

## SUMMARY

*In the article basic terms and definitions to the terms, which are used for consideration of questions of power analysis planning are given. And also there is made an attempt to bring into accordance the use of such terms, as power management, gross domestic product (GDP), gross national product (GNP), power intensity, power consumption per capita, ton of conditional equivalent (tce), ton of oil equivalent (toe) and so on. There are analysed present energy-economy indicators, which are used in the international practice.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Переверзев М.П., Шайденко Н.А., Басовский Л.Е. Менеджмент /Под общ. ред. проф. М.П. Переверзева. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 288 с.
2. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения. - Минск: УП Технопринт, 2000.-353с.
3. Праховник А.В., Іншеков Є.М. Енергетичний менеджмент. Суттєві фактори, цілі, ієрархія, об'єкт діяльності //Вісник КДПУ. Енергетика та енергозбереження. – 2004. - Вип. 3(26). - С.75-80.
4. Лір В.Є. Енергетична ефективність економіки України //Економіст. – 2000. - №9. - С.61-63.
5. Статистичний щорічник України за 2000 рік / За ред. Осауленка О.Г. – К.: Техніка, 2001. – 598 с.
6. Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond. Report, 1995. International Institute for Applied Systems Analysis.
7. Key World Energy Statistics. - 2001, 2003, 2004,2005.

*Надійшла до редакції 6 грудня 2005 р.*

УДК 621.311 : 532.59

## ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ХВИЛЬОВИХ РЕЖИМІВ В КАНАЛАХ І БЕЗНАПІРНИХ ВОДОВОДАХ ГАЕС І ГЕС

**О.А. Рябенко, д-р техн. наук, професор**

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

*Розглядаються особливості хвильових режимів у підвідних і відвідних відкритих каналах та безнапірних тунелях ГАЕС, ГЕС, викликаних специфікою роботи станцій в енергосистемі. Запропонована методика розрахунків основних параметрів хвиль переміщення, яка враховує можливість формування хвилястої поверхні водного потоку.*

З метою забезпечення оптимізації роботи сучасних енергетичних систем в умовах постійно змінних режимів їх експлуатації у світовій практиці намітилася чітка тенденція розширення використання гідроакуюлюючих електричних станцій (ГАЕС). На початок 2005 р. в 49 країнах світу нараховується більше 500 ГАЕС, які експлуатуються, будуються чи намічені для будівництва [ 1 ].

У процесі спільної роботи в енергетичній системі ГАЕС надають велику кількість системних послуг, до яких можна віднести такі:

- регулювання частоти і активної потужності;
- регулювання напруги і реактивної потужності;
- оперативне і аварійне резервування потужності;
- резервування потужності в основних і розподільних мережах;
- підтримання технологічного (стратегічного) резерву потужності в енергосистемі;
- споживання (компенсація) активної потужності і енергії;
- запобігання аваріям і гарантування безаварійної роботи;
- відновлення робочих режимів;
- диспетчерське управління;

- подовження технологічних ресурсів енергетичних об'єктів ТЕС і ТЕЦ;
- підвищення надійності роботи енергетичних об'єктів АЕС;
- рознесення ризиків [ 1, 2 ].

Як бачимо з наведеного переліку, традиційний погляд на ГАЕС як на звичайний об'єкт виробництва та споживання електричної енергії для вирівнювання добового графіка навантаження за таких обставин не відповідає реальному положенню справ і не відображає дійсний характер роботи станції. Виконання вказаних системних послуг визначає змінний характер експлуатаційного режиму роботи ГАЕС. Так, наприклад, кількість пусків у роботу зворотних гідроагрегатів Загорської ГАЕС доходить до 440 за місяць, а в окремі дні складає близько 30 пусків за добу (без врахування пусків гідроагрегатів у режимі синхронного компенсатора) [1]. За таких умов роботи ГАЕС в енергосистемі істотно ускладнюється гідравлічний режим підвідних і відвідних каналів станцій з утворенням похилих і крутих хвиль переміщення значної висоти.

На Україні з 1972 р. успішно працює Київська ГАЕС з установленою потужністю  $N_y = 235$  МВт (перша ГАЕС в СРСР), закінчується будівництво Дністровської ( $N_y = 2268$  МВт) і Ташлицької ( $N_y = 900$  МВт) ГАЕС, триває будівництво Канівської ГАЕС ( $N_y = 1000$  МВт), у перспективі будівництво Тереля - Рікської ( $N_y = 1200 - 1300$  МВт) і Терелинської ( $N_y = 1250-1350$  МВт) ГАЕС [ 3 ]. В умовах інтенсивного використання ГАЕС проблема розрахунків параметрів неусталених хвильових режимів, що виникають в каналах станцій, набуває особливої актуальності.

Звичайно розрахунки неусталених гідравлічних режимів, що виникають у відкритих каналах, безнапірних тунелях, галереях і трубах при пуску та зупиненні агрегатів ГЕС, ГАЕС і насосних станцій, здійснюють на основі відомих диференціальних рівнянь Сен-Венана [4,5]:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = 0; \quad (1)$$

$$i - \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{v}{g} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}, \quad (2)$$

де  $Q$ ,  $\omega$ ,  $h$ ,  $R$ ,  $v$ ,  $C$  - витрата, площа поперечного перерізу, глибина, гідравлічний радіус, швидкість, коефіцієнт Шезі в довільному перерізі відповідно;  $g$  - прискорення вільного падіння;  $i$  - похил дна;  $x$  - поздовжня координата,  $t$  - час.

Розв'язком диференціальних рівнянь (1) і (2) є хвиля з уступоподібним фронтом (рис. 1а). Проте в дійсності досить часто утворювані хвилі замість перервного (вальцеподібного) фронту мають неперервну гладку хвилясту поверхню з чергуванням гребенів та западин хвиль (рис. 1б).

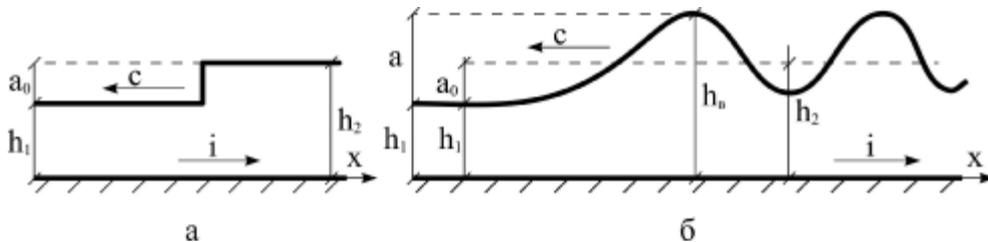


Рисунок 1 - Типи хвиль переміщення:  
а - з перервним уступоподібним фронтом; б - з неперервним хвиляподібним фронтом

При цьому максимальна висота  $a$  хвиль переміщення з гладким хвилеподібним фронтом (яка спостерігається звичайно під вершиною першої хвилі) може перевищувати їх середню висоту  $a_0$  на 80 – 100% і досягти 20-25% початкової глибини  $h_1$  незбуреного потоку [6]. Так, наприклад, в підвідному каналі дериваційної ГЕС Орезон на р. Дюранс (Франція) при відключенні витрати 220 м<sup>3</sup>/с висота хвиль досягала 1,4 м [7].

Внаслідок зазначеної особливості максимальна глибина потоку, що формується під вершиною однієї з перших хвиль, визначає відмітки брівок каналів, низу прогінних балок мостів, висоту безнапірних гідротехнічних тунелів, галерей і труб. Ця обставина виявляється надзвичайно важливою для довгих каналів і тунелів, коли додатковий запас у їх висоті веде до істотного збільшення об'ємів та вартостей робіт. Характерно, що внаслідок перевищення гребенів хвиль над розрахунковим середнім рівнем води при утворенні хвилеподібних близькокритичних хвиль переміщення в процесі роботи агрегатів насосної станції відбулося затоплення берм Каршинського каналу на довжині 3,6 – 3,9 км [8].

У додаток до сказанного необхідно підкреслити, що наявність хвиль на поверхні потоку зумовлює виникнення додаткових хвильових динамічних навантажень на елементи кріплення каналів та частинки ґрунтів, що особливо небезпечно для дрібнозернистих, торф'яних та інших легкорозмивних ґрунтів. Саме через такі негативні дії близькокритичних хвиль переміщення, що утворювалися при пуску та зупиненні насосних станцій, сталося руйнування бетонного кріплення та розмиви укосів і дна Каршинського, Аму – Бухарського, Шерабадського та інших каналів [8].

Для врахування зазначених особливостей близькокритичних течій з хвилястою поверхнею в роботі [9] стосовно умов плоскої задачі було виведено таке узагальнене диференціальне рівняння профілю вільної поверхні цих течій:

$$\left(\frac{dh}{dx}\right)^2 = \frac{3}{Fr_1} \left[ -\left(\frac{h}{h_1}\right)^3 + (2\beta_1 + Fr_1) \left(\frac{h}{h_1}\right)^2 - (2\beta_1 - 1 + 2Fr_1) \frac{h}{h_1} + Fr_1 \right], \quad (3)$$

де  $h$  і  $x$  – біжучі координати довільної точки вільної поверхні;  $h_1$  – початкова глибина;  $\beta_1$  – коефіцієнт потенціальної енергії в початковому перерізі;  $Fr_1$  – число Фруда в тому ж перерізі.

Це рівняння описує як усталені близькокритичні течії з незмінним профілем вільної поверхні потоку, так і перманентні близькокритичні хвилі переміщення, причому воно виведене з урахуванням можливого викривлення елементарних струминок у вертикальній площині в початковому перерізі розглядуваних явищ. Нахил і кривизну елементарних струминок у зазначеному перерізі крім коефіцієнта  $\beta_1$  можна оцінювати також за допомогою коефіцієнта гідродинамічного тиску  $k_1$  та коефіцієнта негідростатичності  $s_1$ , який являє собою відношення п'єзометричного тиску на дні, вираженого у висоті водяного стовпа (цей тиск легко виміряти донним п'єзометром), до глибини. Для параболічного закону розподілу гідродинамічного тиску по глибині згадані коефіцієнти пов'язані між собою такими співвідношеннями:

$$\beta_1 = \frac{1 + 2s_1}{3}, \quad k_1 = \frac{4s_1 - 1}{3}, \quad \beta_1 = \frac{1 + k_1}{2}. \quad (4)$$

В окремому випадку паралельноструминного руху розподіл тиску по глибині в початковому перерізі розглядуваних явищ підпорядковується

гідростатичному закону, при як ому коефіцієнти  $s_1$ ,  $k_1$ ,  $\beta_1$  дорівнюють одиниці.

Число Фруда  $Fr_1$  для усталених явищ з нерухомою в часі вільною поверхнею визначають за формулою

$$Fr_1 = \frac{v_1^2}{gh_1}, \quad (5)$$

а для перманентних хвиль переміщення – таким чином:

$$Fr_1 = \frac{c^2}{gh_1}, \quad (6)$$

де  $v_1$  – швидкість потоку в початковому перерізі нерухомих явищ,  $c$  – швидкість руху хвиль переміщення.

На основі побудованої математичної моделі хвилеподібних близькокритичних течій та узагальненого диференціального рівняння (3) були виведені такі залежності для визначення другої спряженої  $h_2$  та максимальної  $h_B$  глибин розглядуваних течій [10]:

$$\eta_2 = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{3} \left[ 2\beta_1 + Fr_1 + \sqrt{(2\beta_1 + Fr_1)^2 - 3(2\beta_1 - 1 + 2Fr_1)} \right]; \quad (7)$$

$$\eta_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{k_1 + 2Fr_1} \cos \left\{ \frac{\pi}{3} - \frac{1}{3} \arccos \left[ \frac{3\sqrt{3}\alpha_{02}Fr_1}{\sqrt{(k_1 + 2Fr_1)^3}} \right] \right\}; \quad (8)$$

$$\eta_B = \frac{h_e}{h_1} = \frac{1}{2} \left[ k_1 + Fr_1 + \sqrt{(k_1 + Fr_1)^2 - 4Fr_1} \right]; \quad (9)$$

$$\eta_B = \frac{2}{3} \left[ \eta_2 + \frac{\alpha_2 Fr_1}{2\eta_2^2} + \sqrt{4\left(\eta_2 + \frac{\alpha_2 Fr_1}{2\eta_2^2}\right)^2 - 6\left(\beta_1 + Fr_1 - \frac{1}{2}\right)} \right], \quad (10)$$

де  $\alpha_2$ ,  $\alpha_{02}$  – відповідно коефіцієнти кінетичної енергії та кількості руху в перерізі з другою спряженою глибиною.

Характерною особливістю диференціального рівняння (3) та формул (7) - (10) є те, що в них характеристики розглядуваних явищ однозначно виражені через параметри потоку ( $h_1$ ,  $Fr_1$ ,  $s_1$ ,  $k_1$ ,  $\beta_1$ ) в їх початковому перерізі. Крім того, в зазначених залежностях передбачено загальний випадок розподілу гідродинамічного тиску по глибині потоку в початковому перерізі, коли потік може бути як паралельнострумінним з гідростатичним розподілом ( $s_1=1$ ), так і вдавненим у вертикальній площині з негідростатичним розподілом тиску ( $s_1 > 1$ ). Остання особливість надзвичайно важлива при розгляді нерухомих близькокритичних явищ, утворюваних у межах різних типів гідротехнічних споруд, коли викривлення потоку у вертикальній площині є одним із визначальних факторів, що формують ці явища.

Особливістю хвиль переміщення, утворюваних в підвідних і відвідних відкритих каналах та безнапірних тунелях ГЕС, ГАЕС, насосних станцій є те, що за початкову глибину цих хвиль береться глибина незбуреного потоку, тобто в перерізі, до якого ще не прийшла хвиля переміщення. В такому перерізі рух рідини є паралельнострумінним (в окремому випадку це взагалі може бути нерухома рідина), а розподіл тиску по глибині підпорядковується гідростатичному закону, для якого коефіцієнти  $s_1$ ,  $k_1$ ,  $\beta_1$  дорівнюють одиниці. В даному випадку формули (7) – (10) істотно спрощуються і відповідно набувають такого вигляду:

$$\eta_2 = \frac{1 + 2Fr_1}{3}; \quad (11)$$

$$\eta_2 = \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8Fr_1} - 1); \quad (12)$$

$$\eta_B = Fr_1; \quad (13)$$

$$\eta_B = \frac{2}{3} \left[ \eta_2 + \frac{\alpha_2 Fr_1}{2\eta_2^2} + \sqrt{4\left(\eta_2 + \frac{\alpha_2 Fr_1}{2\eta_2^2}\right)^2 - 3(1 + 2Fr_1)} \right]. \quad (14)$$

Для ілюстрації різниці в описаних підходах до розв'язку розглядуваної проблеми виконаємо розрахунки висоти хвиль переміщення за класичною методикою, основою на диференціальних рівняннях Сен-Венана, та пропонуваною, що враховує можливість формування хвилеподібної поверхні, стосовно умов прикладу 2, запозичених в [ 5, с. 344]. Згідно з умовами цього прикладу необхідно визначити параметри хвилі переміщення, яка утворюється в безнапірному відвідному тунелі ГЕС за таких даних: форма поперечного перерізу тунелю – прямокутна, ширина тунелю на дні  $b = 10,0$  м, початкова витрата  $Q_n = 300$  м<sup>3</sup>/с, початкова глибина  $h_1 = 10,0$  м, кінцева витрата (після швидкого відкриття лопаток направляючого апарата)  $Q_k = 500$  м<sup>3</sup>/с.

Розв'язок цього прикладу за класичною методикою, використаною в [5], дав такі результати: висота хвилі з уступоподібним фронтом (рис. 1,а)  $\alpha_o = 1,45$  м, швидкість її переміщення (з урахуванням початкової швидкості руху води в тунелі  $v_o = Q_n / \epsilon h_1$ )  $c = 13,9$  м/с.

Щоб визначити максимальну висоту  $a$  хвилі переміщення з хвилеподібним фронтом (рис. 1б), спочатку для умов даного прикладу знайдемо швидкість руху хвилі в нерухомій воді  $c_1 = c - v_o = 10,9$  (м/с).

При цьому число Фруда  $Fr_1 = \frac{c_1^2}{gh_1} = 1,21$ . Проведені підрахунки

максимальної висоти хвилі за формулами (13) і (14) при коефіцієнті  $\alpha_2 = 1,0$  дали такі результати:  $a_{\phi(13)} = 2,1$  м,  $a_{\phi(14)} = 1,87$  м, що вимагає збільшення висоти тунелю на 0,65 м і 0,42 м відповідно.

Необхідно зазначити, що узагальнене диференціальне рівняння (3) та формули (7) – (11) описують досить великий клас близькокритичних течій як з хвиле-, так і вальцеподібною поверхнею, до яких відносять такі типи течій рідини з вільною поверхнею [11].

Нерухомі в просторі явища:

- безстрибкове вальцьове спряження б'єфів з утворенням поверхневого вальця ( $Fr_1 < 1, s_1 > 1$ );
- одиночна хвиля на поверхні спокійного чи критичного потоку ( $Fr_1 \leq 1, s_1 > 1$ );
- одиночна хвиля на поверхні бурхливого потоку ( $Fr_1 > 1, s_1 \geq 1$ );
- самотня хвиля (нерухома) або нерухомий гідравлічний солітон ( $Fr_1 > 1, s_1 = 1$ );
- одиночна (самотня) хвиля з хвостом;
- кноїдальні хвилі на поверхні спокійного чи критичного потоку ( $Fr_1 \leq 1, s_1 > 1$ );
- кноїдальні хвилі на поверхні бурхливого потоку ( $Fr_1 > 1, s_1 > 1$ );
- хвилястий стрибок з гладкою хвилястою поверхнею ( $Fr_1 > 1, s_1 \geq 1$ );

- хвилястий стрибок з невеликим поверхневим вальцем на гребені однієї чи кількох хвиль ( $Fr_1 > 1, s_1 \geq 1$ );
- досконалий стрибок з поверхневим вальцем ( $Fr_1 \geq 1, s_1 \geq 1$ ).

Рухомі в просторі явища:

- самотня хвиля (рухома) або рухомий гідралічний солітон ( $Fr_1 > 1, s_1 = 1$ );
- самотня хвиля з хвостом (рухома);
- самотня хвиля з відірваним хвостом;
- група хвиль переміщення з гладкою хвилястою поверхнею ( $Fr_1 > 1, s_1 = 1$ );
- група хвиль переміщення з невеликим поверхневим вальцем на гребені однієї чи кількох хвиль ( $Fr_1 > 1, s_1 = 1$ );
- хвиля переміщення з поверхневим вальцем ( $Fr_1 > 1, s_1 = 1$ ).

Експериментальна перевірка залежностей (7) – (10) та встановлення меж їх можливого використання в практичних розрахунках були здійснені в гідротехнічній лабораторії НУВГП. Лабораторні дослідження проводились з усіма вищезгаданими типами нерухомих близькокритичних явищ [10,12,13]. Для формул (7) і (9), при виведенні яких не враховувались втрати енергії по довжині потоку, внаслідок чого вони дають дещо завищені результати, були введені такі обмеження їх використання: формула (7) -  $Fr_1 \leq 1,3$ , формула (9) -  $Fr_1 < 1,5$ .

Апробація формул (11) – (14) стосовно рухомих близькокритичних течій здійснена для п'яти дослідів із хвилями переміщення з хвилеподібним фронтом, утворюваними в підвідному каналі дериваційної ГЕС Орезон [7] при різкому зменшенні витрати станції від  $Q_n = 250 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $Q_k = 30 \text{ м}^3/\text{с}$ . У наведеній таблиці збережена авторська нумерація дослідів.

Таблиця - Характеристика хвиль переміщення в підвідному каналі ГЕС Орезон

| Номер дослідів | $Fv_1$ | $a_o^e$ ,<br>м | $a_o^m$ ,<br>$\phi(11)$ ,<br>м | $a_o^m$ ,<br>$\Phi(12)$ ,<br>м | $a^e$ ,<br>м | $a^m$ ,<br>$\phi(13)$ ,<br>м | $a^m$ ,<br>$\phi(14)$ ,<br>м |
|----------------|--------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| 1              | 1,096  | 0,30           | 0,33                           | 0,33                           | 0,50         | 0,51                         | 0,50                         |
| 2              | 1,143  | 0,45           | 0,50                           | 0,48                           | 0,75         | 0,76                         | 0,66                         |
| 3              | 1,177  | 0,50           | 0,60                           | 0,58                           | 0,90         | 0,88                         | 0,84                         |
| 4              | 1,193  | 0,55           | 0,67                           | 0,64                           | 1,00         | 1,00                         | 0,94                         |
| 5              | 1,193  | 0,60           | 0,67                           | 0,64                           | 1,00         | 1,00                         | 0,94                         |

Дериваційна ГЕС Орезон має установлену потужність  $N_y = 195 \text{ МВт}$ , обладнана трьома агрегатами, розрахованими на напір  $H = 85 \text{ м}$  та витрату  $Q = 250 \text{ м}^3/\text{с}$ . Довжина деривації  $L = 21,5 \text{ км}$ . Хвилі переміщення з хвилеподібним фронтом утворювалися в каналі трапецеподібної форми поперечного перерізу з шириною на дні  $b = 9,0 \text{ м}$  і коефіцієнтами укосу  $m = 2$ . Як бачимо з таблиці, порівняння експериментальних даних натурних вимірювань середньої  $a_o^e$  і максимальної  $a^e$  висот хвиль з результатами теоретичних розрахунків цих величин  $a_o^m$  і  $a^m$  за формулами (11) - (14) дало задовільні результати.

Таким чином, на основі викладеного можна зробити такі висновки:

1 Надання великої кількості системних послуг при роботі ГАЕС в енергетичній системі викликає часті зміни гідравлічного режиму станцій.

2 При різкому пуску та зупиненні гідроагрегатів у підвідних і відвідних каналах ГАЕС, ГЕС, насосних станцій досить часто утворюються похилі та круті хвилі переміщення.

3 Основні характеристики таких крутих хвиль переміщення з хвилеподібним фронтом можна знаходити за рекомендованими залежностями (11) – (14).

## SUMMARY

*Peculiarities are considered of wavelike conditions in underwater and discharge open channels and in non-pressure tunnels of hydroelectric accumulation power stations, hydropower stations caused by the specific operation of stations in the power system. Methods are proposed of calculating basic parameters of displacement waves which take into account possibilities of creating wavelike surface of the water flow.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тихомирова Н.В. ГАЕС на развивающемся энергорынке: инновации и инвестиции // Гидротехническое строительство. - 2005. - №6. - С. 30-37.
2. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. - СПб.: Изд-во ВНИИГ, 2002. - 592 с.
3. Осадчук В.О., Поташник С.І. Гідроенергетика в енергетичній стратегії України // Енергетична стратегія України. Погляд громадськості. - К., 2003. - С. 97 – 103.
4. Чугаев Р.Р. Гидравлика. - Л.: Энергоиздат, 1982. - 672 с.
5. Гидроэлектрические станции /Под ред. В.Я. Карелина, Г.И. Кривченко. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 464 с.
6. Турсунов А.А. Околокритическое состояние безнапорных потоков воды //Изв. ВНИИГ. - 1969. - Т. 90. - С. 201 - 224.
7. Riquois R., Ract - Madoux X. Intumescences observées sur le canal d'aménage de la chute d'Oraison lors des rapides de charge. - XI Congress IANR, V.III. - Leningrad, 1965. - №3(53). - 15p.
8. Заиров Х.И., Листровой П.П. Гасители крутых волн перемещения для крупных машинных каналов: Сб. научн. трудов САНИИРИ. -Ташкент, 1981. -Вып. 162. - С. 89-100.
9. Рябенко О.А. Профіль вільної поверхні хвилеподібних близькокритичних течій та солітонні розв'язки деяких диференціальних рівнянь // Прикладна гідромеханіка. - НАН України, Інститут гідромеханіки - 1999. - Т.1. (73). - №4. - С. 26 – 41.
10. Рябенко О.А. Теоретичні основи і методи розрахунків близькокритичних течій рідини з вільною поверхнею: Дис... д-р техн. наук: 05.23.16. - Рівне, 2003. - 393 с.
11. Рябенко О.А. Класифікація близькокритичних течій рідини //Вісник УДУВГП. -Рівне, 2004. - Вип. 2(26). - С. 195 – 202.
12. Рябенко А.А. Экспериментальные исследования сопряженных глубин околокритических течений //Гидравлика и гидротехника. - К.: Техніка, 1977. - Вып. 25. - С. 7-78.
13. Рябенко А.А. Экспериментальные исследования максимальной глубины околокритических течений с волнообразной поверхностью // Гидравлика и гидротехника. - К.: Техніка, 1985. - Вып. 41. - С. 45-50.

*Надійшла до редакції 5 грудня 2005р.*

УДК 661.183+665.6

## ПЕРСПЕКТИВНИЙ ТИП КРЕМНІОРГАНІЧНИХ АДСОРБЕНТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОПРОДУКТОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Л.М. Черняк ; С.В. Бойченко, д-р техн. наук; Л.А. Федорович*

*У статті описані дослідження сорбційних характеристик кремнієорганічного адсорбенту. Мета яких - підбір найефективнішого сорбенту для реалізації технології для запобігання витрат палива від випаровування. Проведені лабораторні дослідження дають підставу*