

Слід звернути увагу на те, що у стінках припіднятих блоків розкривається весь розріз порід основи Передкарпатського прогину, включно з породами протерозойського та архейського віку. Це дає нам ключ до розв'язання питання про походження екзотичних конгломератів у Передкарпатському прогині, що складаються з цих порід.

За даними геофізичних досліджень, в т.ч. геогустинного моделювання, встановлено, що таких тектонічних порушень (розломів), по яких мали місце значні опускання, є декілька, частина цих розломів могла виникнути в момент розтягування Земної кори на початку формування флішового басейну, а частина, безумовно, виникла внаслідок насувних процесів [5].

Наведені дані і міркування дають підставу зробити висновок про те, що геодинамічні рухи в Карпатському регіоні охоплювали значні маси, котрі зазнавали як значних горизонтальних, так і вертикальних переміщень. Найвірогідніше, першопричиною таких переміщень є процеси, що пов'язані з плитовою тектонікою.

### Література

1. Ладиженський Г.М. Особливості геологічної будови та нафтогазоносності автохтону Українських і Польських Карпат в порівняльному аспекті // Нафта і газ України. – Івано-Франківськ: 2000. – Т.1. – С.90-91.
2. Досин Г.Д. До питання про інтерпретацію геологічної структури південно-східної частини Українських Карпат // Нафта і газ України. – Івано-Франківськ: 2000. – Т.1. – С.96-97.
3. Мончак Л.С., Мончак Ю.Л. Нафтогазоносність кори вивітрювання // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 1994. – №31.
4. Атлас палеогеографічних карт Української і Молдавської РСР (з елементами літофацій) М 1:2500000 // Відпов. редактор В.Г.Бондарчук. – К.: АН УРСР, 1960.
5. Чебан В.Д., Бабюк С.Г., Степанюк В.П., Мончак Л.С., Анікеєв С.Г., Жученко Г.О. Геологічна природа Передкарпатського регіонального мінімуму сили тяжіння // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2001. – №3(4). – С.183-189.

УДК 622.242

## АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ТАРІЛОК КЛАПАНІВ К-9 БУРОВИХ НАСОСІВ

Ю.Д.Петрина, Р.С.Яким

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,  
e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Осуществлен анализ напряженного состояния тарелок клапанов К-9 бурового насоса НБ-600 на основе современных принципов линейной механики разрушения. Показано, что буровой раствор существенно влияет на скорость роста трещин в образцах стали 40Х, из которой изготавливают тарелку клапана. Показано влияние конструктивных и технологических факторов тарелок на запас усталостной прочности в среде бурового раствора.*

*The analysis of intense condition of plates of K-9 valves plates of boring pump НБ-600 is carried out on the basis of modern principles of the linear mechanics of destruction. At is shown that the boring solution essentially influences growth rate of cracks in 40X steel patterns from which the valve plate is made. The influence of constructional and technological factors of plates on the margin of fatigued safety in boring solution medium is shown.*

Однією з важливих ланок бурового комплексу є бурові насоси, функціонування яких суттєво впливає на ефективність бурових робіт. Надійність роботи бурового насоса суттєво залежить від довговічності окремих вузлів і деталей, які працюють у складних умовах. Одним з відповідальних вузлів бурового насоса є клапанний вузол. Отже, підвищення довговічності клапана має важливе господарське значення.

Одним з перспективних шляхів підвищення напрацювання деталей клапана К9 бурового насоса НБ-600 є поверхневе зміцнення робочих поверхонь тарілки і сідла цього клапана. Другим, доповнюючим шляхом, є внесення змін в конструкцію тарілки, оскільки вона є слабшим елементом клапана порівняно з сідлом. Крім ударно-гідро-абразивного впливу, на неї діє втомне навантаження, яке спричинює крихке

руйнування. Тому вивчення крихкого руйнування тарілки має важливе практичне значення.

В роботі [1] була проведена оцінка тріщиностійкості тарілок клапана, виходячи з сучасних позицій лінійної механіки руйнування. На основі експериментальних досліджень встановлено, що із збільшенням розмірів досліджуваних зразків в'язкість руйнування зростає. Зроблено висновок про те, що із збільшенням розмірів тарілок клапана ефект тріщиностійкості від їх поверхневого лазерного гартування зростає.

Однак, який вплив здійснює робоче середовище на тріщиностійкість даних деталей зовсім не вивчено. Причому буровий розчин є агресивним робочим середовищем клапана, оскільки може вміщувати широкий спектр агресивних складників [2] і, можна припустити, здійснює суттєвий вплив на швидкість росту

втомних тріщин в ньому. Разом з тим відомо, що залежно від природи системи матеріал – середовище й умов досліду середовище може по-різному впливати на циклічну тріщинозростаючість зразків [3]. Тому необхідно вивчити, як впливають конструктивні параметри тарілок клапанів та дане робоче середовище на запас втомної міцності тарілки.

З метою з'ясування даного питання були проведені втомні випробовування зразків зі сталі 40X в присутності лабораторного бурового розчину, розрахованого на корозійно-втомні випробовування, розробленого Н.А.Северинчиком, О.Т.Масником, Б.В.Копесом [4, с.41]. Даний вибір був обґрунтований тим, що цей розчин досить точно імітує властивості бурових розчинів, які найбільш широко використовуються при бурових роботах.

Оцінку критичного коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_{IC}$  проводили на балкових зразках прямокутного перерізу з односторонньою тріщиною при їх випробовуваннях за схемою чотириточкового згину.

При виборі розмірів зразків та вимог щодо їх виготовлення використовували рекомендації робіт [5, 6].

На зразках створювали конструктивний концентратор, після чого в його усті шляхом циклічного тренування наводили втомну тріщину регламентованої довжини. Довжина тріщини разом з надрізом становила половину висоти зразка [5, 6].

Механічне навантаження балкових зразків проводили на стандартній розривній машині УМ-5А

Величину  $K_{IC}$  оцінювали методом послідовних наближень за такою формулою [5]:

$$K_{IC} = \frac{PL}{B} \sqrt{\frac{34,7 \frac{l}{w} - 55,2 \left(\frac{l}{w}\right)^2 + 196 \left(\frac{l}{w}\right)^3}{w^3 (1 - \mu^2)}}, \quad (1)$$

де:  $l = l_0 + \frac{1 - \mu^2}{6\pi} \left(\frac{K_{IC}}{\sigma_{0,2}}\right)^2$  – довжина втомної тріщини зразка з поправкою на пластичну деформацію в її вершині;

$l_0$  – довжина вихідної втомної тріщини;

$w$  – висота зразка;

$B$  – ширина зразка;

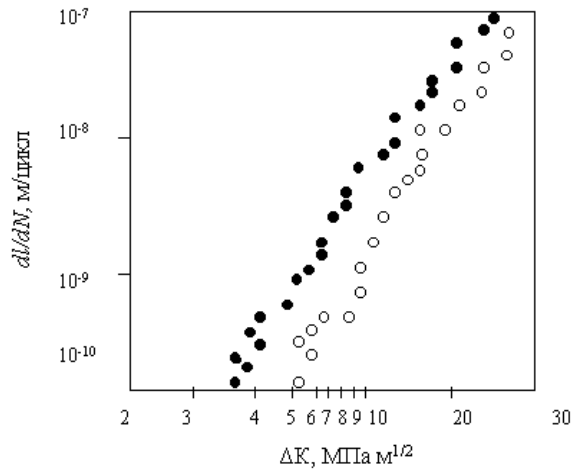
$L$  – половина відстані між опорами;

$P$  – навантаження, що відповідає утворенню стрибка на діаграмі (або навантаження  $P_5$  у випадку відсутності стрибка);

$\sigma_{0,2}$  – межа текучості;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона.

Як видно з наведених на рисунку 1 результатів випробовувань, буровий розчин суттєво підвищує швидкість росту втомних тріщин у зразках з сталі 40X. Пороговий рівень розмаху коефіцієнта інтенсивності напружень  $\Delta K_{th}$  падає від 5,3 МПа м<sup>1/2</sup> при випробовуваннях на повітрі до 3,8 МПа м<sup>1/2</sup> — в буровому розчині.



○ – випробування в повітрі;  
● – випробування в буровому розчині

Рисунок 1 — Кінетичні діаграми втомного руйнування  $dl/dN - \Delta K$  для сталі 40X

Слід відзначити, що на загальну довговічність тарілки клапана буде впливати не тільки тривалість періоду поширення втомної тріщини, але й періоду її зародження. Останній показник є надто чутливим до різних конструктивних (наприклад, радіусів виточок) і технологічних (шорсткість поверхні) факторів. Враховуючи те, що на Дрогобицькому машинобудівному заводі тарілки клапана виготовляють з радіусами галтелей 2 мм, а якість їх поверхонь –  $R_a80$ , для випробувань виготовили три зразки з концентраторами, радіус яких був 2 мм, а також гладкі 3 зразки з шорсткістю поверхонь  $R_a80$ . Паралельно підготували 3 зразки з радіусами при вершині концентраторів 5 мм та гладкі зразки, поверхня яких мала шорсткість  $R_a20$ . Результати втомних випробовувань представлені в таблиці 1. Тут за кількість циклів до зародження втомної тріщини умовно була прийнята така, при якій утворювалася втомна тріщина, глибиною 1мм.

Таблиця 1 — Вплив середовища, гостроти концентратора та шорсткості поверхонь на кількість циклів до зародження втомної тріщини

Середовище	Зразки з конструктивними концентраторами		Гладкі зразки з шорсткістю	
	R=2 мм	r=5 мм	$R_a80$	$R_a20$
Повітря	5700	7000	10200	11500
Буровий розчин	3500	4300	6900	7500

З наведених даних видно, що збільшення радіуса конструктивного концентратора з 2 мм до 5 мм та підвищення якості поверхонь гладких зразків з  $R_a80$  до  $R_a20$  призводить до суттєвого підвищення довговічності зразків як при їх втомних випробовуваннях в повітрі, так і в буровому розчині.

Тому з метою підвищення запасу втомної міцності тарілки на основі проведеного вище аналізу в технічну документацію клапана К9 внесені зміни: радіус галтелі збільшили з 2 до 5 мм, а параметр шорсткості її поверхні зменшили з  $R_a80$  до  $R_a20$  (рис. 2)

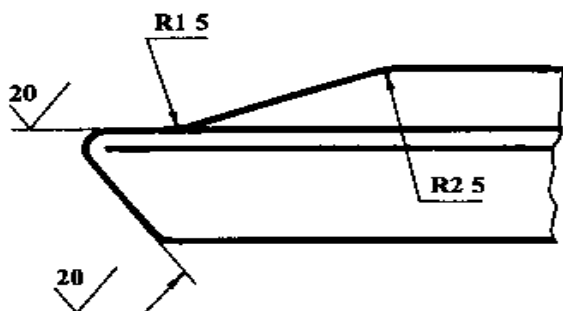


Рисунок 2 – Зміни, внесені в конструкторську документацію клапана К9

Дана пропозиція впроваджена в практичну діяльність ВАТ “Дрогобицький машинобудівний завод”.

Результати проведених нами випробувань в Бориславському УБР свідчать, що зміна шорсткості тарілок з  $R_a80$  до  $R_a20$  та збільшення радіуса галтелі з 2 до 5 мм, а також поверхневе лазерне гартування тарілки і сідла зменшує випадки крихкого руйнування тарілок в 1,7рази. Отже, усунення небезпечного перерізу та збільшення товщини диску в цьому перерізі позитивно впливає на втомну міцність та тріщиностійкість.

УДК 622.241

## ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОСАДКИ КЛАПАНА БУРОВОГО НАСОСА

Б.Д.Малько, Д.Р.Яцків

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42342, e-mail: public@ifdtung.if.ua

*Исследуется скорость посадки клапана поршневого бурового насоса с учетом эффекта всасывания на участке движения, соответствующего углу запаздывания закрытия клапана. Рассчитана скорость посадки с учетом изменения давления в цилиндре насоса на данном участке, определено влияние угловой скорости кривошипа  $\omega$  и коэффициента кривошипно-шатунного механизма  $\lambda$  на скорость посадки клапана.*

*It has been investigated the seating speed of the piston pump valve including absorption effect at the area of movement that corresponds to the angle of lag of closing suction valve. There has been calculated the seating speed taking into consideration the change of pressure in the mud piston at the given area. It has been determined the influence of angular velocity of crank  $\omega$  and coefficient of crank gear  $\lambda$  on the speed of valve seating.*

Явище посадки клапанів поршневого насоса з ударом, яке одержало назву “стуку клапанів”, є однією з причин, що обмежує підвищення частоти ходів поршнів. Дослідження цього явища здійснювалось неодноразово [1, 2, 3], але досі немає єдиного погляду на причину його появи. В результаті склалась така ситуація, що кожне нове дослідження роботи клапанів порш-

невих насосів дає нові пояснення причин появи стуку і умов безударної посадки клапанів.

Вперше поняття “стуку клапанів” було введено Г. Бергом [4] і вказана межа появи цього явища, яка залежала від частоти обертання колінчастого вала насоса. Така методика визначення умови стуку залишилась до цього часу і вносяться тільки окремі корективи в зна-

### Література

1. Петрина Ю.Д., Яким Р.С. Вплив методів зміцнення тарілок клапанів бурових насосів на їх тріщиностійкість // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Нафтогазпромислове обладнання. – Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 2001. – №.38. – Т.4. – С.122-127.
2. Агабаянц Э.Г. Промысловые жидкости для осложненных условий бурения. – М.: Недра, 1982. – 184с.
3. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. пособие: В 4-х т. / Под общей ред. Панасюка В.В. – К.: Наукова думка, 1990. – Т.4: Устойчивость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов / Романов О.Н., Ярема С.Я., Никифорчин Г.Н., и др. – 679с.
4. Северинчик Н.А., Маснык О.Т., Копей Б.В. Коррозия и коррозионная устойчивость подземного бурового оборудования. – Львов: Вища школа, 1981. – 143 с.
5. Браун У., Сроули Дж. Испытания высокопрочных металлических материалов на вязкость разрушения при плоской деформации / Пер. с англ. под ред. Б.А.Дроздовского, Е.М.Морозова. – М.: Мир, 1972. – 246 с.
6. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний материалов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 62 с.