповідно зміна тиску гідроудару визначається залежністю:

$$\Delta p(x) = \rho \cdot c \cdot w(x)$$

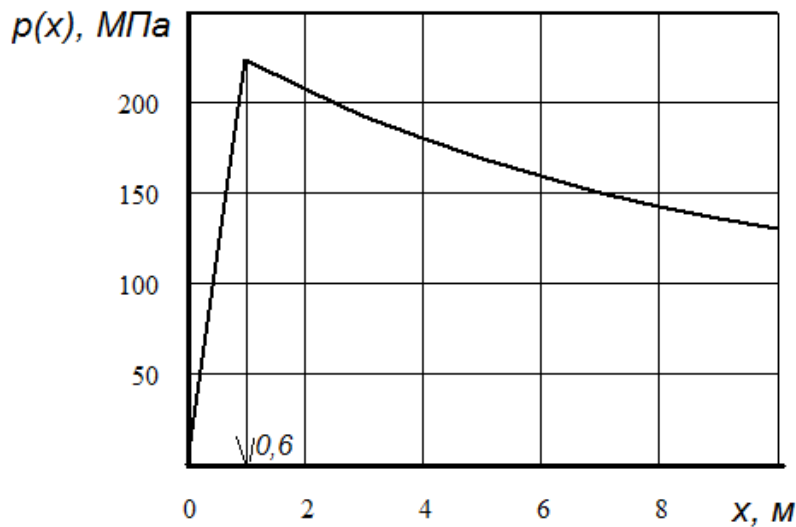


Рисунок 3 – Залежність тиску гідроудару від довжини імпульсійної камери

Як видно з графіків (рис.2, 3) оптимальне значення довжини камери імпульсії $l_{onm} = 0,6$ м, при цьому досягається максимальні значення швидкості і тиску гідроудару відповідно: $w(0,6) = 165$ м/с; $\Delta p(0,6) = 231,6$ МПа.

Отже, при конструктивній реалізації (рис.1) визначена оптимальна довжина імпульсійної камери 0,6 м з діаметром 0.059 м.

Висновки.

Синтезовано конструктивну схему генератора імпульсійної дії та встановлені силові характеристики дії на привибійну зону нафтової свердловини. Встановлені параметри генератора, характерні для свердловини глибиною 3000 м: оптимальне значення довжини імпульсійної камери 0,6 м з діаметром 59 мм; швидкість імпульсійного потоку 165 м/с; тиск гідроудару 231,6 МПа. В цьому випадку тиск гідроудару, який досягає значної величини, може впливати на привибійну зону свердловини і далі на пластову систему як сейсмічний фактор, що призведе до зміцнення пластової системи і, як наслідок, підвищення видобутку вуглеводнів.

Список літератури

1. Дыбленко В.П., Камалов Р.Н., Шариффулин Р.Я., Туфанов И.А. Повышение продуктивности и реанимация скважин с применением виброволнового воздействия. –М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2000. – 381 с.
2. Попов А.А. Импульзия в процессах нефтедобычи. М.: Недра, 1996. – 186 с.
3. Коваль П.В. Гидравлика и гидропривод горных машин: Учебник для вузов по специальности: “Горные машины и комплексы”. М.: Машиностроение, 1979. - 319 с.

УДК622.323

Котомова Р.І.

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

РОЗРОБКА СТРУМИННОГО ДВОРЕЖИМНОГО НАСОСУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ НАФТОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ

Анотація. В роботі представлено конструкцію струминного дворежимного насосу, який значно скорочує процес хімічних обробок, під час проведення капітального ремонту свердловини.

Ключові слова: дебіт, привибійна зона свердловини, струминний насос, камера змішування, насосно-компресорні труби (НКТ)

Abstract. The paper presents the design of a two-mode jet pump, which significantly reduces the process of chemical treatments during the overhaul of the well.

Keywords: flow rate, downhole zone of the well, jet pump, mixing chamber, pump-compressor pipes

Вступ. Під час закінчення свердловин бурінням привибійна зона часто забруднюється фільтратом промивальної рідини, що, з часом, особливо на пізніх етапах експлуатації, призводить до закупорки пор пласта та зниження природної проникності порід. Також, іноді, при загальній високій проникності порід пласта окремі свердловини розкривають зони із зниженою проникністю, що обумовлює погіршення припливу нафти і газу до цих свердловин. І в процесі експлуатації свердловин їх привибійні зони можуть закупорюватися відкладеннями парафіну, асфальтенів і смол, що також знижує приплив нафти до свердловин [1]. Для видалення забруднень і підвищення дебіту, часто використовують кислотні методи обробки. Процес обробки має відносно велику вартість та тривалість, що призводить до зниження загальної ефективності кислотних обробок [1].

Мета дослідження. Розробити конструкцію струминного насосу, який би значно скоротив процес обробки свердловини, підвищивши тим самим її якість та знизивши капітальні витрати. Провести аналізування параметрів його функціонування та використання струминного дворежимного насосу в процесі кислотної обробки привибійної зони пластів свердловин.

Матеріали та результати досліджень. Кислотна обробка свердловин полягає в заливанні або закачуванні в свердловину і продавлюванні в пристовбурну зону водоносного або нафтоносного пласта рідиною або повітрям під тиском інгібованих кислотовмісних розчинів на основі соляної, фтористоводневої, оцтової і сульфамінової к-т або їх сумішей. Основна задача кислотної обробки — утворення глибоко проникаючих у пласт каналів роз'їдання, що з'єднують вибій свердловини з насиченими нафтою і газом ділянками пласта [2]. Зазвичай, алгоритм кислотної обробки містить декілька етапів: опускання труб з пакером і задавлювання кислотного розчину, піднімання труб, опускання труб з пакером і струминним насосом, відкачування продуктів реакції, піднімання обладнання, промивання свердловини.

Описаний алгоритм обробки потребує вдосконалення, оскільки він не завжди приносить очікуваного результату, або ж на нього використовується надто багато часу та ресурсів.

Запропоновано конструкцію струминного дворежимного насоса, який здатен значно зменшити час на обробку за рахунок зменшення кількості спуско-піднімальних операцій. Даний насос здатен працювати в режимі труби та безпосередньо насосу. Конструкція такого насоса представлена на рис.1. Робочий потік в режимі труби рухається по каналу 4, потім потрапляє в канал 11 і далі під насос в привибійну зону. Для того щоб перемкнути прилад в режим насоса необхідно робочу рідину під тиском подати в затрубний простір через канал 5 у внутрішню частину насоса, саме через це рухома конструкція, що складається з конфузора, дифузора та втулки зривається з фіксаторів та переміщується в нижнє положення. Далі, через НКТ та канал 4 робочий потік надходить до входу в конфузور, далі в камеру змішування, де, внаслідок створення розрідження, підсмоктується потік з продуктами реакції (інжектований потік) з підпакерної зони через канал 8. Потім змішаний потік через дифузор 1 та канал 5 надходить в затрубний простір і піднімається на денну поверхню.

Проаналізувавши принцип роботи струминного дворежимного насоса, можна зробити висновок, що при застосуванні його під час кислотної обробки нафтового пласта, зменшується довгостривалий час підйому і опускання всього необхідного обладнання, а отже з'являється можливість значно економити час та ресурси.

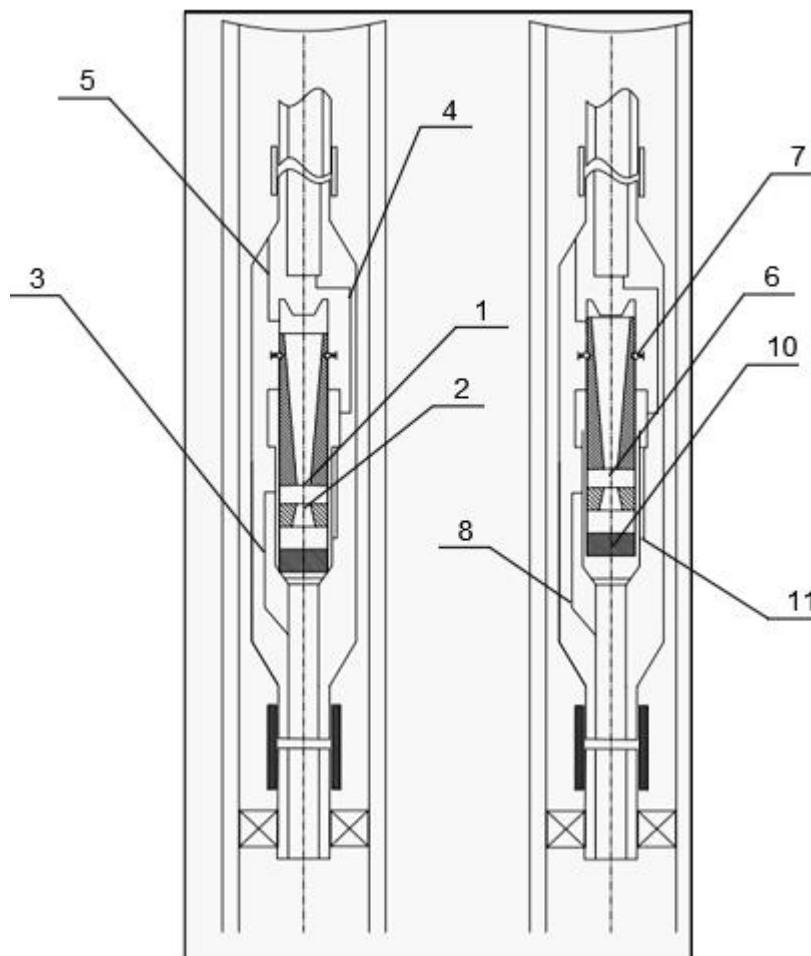


Рисунок 1- Схема струминного дворежимного насоса

Для ефективного функціонування струминного насосу, необхідно, щоб значення одного з основних характерних параметрів, а саме коефіцієнту інжекції було в межах від 0,1 до 0,5. Розрахунками було встановлено, що значення коефіцієнта інжекції вищеописаного струминного дворежимного насосу складає 0,416, яке є цілком достатнім для проведення ремонтних робіт для покращення продуктивності нафтової свердловини.

Висновок: Використання нової установки струминного дворежимного насосу здатне вдосконалити хімічний метод впливу на продуктивний пласт, оскільки використовуючи дану установку, з алгоритму кислотної обробки можна зменшити кількість спуско-піднімальних операцій, що є причиною економії часу та капітальних витрат.

Список літератури

1. Розробка та експлуатація нафтових родовищ: підручник для студентів ВНЗ / В. С. Бойко. — Київ: ІСДО, 1995. — 496 с.
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А — К. — 640 с. — ISBN 966-7804-14-3.

СЕКЦІЯ 5.

ПРОБЛЕМИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН. ГЕОТЕХНІЧНЕ І МІСЬКЕ ПІДЗЕМНЕ БУДІВНИЦТВО. ІНЖЕНЕРНА ЕКОЛОГІЯ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ.

УДК 622.235.535

Р. Ф.Харченко, магістр кафедри геоінженерії
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ПРИНЦИПИ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ РЕГІОНІВ НА ПРИКЛАДІ ЛЬВІВСЬКО–ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ

У роботі розглянуто питання справедливої трансформації вугільних регіонів України в контексті світової декарбонізації і сталого розвитку. Проаналізовано європейський досвід трансформації вугільної галузі та можливості його використання в Україні. Визначено принципи, напрями та механізми трансформації вугільних регіонів на прикладі Львівсько-Волинського басейну.

Ключові слова: *справедлива трансформація, вугільні регіони, декарбонізація, сталий розвиток.*

PRINCIPLES OF TRANSFORMATION OF COAL REGIONS ON THE EXAMPLE OF LVIV-VOLYN BASIN

The paper considers the issue of fair transformation of coal regions of Ukraine in the context of global decarbonization and sustainable development. The European experience of transformation of the coal industry and possibilities of its use in Ukraine are analyzed. The principles, directions and mechanisms of transformation of coal regions on the example of the Lviv-Volyn basin are determined.

Key words: *fair transformation, coal regions, decarbonization, sustainable development.*

Вступ. Перехід провідних країн світу до низьковуглецевої економіки, створення сталого та конкурентоспроможного виробництва вказує на докорінну трансформацію вугільного сектору України, що потребує значних інноваційних перетворень. Відповідно до «Енергетичної стратегії України до 2035 р.» та Концепції трансформації вугільних регіонів України передбачається закриття усіх збиткових державних підприємств галузі до 2030 р. [1–3]. Наразі основними завданнями державної стратегії регіонального розвитку на період 2021–2027 р. є сприяння впровадженню інноваційних рішень у сфері видобутку вугілля, використання супутніх ресурсів (зокрема, шахтного метану, технологій підземної газифікації вугілля, шахтних вод тощо), створення належних умов для функціонування вітчизняної традиційної енергетики, стимулювання розвитку альтернативної енергетики, відновлення та розбудова трансформованих вугільних територій, забезпечення їх соціальної, економічної та екологічної безпеки тощо [4–6].

Аналіз стану питання. Аналіз динаміки розвитку вугільної галузі України свідчить, що вона занепадає. У 1991 р. в країні налічувалося 276 державних шахт, станом на 2021 р. – їх 33 [7]. Також кількість працівників вугільної галузі скоротилася з близько 1 мільйона у 1991 році до 56 тисяч [7]. Частково це зумовлено збройним конфліктом на Сході, оскільки на непідконтрольних територіях залишилися 95 шахт. Однак з 2004 року в Україні ліквідовано 68 державних гірничих підприємств, 19 державних шахт зараз перебувають в процесі ліквідації. Водночас собівартість видобутку вугілля зростає. Державні вугільні шахти

зазнають збитки в середньому у 230 євро на тону видобутого вугілля. Тому держава продовжує і надалі надавати дотації в цей сектор, знижуючи витрати на заходи з енергоефективності. Відповідно до звіту про прямі субсидії у вугільний сектор протягом 2018–2019 років серед договірних сторін Енергетичного Співтовариства, Україна – лідер із надання субсидій для вугільного сектору. З 2018 року прямі субсидії склали 275,44 млн євро, а 2019-го зросли майже вдвічі – до 476,08 млн євро. Загальний видобуток вугілля зменшився з близько 65 млн. т. у 2014 р. до 29 млн. т. у 2020 р. (рис. 1) [7].

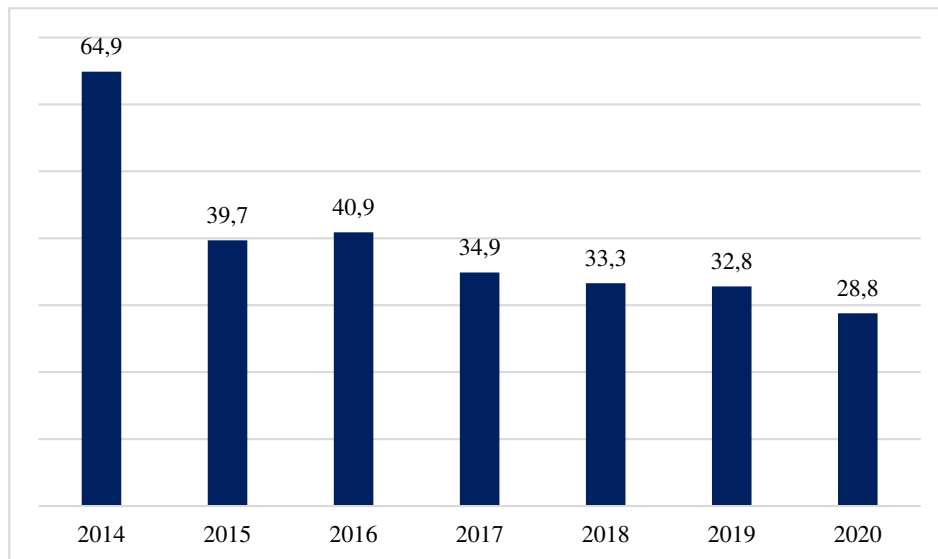


Рисунок 1 – Динаміка видобутку вугілля в Україні за 2014–2020 рр., млн. т.

За підрахунками, закриття збиткових шахт зменшить витрати держави на 35% навіть з урахуванням витрат на виведення шахт з експлуатації та компенсацію для робітників. Крім того, майже 96% шахт працюють без реконструкції понад 20 років.

Однак, аналіз досвіду закриття шахт в Україні свідчить, що не було обґрунтованих планів соціально-економічної підтримки регіонів і це призвело до виникнення комплексних негативних наслідків. Водночас видобуток вугілля і далі залишається одним із складників енергетичного забезпечення країни, попри інтенсивне впровадження в Україні альтернативних та відновлювальних джерел енергії.

Серйозною складовою питання трансформації галузі і, зокрема, закриття шахт є вирішення соціальних та екологічних наслідків, котрі виникатимуть в процесі реформування галузі. За таких обставин проблематика справедливої трансформації та підвищення економічної, соціальної та екологічної безпеки тощо енергетичного сектору в Україні загалом та в її основних вуглевидобувних регіонах, до яких належить і Львівсько-Волинський басейн, набуває особливої актуальності.

Метою роботи є визначення принципів трансформації вугільних регіонів України, зокрема на прикладі Львівсько-Волинського басейну, які б відповідали як державним інтересам, так і інтересам регіонів, у котрих вугільна промисловість відігравала важливу соціально-економічну роль як одна з основних сфер зайнятості місцевого населення.

Виклад основного матеріалу. Поняття «справедлива трансформація» означає таку модель розвитку вугільних регіонів, котра забезпечить збалансоване та більш продуктивне використання енергетичних ресурсів для підвищення екологічної та соціальної безпеки країни. На рис. 2 наведено вугледобувні регіони України та аналітичні дані щодо зайнятості населення у вугільній галузі. Отже, найбільшими ризиками може бути зниження рівня життя працівників державних підприємств вугільної галузі у випадку ліквідації/консервації шахт. Оскільки вразливою групою у випадку закриття всіх державних шахт залишається близько 38 тис. шахтарів, котрим необхідно створити альтернативні робочі місця після закриття чи реорганізації вугільних підприємств [8].

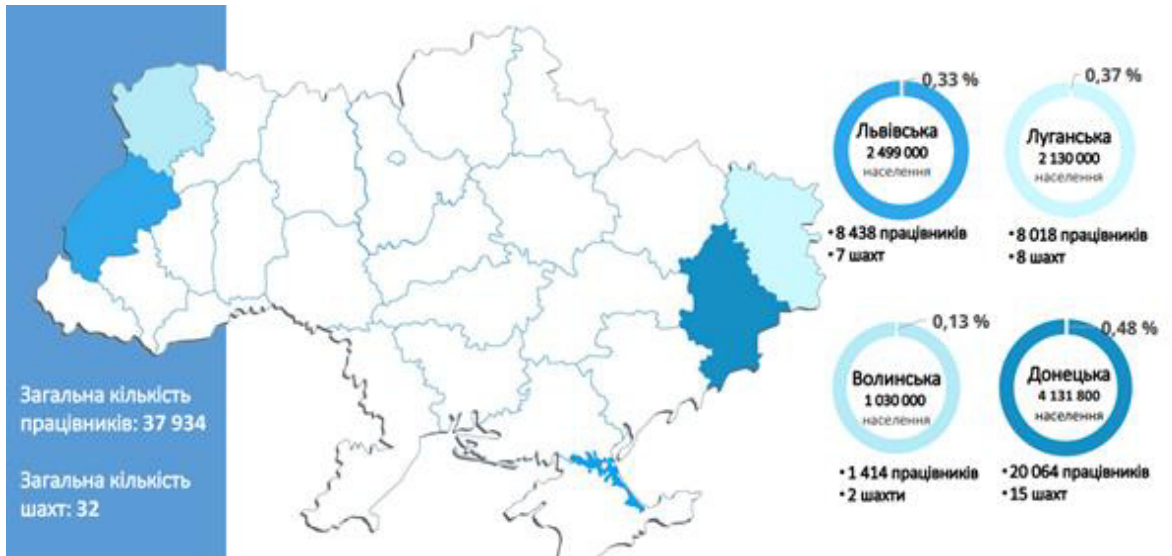


Рисунок 2 – Вугледобувні регіони та зайнятість населення у вугільній галузі [8]

Таким чином, проблема регулювання розвитку депресивних вугледобувних регіонів тісно пов'язана з регулюванням самої вугільної галузі. Основні поклади українського вугілля зосереджені саме у Львівсько-Волинському вугільному басейні. Зазначимо, що усі вуглевидобувні підприємства Західного регіону України, на відміну від інших, перебувають у державній власності.

Львівсько-Волинський вугільний басейн розташований на північному заході України у верхній течії річки Західний Буг і є південно-східною частиною Люблінського вугільного басейну, що знаходиться на території Польщі. Площа Львівсько-Волинського вугільного басейну складає 1400 км², протяжність понад 190 км, середня ширина приблизно 60 км. В межах Львівсько-Волинського басейну розташовані 4 кам'яновугільні родовища: Нововолинське, Забузьке, Межиріченське і Сокальське. На базі Львівсько-Волинського вугільного басейну функціонують вугледобувні підприємства Львівської та Волинської областей, на які припадає близько 7% загального обсягу видобування вугілля в Україні. Львівський регіон представляють: ДП «Львіввугілля» (7 вуглевидобувних шахт). У Волинській області функціонує ДП «Волиньвугілля» (2 діючі вугледобувні шахти) (табл. 1) [9].

Таблиця 1 – Добувні підприємства Львівсько-Волинського вугільного басейну

Назва підприємства	Видобуток вугілля за 2017 р., тис. т	
	План	Факт
ДП «Львіввугілля»	1722,0	1341,2
Шахта «Великомостівська»	250, 0	228,7
Шахта «Межирічанська»	277, 5	161,0
Шахта «Відродження»	263, 0	162,0
Шахта «Лісова»	218,5	221,0
Шахта «Зарічна»	132	78
Шахта «Степова»	280	186
Шахта «Червоноградська»	301	302
ДП «Волиньвугілля»	400	376
Шахта «Бужанська»	190	142
Шахта «Нововолинська»	120	138

Проведений аналіз [9] демонструє вкрай низьку економічну ефективність діяльності більшості вуглевидобувних потужностей Західного регіону України, що призведе до появи нових депресивних районів. На рис.3 наведено приклади населених пунктів, які підпадають під трансформацію вугільних регіонів.



Рисунок 3 – Приклади населених пунктів, які підпадають під трансформацію вугільних регіонів [8]

Таким чином, процес трансформації передбачає оцінку ресурсного потенціалу окремих вугільних підприємств та прийняття на цій основі рішення про їх закриття або подальшу приватизацію. Разом з цим, відповідно до кліматичних цілей, багато країн оголосили про припинення електрогенерації на основі вугілля з метою декарбонізації своїх

електроенергетичних систем. На сьогодні 20 із 27 країн - членів ЄС оголосили про відмову від використання вугілля як джерела електроенергії або вже не використовують його.

Отже, відповідно до глобальних та національних викликів маємо з однієї сторони деградацію вугільної промисловості, а з іншої – розвиток енергетики на відновлюваних джерелах У роботі [10] зазначається, що відновлювані джерела енергії за сценарієм переходу забезпечують більше половини виробництва електроенергії до 2030 року. На основі проведених досліджень [10] було змодельовано сценарій переходу, який передбачає лінійне закриття усіх вугільних потужностей в Україні у період 2021–2030 років. Паралельно встановлена потужність виробництва електроенергії з відновлюваних джерел за цим сценарієм 35 ГВт потужності вітрової, сонячної, гідро- та біоенергетики до 2030 року. Інші потужності, такі як атомна генерація, залишаються незмінними або змінюються відповідно до поточних планів щодо закриття або введення в експлуатацію (рис. 4). Таким чином, ключовими принципами трансформації мають бути поступовість, поетапність, довгостроковість, державна бюджетна підтримка, залучення нових інвесторів, створення робочих місць, вивільнення та навчання персоналу тощо.

Проблеми розвитку трансформованих вугільних регіонів та їх реабілітації на основі інженерних та екологічних технологій потребують регулювання, які впроваджуються на державному рівні та побудовані на основі балансу інституційних інтересів держави, бізнесу та науки. У зв'язку з трансформацією вугільної галузі невирішеним досі питанням залишається удосконалення вже наявних в Україні механізмів державно-приватного стимулювання розвитку депресивних вугледобувних регіонів з урахуванням принципів та положень комплексної концепції справедливої трансформації.

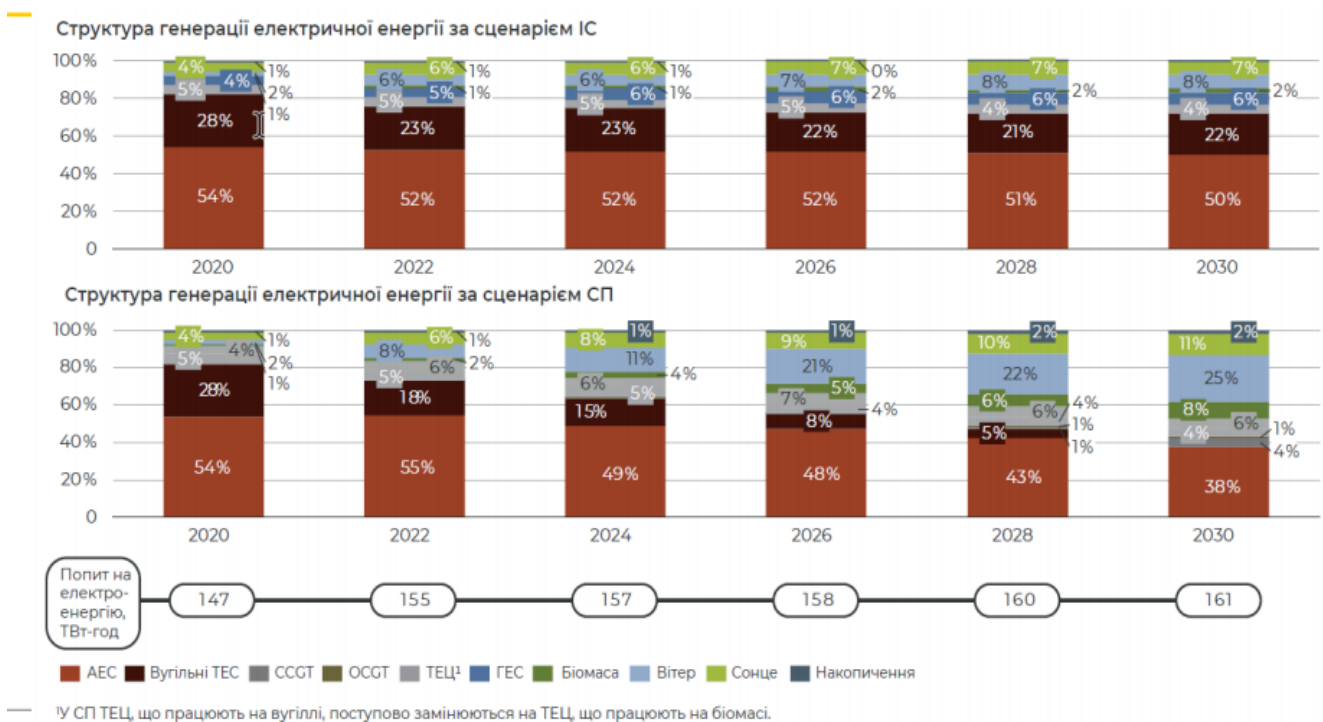


Рисунок 4 – Структура генерації електричної енергії за сценарієм [10]

Отже, враховуючи світовий тренд декарбонізації економіки для виконання цілей Сталого розвитку та амбітних цілей Паризької кліматичної угоди, а також Європейський Green Deal, Україні потрібні дієві кроки для забезпечення економічної, екологічної та соціальної безпеки трансформованих вугільних регіонів. Наразі деякі збиткові шахти України просто ліквідуються без виконання належної державної підтримки (наприклад, забезпечення новими робочими місцями) як самих вивільнених шахтарів, так і мешканців тих територій, котрі залежать від вугільної промисловості, а також, без врахування подальших економічних та екологічних наслідків занедбаних регіонів.

Висновок. Основними принципами справедливої або зеленої трансформації вугільних регіонів є використання їхнього потенціалу для створення привабливого для життя середовища, що підвищить екологічну та соціально-економічну безпеку таких територій після закриття об'єктів вугільної промисловості. Також використання нових енергетичних технологій дозволить зменшити негативні наслідки ліквідації безперспективних вугільних шахт та інших підприємств, збільшити зайнятість населення місцевих громад, забезпечити позитивний вплив на промислову й екологічну безпеку, фінансування та соціально-економічний розвиток територій. Необхідними є реалізація проєктів для сприятливого інвестиційного розвитку вугільних територій, враховуючи найкращі Світові практики, наприклад розробка моделей індустріальних та екоіндустріальних парків, переформатування гірничих підприємств на інші види економічної діяльності тощо.

Список використаної літератури

1. Проєкт розпорядження Кабінету Міністрів України “Про схвалення Концепції трансформації вугільних регіонів України на період до 2030 року”. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua>. – Назва з екрана.
2. Нова енергетична стратегія України до 2035 року: «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112>. – Назва з екрана.
3. Цілі сталого розвитку - Global Compact Network Ukraine. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://globalcompact.org.ua/pro-nas/tsili-stijkogo-rozvytku/>. – Назва з екрана.
4. Проєкт КМУ «Про схвалення Другого національно визначеного внеску України до Паризької угоди». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/>. – Назва з екрана.
5. Дорожня карта кліматичних цілей України до 2030 року. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2020/02/dk-clim-ciley-full2.pdf>. – Назва з екрана.
6. Проєкт Аналітичного огляду Другого національно визначеного внеску України до Паризької угоди, квітень 2021. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua>. – Назва з екрана.
7. ЗВІТ про результати аудиту ефективності використання коштів державного бюджету, передбачених Міністерству енергетики та вугільної промисловості України на державну підтримку вугледобувних підприємств на часткове покриття витрат із собівартості готової товарної вугільної продукції. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://rp.gov.ua/upload-files/Activity/Collegium/2019/32-2_2019/Zvit_32-2_2019.pdf. – Назва з екрана.

8. Про розробку національної програми трансформації вугільних регіонів України до 2027 року. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/konczepczya-naczionalnoyi-programy-transformacziyi-vugilnyh-regioniv-ukrayiny-do-2027-roku/> – Назва з екрана.

9. Босак П. В. Екологічна безпека стічних вод породних відвалів вугільних шахт Нововолинського гірничопромислового району. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека» (101 «Екологія»). – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Львів, 2021.

10. Економічні наслідки поступової відмови від використання вугілля в Україні до 2030 року / М. Пройс, О. В. Михайленко, І. Сабака, Б. Пробст; за заг. ред. П.Баума та О. Р.Алієвої. - К.: 7БЦ, 2021. - 140 с.

УДК 624.191.242

О.С. Вислоух, магістрант кафедри Геоінженерії,
науковий керівник В.В. Вапнічна
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРИ СПОРУДЖЕНІ ДЕМОНТАЖНО-ЩИТОВОЇ КАМЕРИ В ІСНУЮЧОМУ СТВОЛІ

Тези присвячені актуальній темі - визначенню методу послідовного виконання робіт для недопущення деформацій при безпосередній експлуатації демонтажно-щитової камери.

В роботі на основі комп'ютерно-математичного моделювання в залежності від методу виконання робіт визначено навантаження на кріплення, величину деформацій.

Також внесено пропозицію щодо методу закріплення для можливості безпечного виконання робіт та приведення стану ґрунтового масиву у сталий стан.

Ключові слова: спорудження, демонтажно-щитова камера, тунель, методи спорудження, ґрунтовий масив, тунелепрохідницький комплекс.

TECHNOLOGICAL ASPECTS IN THE CONSTRUCTION OF A DISASSEMBLY AND BOARD CAMERA IN AN EXISTING TRUNK

Theses are devoted to a topical issue - the definition of the method of sequential work to prevent deformation during direct operation of the dismantling panel.

In the work on the basis of computer-mathematical modeling, depending on the method of work, the load on the mounting, the amount of deformation is determined.

A proposal was also made on the method of fixing for the possibility of safe performance of works and bringing the condition of the soil mass into a stable condition.

Key words: construction of dismantling and panel chambers in the existing tunnel; analysis of existing methods of construction of dismantling panel boards; characteristics of the soil mass.

Вступ. При виконанні робіт під час будівництва тунелів та метрополітенів в Україні через існуючі шахтні стволи проводиться демонтаж механізованих тунелепрохідних комплексів, які безпосередньо беруть участь в активній розбудові інфраструктури міста.

Метою роботи є аналіз та порівняння методів виконання робіт при спорудженні демонтажно-щитової камери в існуючому стволі.

Завданням роботи є розрахунок впливу навантажень на майбутню виробку з розглядом новітньої технології закріплення ґрунтів (SPT).

Матеріали та результати дослідження. Для організації процесу демонтажу в існуючому стволі проводиться ряд підготовчих робіт, а саме:

- закріплення ґрунтового масиву;
- демонтаж існуючих блоків оправи стволу;
- спорудження демонтажно-щитової камери (сполучення) стволу з тунелем;
- проведення робіт з демонтажу щитового комплексу.

Основними чинниками для вибору методу виконання робіт є:

1. Технологія спорудження вже існуючого стволу.
2. Геологічні та гідрогеологічні умови.
3. Розміри майбутньої виробки.

Розглянемо два методи виконання робіт.

1. Спорудження суцільним забоєм, породу виймають по всьому перетині на проектну довжину спорудження демонтажно-щитової камери. По мірі виїмки породи зводять тимчасове анкерне кріплення в поєднанні з металевою сіткою або металевими арками. Можливо також застосування тимчасової дерев'яної затяжки. Породу транспортують в ствол, вантажать пневмонавантажувачами в бадді і видають на поверхню.

Найбільш поширеною є схема спорудження демонтажно-щитової камери шарами зверху вниз. При цьому перетин сполучення поділяють на два-три шари, висота шару 1,8-2,5 м. Ствол поглиблюють до ґрунту верхнього шару, після чого здійснюють виїмку породи у верхньому шарі на всю довжину спорудження демонтажно-щитової камери і зводять тимчасове кріплення. Далі зводять в напрямку від забою спорудження демонтажно-щитової камери до ствола - постійне бетонне або залізобетонне кріплення.

2. Спорудження сполучення незалежними забоями за допомогою бокових виробок проводять в слабостійких породах при значному гірському тиску. Прохідницькі роботи за цією схемою виконують в декілька етапів. Спочатку по краях спорудження демонтажно-щитової камери проводять бокові виробки шириною 1,8-2,0 м і висотою 2,0-2,5 м з тимчасовим дерев'яним кріпленням. Потім в бокових виробках зводять бетонні стіни сполучення. Далі виймають породу в частині склепіння сполучення зі зведенням тимчасового дерев'яного кріплення, після чого встановлюють опалубку і від забою до ствола зводять бетонне кріплення в склепінні. Потім виймають породний цілик, після цього здійснюють подальшу проходку ствола.

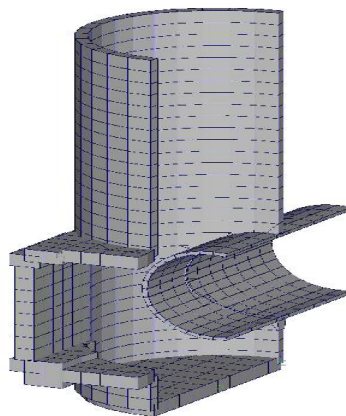


Рисунок 1 – Візуалізація існуючого ствола та майбутньої монтажно-щитової камери.

До виконання робіт зі спорудження демонтажно-щитової камери (рис. 1), ґрунтовий масив біля ствола знаходиться в стані стійкої рівноваги. Його напружений стан характеризується силою тяжіння ґрунту та незначними тектонічними й температурними факторами. Після виконання робіт з розкриття виробки, напружений стан переходить в двосторонній: вертикальний та горизонтальний й супроводжується навколо контуру ствола зоною непружної деформації. Величина зони залежить від глибини закладання, фізико-

механічних властивостей ґрунтового масиву, піддатливістю тимчасового кріплення, геометричними розмірами виробки.

При визначенні методу виконання робіт кріплення бокових виробок, штольні та каллоти приймаються за методом проф. Протодіяконова з умовою можливості утворення в породному масиві самонесучого склепіння обвалення у разі, достатній по висоті однорідного інженерно-геологічного масиву ґрунту над склепінням майбутньої виробки.

Величина навантаження приймається, як вага умовно розрихленої породи в межах контуру склепіння обвалення. Навантаження на тимчасове кріплення залежить від вчасного (в процесі розробки), якомога щільнішого прилягання його до породи. З часом навантаження зменшується в наслідок «пристосування» масиву та кріплення до нового стану силових впливів.

Найбільш складним етапом спорудження камери є влаштування сполучення з стволом. При розкритті виробки виникають концентрації навантаження, що призводить до їх нерівномірного розподілу на кріплення (рис. 2). Виконання робіт необхідно виконувати зверху вниз. Обпирання склепіння залізобетонної конструкції з відповідною жорсткістю, відбувається на верх оправки камери (рис. 3).

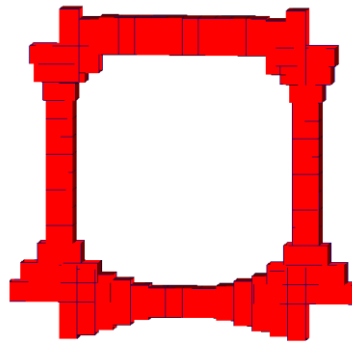


Рисунок 2 – Схема розподілу навантажень в демонтажно щитовій камері

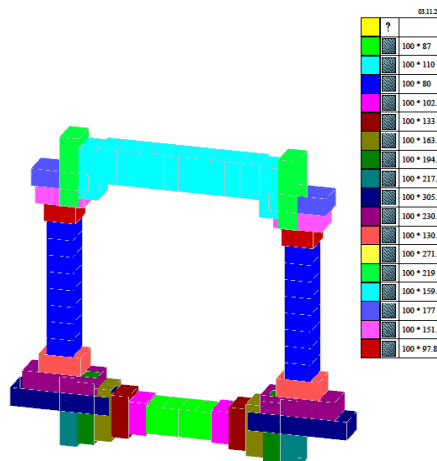


Рисунок 3 – Розрахункова схема жорсткості в елементах демонтажно-щитової камери в залежності від навантажень

Постійне навантаження від власної ваги ґрунтового масиву з урахуванням реального стану масиву до моменту утворення виробки слід прикладати у вигляді об'ємних сил, що створюють силове гравітаційне поле, рівень напруженості якого зростає прямо пропорційно глибині відносно поверхні землі [1].

Для стабілізації стану масиву використовується новітня технологія нагнітання SPT, що надає можливість закріпити масив та забезпечити його стійкість.

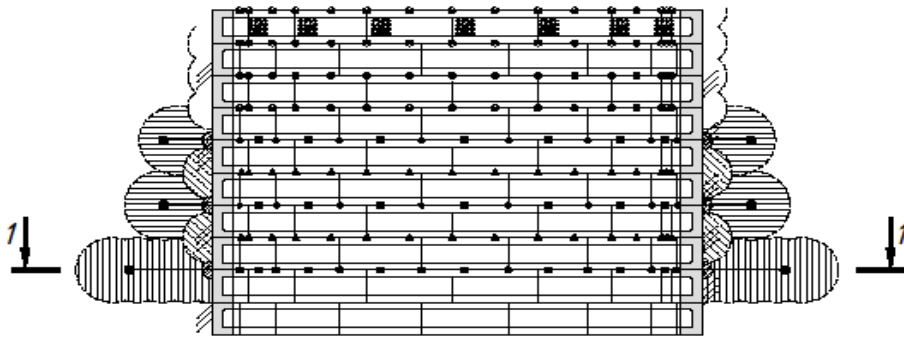


Рисунок 4 – Місце застосування технології SPT

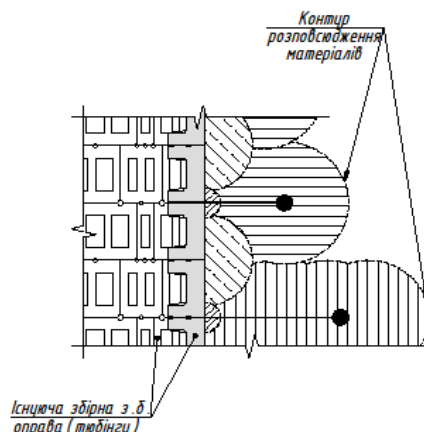


Рисунок 5 – Контур розповсюдження матеріалу

Полімерний матеріал, що нагнітається (при застосуванні технології SPT) за рахунок просочення в можливі мікротріщини за наступним розривом шарів при нагнітанні та лінійному розширенні при твердінні, здійснює ущільнення прилеглого до оправи ґрунту з витісненням залишків води в верхні шари водонасичених ґрунтів (рис. 4, 5). Крім того, створений таким чином тип захисту дозволяє убезпечити від проблеми розтікання незв'язних піщаних зволжених ґрунтів навколо оправи стволу, що знаходиться вище конструкції ножового кільця, в зонах поетапного розкриття отворів оправи стволу та надщелиної виробки при спорудженні демонтажної-щитової камери.

Висновок. Таким чином можна зробити висновок, що спосіб розкриття виробки

незалежними забоями з застосуванням технології SPT дозволяє значно зменшити навантаження на кріплення виробки та уникнути ризиків, що можуть виникнути у разі використання методу розкриття виробки на повний переріз. А саме, критичного збільшення навантаження на кріплення виробки, що може призвести до її деформацій та руйнування.

Список використаної літератури

1. ДБН В.2.3-7-2010 «МЕТРОПОЛІТЕНИ. Споруди транспорту»: Київ Мінрегіонбуд України, 2011. 192 с. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/77.1.-DBN-V.2.3-7-2010.-Sporudi-transportu.-Metropoliten.pdf>

УДК 628.24

С. І. Гончаренко, студент 2-го курсу
КПІ імені Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

УСУНЕННЯ АВАРІЙНОЇ СИТУАЦІЇ ПРИ ЗМІНІ ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ПІД ЧАС МІКРОТУНЕЛЮВАННЯ

Проаналізовано випадок, що виникає під час мікротунельної проходки, яка приводить до непередбачених витрат, руйнування щиту та збільшення терміну будівництва. Для вирішення проблеми був розглянутий датчик високого тиску.

Ключові слова: щит, мікротунелювання, аварія, тиск, датчик.

ELIMINATION OF THE EMERGENCY SITUATION DURING THE CHANGE OF GEOLOGICAL MINDES DURING THE MICROTUNNELLING METHOD

The case that occurs during microtunnel drilling, which leads to unforeseen costs, destruction of the shield and increase the construction time is analyzed. To solve the problem, a high pressure sensor was considered.

Key words: shield, microtunnelling, accident, pressure, sensor.

Вступ. В м. Києві зустрічались випадки, коли при будівництві щитовим способом, із-за переходу з піщано – глинистих в скельні ґрунти, валуни або будівельне сміття, виникає різкий перепад тиску, тим самим викликає аварію.

Мета роботи. Дослідження аварійної ситуації, яка викликана різкою зміною геологічних умов ґрунтових масивів, під час мікротунелювання.

Матеріали і результати досліджень. Об'єктом дослідження, є колектор, який прокладається по вул. Челябінська (рис. 1).

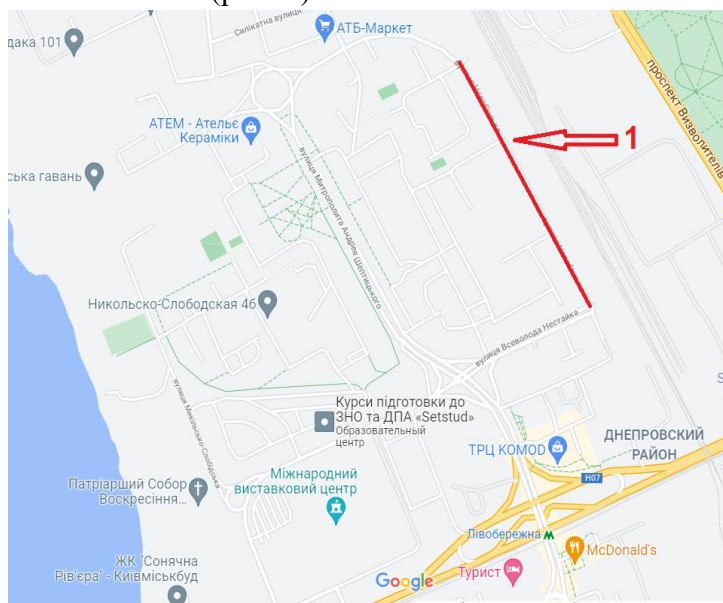


Рисунок 1 – Ситуаційний план

На даному об'єкті, під час мікротунелювання стався випадок, який привів до тимчасового припинення робіт. Під час проходки, щит натрапив на будівельне сміття, що призвело до руйнування ножової частини.

Вирішенням проблеми є спеціально розроблений датчик тиску для його вимірювання на тунельно-бурильній машині (рис. 2).

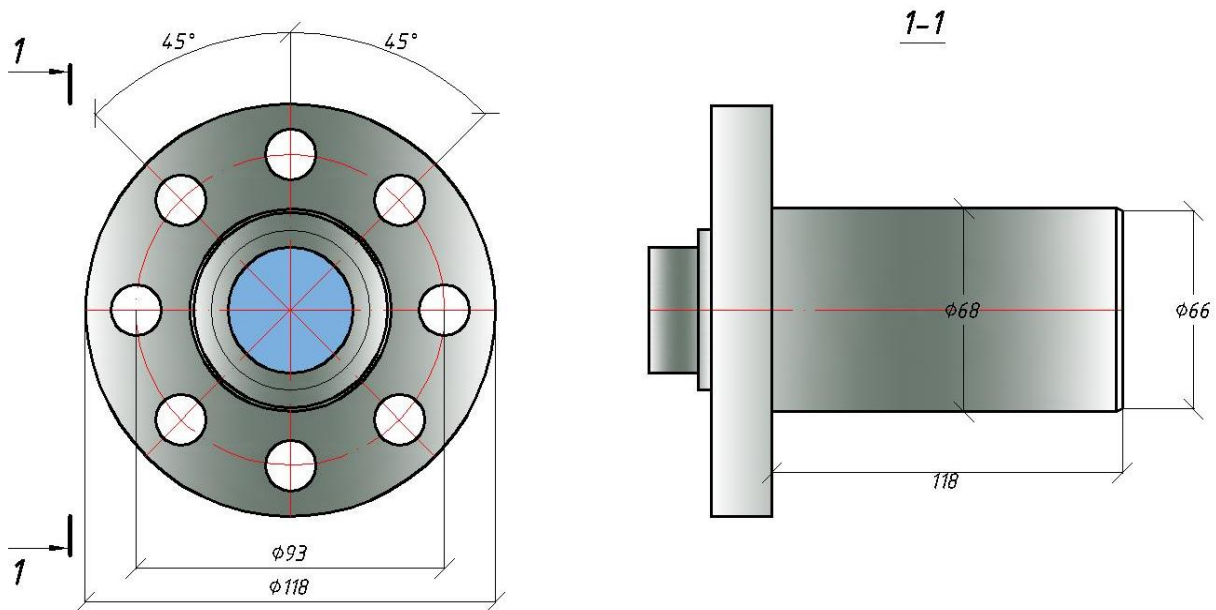


Рисунок 2 – Датчик високого тиску

Конструкція виконана для досягнення максимально можливої стійкості до середовища з камінням, гравієм, піщаною глиною, суспензією, водою, повітрям або їх сумішшю. Відкрита діафрагма покрита надзвичайно міцним гумовим захистом.

Завдяки конструкції передавач може вимірювати як тиск в одній точці, так і розподілений тиск, тобто тиск на всю діафрагму, з однаковою високою точністю. Одиночний точковий тиск може бути, наприклад, кутом каменю, що контактує з діафрагмою.

Принцип дії датчику високого тиску:

- Тиск середовища діє на діафрагму і передається на п'єзорезистивний датчик через технічне масло під тиском. Оскільки це масло повністю заповнює об'єм між діафрагмою і датчиком, рух діафрагми дуже малий при зміні тиску;
- Для отримання атмосферного тиску на задній стороні датчика як еталонного тиску його з'єднують з навколишнім через капілярну трубку, захищену рідинним фільтром;
- Електроніка вимірює та перетворює вихідний сигнал з моста датчика, що залежить від тиску, у цифрові значення;
- Цифрове значення перетворюється в аналогове;
- При перевищенні заданого тиску, щит автоматично вимикається.

Результати показали що датчик усуває аварійну ситуацію, яка викликана різкою зміною