

І. Луців, докт.техн.наук; П. Кривий, канд.техн.наук; П. Кривінський

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

## ВПЛИВ ОРІЄНТАЦІЇ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК НА МІЦНІСТЬ ПРЕСОВИХ З'ЄДНАНЬ ВТУЛКА-ПЛАСТИНА ПРИВОДНИХ РОЛИКОВИХ І ВТУЛКОВИХ ЛАНЦЮГІВ

У роботі в імовірнісному аспекті подано результати досліджень впливу орієнтації згортних втулок на показники міцності пресових з'єднань втулка-пластина: зусилля випресування втулок із отворів внутрішніх пластин для ланцюга кроку 9,525 мм і момент провороту згортних втулок в отворах внутрішніх пластин для ланцюгів з кроками 12,7 мм і 15,875 мм після їх складання та після 700 годин випробувань на роботоздатність. Отримано характеристики розсіювання показників міцності пресових з'єднань втулка-пластина. Визначено імовірності виходу показників міцності пресових з'єднань втулка-пластина за регламентовані значення. Встановлено, що в процесі випробувань показники міцності пресових з'єднань втулка-пластина зменшуються.

**Ключові слова:** приводний ланцюг, орієнтація, втулка.

I. Lootsiv, P. Kryvyu, P. Kryvinskyu

## THE EFFECT OF THE BUILT-UP BUSHES ORIENTATION ON THE STRENGTH OF THE PRESS JOINTS BUSH-PLATE DRIVING ROLL AND BUSH CHAINS

The results of investigations of the built-up bushes orientation effect on bush-plate pressing coupling strength values are presented in the paper from the point of view of probability, i.e. the force of bush pressing from the holes of the inner links for the 9.525 mm step chain as well as the moment torque turn of the built-up bushes for the 12.7mm and 15.875mm step chains just after their production and after 700 operating hours. Bush-plate pressing couplings strength value scattering characteristics are obtained. Possibility of exceeding the bush-plate pressing coupling strength standard values is determined. The testing values of the bush-plate pressing coupling strength were found to decrease.

**Key words:** drive chain, orientation, bush.

### Умовні позначення:

$D(F_a)$  і  $D(M_{кр})$  – відповідно дисперсії розсіювання зусилля випресування згортних втулок з отворів пластин  $H^2$  і моменту провороту згортних втулок в отворах пластин, (даНм)<sup>2</sup>;

$F$  – зусилля натягу робочої вітки при випробуваннях приводних ланцюгів на роботоздатність, Н;

$F_6$  – зусилля випресування згортних втулок з отворів пластин, Н;

$\bar{F}_6$  – середнє значення зусилля випресування, Н;

$F_{6\max} = \bar{F}_6 + 3\sigma(F_6)$  – максимальне значення зусилля випресування, Н;

$F_{оп}$  – корисне зусилля опору ланцюгової передачі, Н;

$F_c$  – критерій Фішера;

$F_p$  – регламентоване значення зусилля випресування, Н;

$M_{пр}$  – момент провороту запресованої втулки в отворі пластини внутрішньої ланки, даНм;

$\bar{M}_{пр}$  – середнє значення моменту провороту, даНм;

$M_{пр\max} = \bar{M}_{пр} + 3\sigma(M_{кр})$  – максимальне значення моменту провороту, даНм;

$M_p$  – регламентоване значення моменту провороту, даНм;

$P(p)$  – імовірність втрати міцності пресових з'єднань втулка-пластина;

$P(t_k)$  – імовірність по розподілу Стьюдента;

$V$  – швидкість руху контура ланцюга, м/с;

$\beta$  – кут, що визначає положення стикового шва відносно поздовжньої осі внутрішньої ланки;

$\sigma(F_6)$  і  $\sigma(M_{кр})$  – відповідно середньоквадратичні відхилення розсіювання зусилля випресування і моменту провороту, Н і даНм;

$Z_1$  і  $Z_2$  – відповідно кількість зубців ведучої і веденої зірочок.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Приводними роликівими і втулковими ланцюгами (ПРВЛ) оснащені мільйони машин, механізмів і пристроїв, які використовуються у найрізноманітніших галузях народногосподарського комплексу. Одним із критеріїв роботоздатності і якості ПРВЛ, який регламентується відповідними технічними умовами та державним стандартом [1, 9], є міцність пресових з'єднань втулка-пластина. Показниками міцності цих пресових з'єднань в кількісному вимірі є зусилля випресування згортних втулок із отворів внутрішніх пластин –  $F_v$ , наприклад, для втулкових дворядних ланцюгів приводу газорозподільному механізму двигунів внутрішнього згоряння автомобілів фірми ВАЗ з кроком 9,525 мм, а також момент провороту –  $M_{np}$  запресованих згортних втулок в отвори внутрішніх пластин для ПРВЛ, виготовлених за існуючим стандартом [8].

У випадку незабезпечення регламентованих показників міцності пресових з'єднань втулка-пластина згортні втулки можуть прокручуватись в отворах внутрішніх пластин ПРВЛ, що може призвести до катастрофічного зношування деталей ланцюга, його руйнування і аварійного виходу з ладу машини, механізму чи пристрою, на яких використовувались ПРВЛ.

Одним із методів [2] забезпечення якості ПРВЛ шляхом підвищення зносостійкості їх шарнірів є забезпечення при виготовленні ланцюгів орієнтації згортних втулок стиковим швом до середини внутрішньої ланки (рис. 1 б). Проте на даний час результати досліджень впливу орієнтації згортних втулок на міцність пресових з'єднань у науковій літературі відсутні.

Враховуючи те, що отримані результати можуть бути використані для визначення впливу орієнтації згортних втулок на параметричну надійність пресових з'єднань, підвищення рівня якості ПРВЛ, а також для аналізу і оптимізації розмірних параметрів згортних втулок і отворів внутрішніх пластин, які формують міцнісні показники пресових з'єднань, котрі впливають на зміну форми внутрішніх циліндричних поверхонь втулок, умови контактування та інтенсивність зношування робочих поверхонь шарнірів ПРВЛ, то проведення таких досліджень, які допоможуть отримати нові результати, має практичне значення і є актуальним.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідженню міцності пресових з'єднань спряжених деталей (втулка-пластина, валик-пластина) ПРВЛ присвячений цілий ряд наукових праць [3-8]. У цих працях в основному розглянуто вплив конструктивно-технологічних, фізико-механічних і експлуатаційних факторів на показники міцності з'єднань і зміну їх значень в залежності від часу експлуатації ланцюгової передачі.

Науковці Аллахвердієв Р.А. [3] та Іскандеров І.А. [6] досліджували міцність пресових з'єднань втулок і валиків з пластинами приводних ланцюгів бурових установок в залежності від величини натягів та шорсткості контактуючих поверхонь. У роботі [6] особливе значення було приділене впливу якості циліндричних поверхонь отворів пластин при певних натягах на величину моменту провороту втулок і валиків.

У роботі [4] детально описано конструкцію випробувального стенда, на якому випробовувалися дослідні зразки ПРВЛ і досліджувався момент провороту втулок і валиків. У роботі [5] частково розглянуто міцність пресових з'єднань і спотворення внутрішньої циліндричної поверхні згортної втулки в результаті запресування її в отвір пластин. Визначались моменти провороту згортних втулок з пластинами ПРВЛ, в яких втулки були орієнтовані (рис. 1, б) після 600...1000 годин випробувань на роботоздатність, і порівнювались отримані дані із аналогічними характеристиками, отриманими для втулок, які були антиорієнтованими, див. рис. 1, а поз. 4.

Найбільш повно питання міцності пресових з'єднань ПРВЛ виробництва різних закордонних фірм розглянуто в роботі Б. Н. Філімонова [7]. Встановлено, що в досліджуваного ланцюга з кроком 25,4 мм, фактичні натяги у з'єднаннях валик-пластина були в границях 40-90 мкм, а у з'єднаннях втулка-пластина 60-145 мкм, а моменти провороту відповідно склали для валиків 1,51...2,89 даНм, а для втулок 1,65...3,50 даНм. Виявлено, що із збільшенням тривалості випробувань міцність

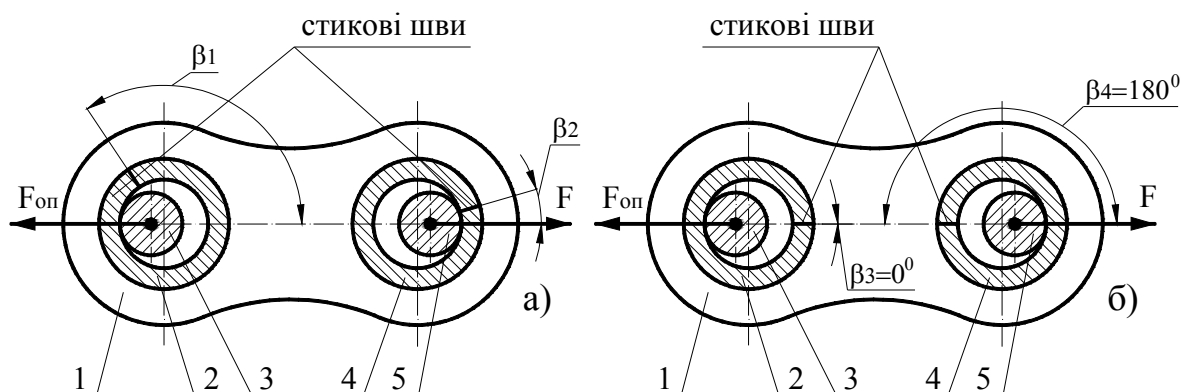
пресових з'єднань зменшується. Особливо інтенсивно зменшується в залежності від тривалості випробувань міцність пресових з'єднань втулка-пластина.

Проте питання впливу орієнтації згортних втулок стиковими швами до середини внутрішньої ланки (рис. 1, б) на міцність їх спряжень з пластинами у вихідному стані, (після виготовлення ПРВЛ) після 700 годин випробувань в літературі не висвітлено.

**Мета і основні завдання.** Метою роботи є дослідження впливу орієнтації згортних втулок на міцність пресових з'єднань втулка-пластина як у вихідному стані (після складання), так і після певного часу випробувань ПРВЛ на роботоздатність.

#### Основні завдання роботи.

1. Встановити вплив орієнтації згортних втулок ПРВЛ на середнє значення і дисперсію розсіювання показників міцності пресових з'єднань втулка-пластина.
2. Дати оцінку відношенню середнього та максимального значень показників міцності пресових з'єднань втулка-пластина до регламентованого як для серійних, так і дослідних (з орієнтованими втулками) з'єднань ПРВЛ.
3. Дослідити вплив тривалості випробувань на роботоздатність і на міцнісні характеристики пресових з'єднань втулка-пластина.
4. Визначити імовірність виходу міцнісних характеристик за регламентовані стандартами і технічними умовами значення.



**Рисунок 1** – Схематичне зображення внутрішніх ланок з встановленими в отвори втулок валиками приводного втулкового ланцюга: а) - з неорієнтованими втулками (довільна орієнтація); б) - з орієнтованими втулками; 1 – внутрішня пластина; 2, 4 – згортні втулки; 3, 5 – валики

**Основні дослідження і результати.** Враховуючи те, що величини  $F_s$  і  $M_{np}$  знаходяться у функціональній залежності від фізико-механічних властивостей матеріалів з'єднуваних деталей, діаметрів отворів пластин і діаметрів згортних втулок, шорсткості спряжуваних поверхонь, базування їх при складанні внутрішніх ланок ПРВЛ і що ці параметри є випадковими величинами, правомірно, на основі граничної теореми Чебишева, прийняти гіпотезу, що  $F_s$  і  $M_{np}$  також будуть випадковими величинами з нормальним законом розподілу.

Об'єктами експериментальних досліджень були серійні - з довільною орієнтацією згортних втулок і дослідні – з орієнтованими згортними втулками внутрішні ланки до ланцюгів з кроками 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм Даугавпілського виробництва (Латвія).

Для здійснення експериментів відповідно до [9] з генеральної сукупності утворювались виборки. Об'єм виборки склав 100 штук. Внутрішні ланки, які були відібрані у виборки, ретельно промивали в авіаційному бензині і висушували. Кількість виборок внутрішніх ланок кожного типорозміру ланцюга дорівнювала чотирьом. У двох виборках внутрішніх ланок, наприклад, першої і другої, згортні втулки були з довільною орієнтацією згортних втулок, а у двох інших (третьої і четвертої) – з орієнтованими згортними втулками. Внутрішні ланки з першої і третьої виборок (після

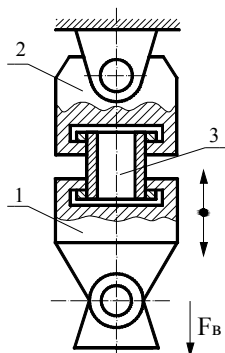
складання) піддавались дослідженню на міцність пресових з'єднань, а внутрішні ланки з другої і четвертої виборок використовувались для складання дослідних зразків приводних ланцюгів відповідно з довільною орієнтацією згортних втулок (серійних) і з орієнтованими згортними втулками (дослідні). Отримані зразки ПРВЛ досліджувались на роботоздатність на спеціальних стендах. Потім ланцюги розбирали, і внутрішні ланки цих ланцюгів промивали в авіаційному бензині, висушували і досліджували на міцність їх пресових з'єднань. Режими випробувань ПРВЛ подані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Режими випробувань на роботоздатність дослідних зразків ПРВЛ

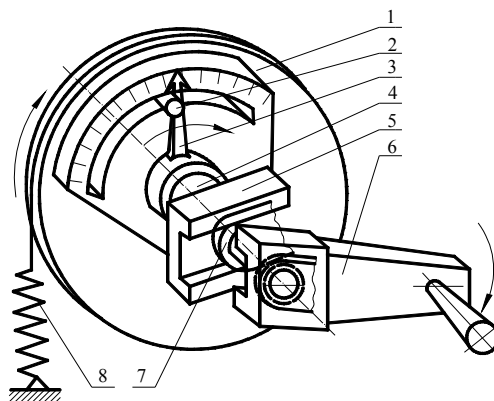
Типорозмір ПРВЛ (крок, мм)	Режими випробувань				Спосіб змащування
	V	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	F	
9,525	16,9	19	38	850	проварювання в олії через 7 год. випробувань
ПР-12,7-1820-2	4,63	17	42	1400	
ПР-15,875-2300-2	5,08	16	42	1750	

Міцність пресових з'єднань згортних втулок з пластинами ланцюга кроку 9,525 мм оцінювалась згідно з діючими технічними умовами за зусиллям випресування згортних втулок з отворів пластин. За схемою, яка подана на рис. 2, на розривній машині типу Трауо L.S.F.N. (Франція) розпресовували внутрішні ланки і за шкалою з діапазоном навантаження від 0 до 10 кН та ціною поділки 20 Н визначали  $F_g$ .

Моменти провороту згортних втулок в отворах пластин визначались з використанням установки, яка описана в роботі [7], схема якої подана на рис.3. Для здійснення експериментів внутрішню ланку розрізали посередині внутрішніх пластин і отримували дослідні зразки.



**Рисунок 2** – Схема розпресування внутрішніх ланок ланцюга кроку 9,525 мм. 1 – нижній вертикально-рухомий захоплювач; 2 – нерухомий захоплювач; 3 – досліджувана внутрішня ланка



**Рисунок 3** – Конструктивна схема пристрою для контролю моменту провороту запресованої втулки в отвір внутрішньої пластин. 1 – диск; 2 – палець; 3 – стрілка; 4 – вал; 5 – захоплювач; 6 – ручка; 7 – дослідний зразок (половина внутрішньої ланки)

Експериментальні дані  $F_g$  і  $M_{np}$  обробляли з використанням методів математичної статистики. Отримані результати подані в табл.2 і 3, а також частково проілюстровані на рис.4.

Аналіз отриманих (табл. 2 і табл. 3) даних показує, що орієнтація згортних втулок суттєво (на 12%) збільшує середнє значення зусилля випресування  $\bar{F}_g$  тільки для внутрішніх ланок ланцюга з кроком 9,525 мм після їх складання і не впливає на величину  $\bar{F}_g$  після 700 годин випробувань, але при цьому суттєво зменшує (на 13%) поле розсіювання величини  $F_g$  після випробувань.

Таблиця 2 – Статистичні характеристики розсіювання  $F_g$  та критерії  $F_c$  і  $P(t_k)$  для внутрішніх ланок ланцюга з кроком 9,525 мм

Стан внутрішніх ланок після:	Досліджувані ПРВЛ з втулками:	Вибіркові значення		Критерії суттєвості відмінності				Вплив (+); не вплив. (-)	
		$\bar{F}_e$	$D(F_e)$	розрахункові		табличні		$\bar{F}_e$	$D(F_e)$
				$F_c$	$P(t_k)$	$F_{cm}$	$P(t_k)_m$		
складання	серійними	1208	175	1,12	0	1,26	0,05	+	-
	з орієнтованими	1353	156						
700 годин випробув.	серійними	1090	330	1,29	0,764			-	+
	з орієнтованими	1100	256						

Таблиця 3 – Статистичні характеристики розсіювання  $M_{кр}$  та критерії  $F_c$  і  $P(t_k)$  для пресових з'єднань втулка-пластина ланцюгів з кроками 12,7 мм і 15,875мм

Типорозмір ланцюгів	Стан внутрішніх ланок ПРВЛ після:	Досліджувані ПРВЛ з втулками:	Характеристики розсіювання		Значення критеріїв суттєвості відмінностей			
			$D(M_{кр})$	$D(M_{кр})$	розрахункові		табличні	
					$P(t_k)$	$F$	$P(t_k)_T$	$F_T$
ПР-12,7-820-2	складання	не орієнтованими	0,470	0,0100	0,548	1,06	0,05	1,26
		орієнтованими	0,460	0,0106				
	700 годин випробувань	не орієнтованими	0,366	0,0110				
		орієнтованими	0,370	0,0114				
ПР-15,875-2300-2	складання	не орієнтованими	0,500	0,023	0,889	1,04		
		орієнтованими	0,530	0,024				
	700 годин випробувань	не орієнтованими	0,430	0,027	0,689	1,15		
		орієнтованими	0,440	0,031				

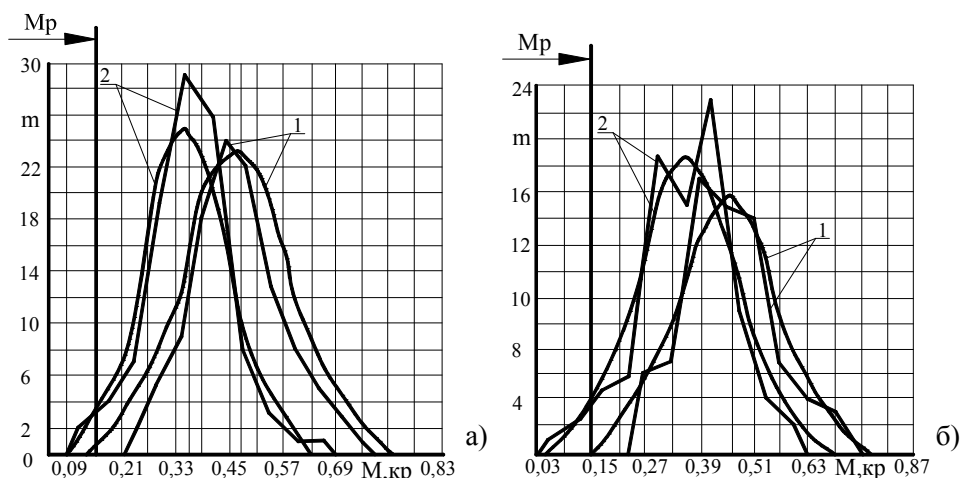


Рисунок 4 – Полігони і теоретичні криві нормального розподілу  $M_{пр}$  ланцюга ПР-12,7-1820-2: а) серійні, з довільною орієнтацією втулок; б) з орієнтованими втулками; 1 – після складання; 2 – після 700 годин випробувань

Для внутрішніх ланок ПРВЛ типорозмірів ПР-12,7-1820-2 і ПР-15,875-2300-2 не виявлено впливу орієнтації згортих втулок на статистичні характеристики розсіювання моменту провороту згортих втулок в отворах пластин внутрішніх ланок.

Крім цього, отримані експериментальні дані свідчать, що, з одного боку, великі поля розсіювання  $F_e$  і  $M_{кр}$  вказують на появу імовірності  $P(p)$  виходу їх за регламентовані значення, тобто  $F_e < F_p$  і  $M_p < M_{кр}$  (див. рис. 4 і табл.4), а з другого – є значна імовірність появи значень  $F_{ei}$  і  $M_{кpi}$ , які перевищують регламентовані  $F_p$  і  $M_p$  [1], тобто  $F_{ei} \gg F_p$  і  $M_{кpi} \gg M_p$ .

Наявність великої кількості пресових з'єднань втулка-пластина із значеннями, які в декілька разів перевищують регламентовані, свідчить про наявність великих полів

розсіювання діаметрів згортних втулок і отворів пластин. Це призводить до виникнення значної радіальної деформації кінців згортних втулок, спотворення циліндричної форми їх внутрішніх циліндричних поверхонь і утворення так званої бочкоподібності. Така форма внутрішніх поверхонь втулок спричиняє виникненню у спряженні втулка-валик кромкового контакту, що призводить до різкого збільшення питомого тиску в шарнірі й інтенсивності зношення, особливо на етапі припрацювання. Такі міркування підтверджені результатами досліджень, які подані в [10].

Певний інтерес становить визначення імовірності  $P(p)$  виходу характеристик міцності пресових з'єднань втулка-пластина  $F_{\sigma}$  і  $M_{кр}$  за регламентовані значення. Для визначення  $P(p)$  знайдемо площі, які обмежені теоретичними кривими нормального розподілу величин  $F_{\sigma}$  і  $M_{кр}$  та відповідними регламентованими значеннями  $F_p$  і  $M_{кр}$ .

Для цього використаємо приведену функцію Лапласа  $\Phi(Z)$  для  $F_{\sigma}$  і  $M_{кр}$  при аргументах,  $Z_{F_{\sigma}}$  і  $Z_{M_{кр}}$  для нижніх граничних регламентованих значень  $F_p$  і  $M_p$

$$\text{відповідно: } z_{F_{\sigma}} = \frac{F_p - \bar{F}_{\sigma}}{\sigma(F_{\sigma})} \quad \text{і} \quad z_{M_{кр}} = \frac{M_p - \bar{M}_{кр}}{\sigma(M_{кр})}$$

Імовірність  $P(p)$  виходу величин  $F_{\sigma}$  і  $M_{кр}$  за регламентовані значення у відсотках визначимо за формулами, відповідно:

$$P(p)_{F_{\sigma}} = [0,5 - \Phi(z_{F_{\sigma}})] \cdot 100, \quad \text{і} \quad P(p)_{M_{кр}} = [0,5 - \Phi(z_{M_{кр}})] \cdot 100,$$

$$\text{де } \Phi(z_{F_{\sigma}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_{F_{\sigma}}} e^{-\frac{z_{F_{\sigma}}^2}{2}} dz_{F_{\sigma}}, \quad \Phi(z_{M_{кр}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_{M_{кр}}} e^{-\frac{z_{M_{кр}}^2}{2}} dz_{M_{кр}}.$$

Таблиця 4 – Характеристики міцності пресових з'єднань внутрішніх ланок досліджуваних ПРВЛ

Внутрішні ланки ПРВЛ з кроком, мм:	Стан внутрішніх ланок після:	Внутрішні ланки з втулками:	$\frac{\bar{F}_{\sigma}}{F_p}$	$\frac{\bar{F}_{\sigma \max}}{F_p}$	$\frac{\bar{M}_{кр}}{M_p}$	$\frac{\bar{M}_{кр \max}}{M_p}$	P(p), %
9,525	складання	не орієнтованими	2,02	2,11			0
		орієнтованими	2,29	2,52			0
	після 700 год. випробувань	не орієнтованими	1,85	1,93			0
		орієнтованими	1,86	1,94			0
12,7	складання	не орієнтованими			3,10	5,10	0,02
		орієнтованими			3,06	5,05	0,10
	після 700 год. випробувань	не орієнтованими			2,43	5,00	2,10
		орієнтованими			2,46	4,60	1,41
15,875	складання	не орієнтованими			2,50	4,80	1,98
		орієнтованими			2,65	4,97	2,10
	після 700 год. випробувань	не орієнтованими			2,15	4,91	8,10
		орієнтованими			2,20	4,87	19,2

Отримані значення P(p) для досліджуваних внутрішніх ланок ПРВЛ подані в табл.4. Аналіз цих даних свідчить про наступне. Відношення величин  $\bar{F}_{\sigma}$  і  $F_{\sigma \max}$  до величини  $F_p$  для ланцюга з кроком 9,525 мм знаходяться відповідно в межах 1,85 – 2,29 і 1,93 – 2,52. Відношення  $\bar{M}_{кр}$  і  $M_{кр \max}$  до  $M_p$  для ланцюгів ПР-12,7-1820-2 і 15,875-2300-2 знаходяться в межах 2,20...3,10 та 4,87...5,10 відповідно. При цьому спостерігається тенденція до зменшення значень цих відношень у міру збільшення контактного кроку ланцюга, а також після випробувань.

## Висновки

1. Орієнтація згортних втулок стиковим швом всередину внутрішньої ланки не погіршує міцнісні характеристики пресових з'єднань втулка-пластина досліджуваних ланцюгів, а для деяких, наприклад, для ланцюга з кроком 9,525 мм – збільшує середнє значення зусилля розпресування на 12% після складання і зменшує дисперсію розсіювання на 13% після 700 годин випробувань.
2. Відношення середнього та максимального значень зусиль випресування для ланцюга з кроком 9,525 мм до регламентованого відповідно становить 1,85 – 2,29 і 1,93 – 2,52 разів, та моментів провороту згортних втулок для ланцюгів з кроками 12,7 мм та 15,875 мм відповідно 2,43...3,10 і 4,60...5,10 та 2,15...2,50 і 4,80...4,97 разів. Це свідчить про наявність великих натягів у спряженнях, які спричиняють значне відхилення від прямолінійності твірної внутрішньої циліндричної поверхні згортних втулок (утворення бочкоподібності), що значно підвищує інтенсивність зношування контактуючих поверхонь шарнірів ПРВЛ, особливо на етапі їх припрацювання.
3. Після випробувань на роботоздатність дослідних ланцюгів міцність пресових з'єднань втулка-пластина зменшилась. Так, після 700 годин випробувань для ланцюгів з кроком 9,525 мм  $\bar{F}_g$  зменшилось на 11...25%, а для ланцюгів з кроками 12,7 мм і 15,875 мм  $\bar{M}_{np}$  – на 11...13%.
4. Як для серійних, так орієнтованими втулками ланцюгів з кроком 12,7 мм появляється імовірність виходу  $M_{np}$  за регламентоване значення  $M_p$ , після 700 годин випробувань становить 2,1% і 1,41% відповідно, а для ланцюгів з кроком 15,875 мм така імовірність складає 8,1% і 19,2%.

**Перспектива досліджень.** Для оптимізації міцнісних характеристик пресових з'єднань втулка-пластина і зменшення полів розсіювання зусилля випресування та моменту провороту доцільно дослідити дійсні площі контакту зовнішніх циліндричних поверхонь втулок і циліндричних поверхонь отворів пластини і розробити удосконалений технологічний процес вирубки отворів у внутрішніх пластинах ПРВЛ і зменшити значення натягів у пресових з'єднаннях втулка-пластина.

### **Література**

1. Цепи приводные роликовые и втулочные. ГОСТ 13568-75. – М.: Изд-во Стандартов, 1976. – 20 с.
2. Кривий П., Бондаренко Л., Сенік А. Гармонічний аналіз точності форми згортних втулок приводних роликових і втулкових ланцюгів // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ – Київ, вип. №19, 2006. – с. 196-202.
3. Аллахвердиев Р.А. О величине момента проворота втулок цепей// Пути повышения качества нефтепромышленного оборудования и инструмента: Тез. докл. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов нефтяного машиностроения (1-2 ноября 1972 г.- Баку: НИЧНТИ, 1972. – С.12-13.
4. Воробьев Н.В., Ивашков И.И., Филимонов Б.Н. Повышение качества цепных передач// Вестник машиностроения, 1963. - №5. – С.17-18.
5. Жуков К.П. Чистота обработки трущихся поверхностей деталей шарнира и ее влияние на период приработки и износостойкости цепи// Волновые и цепные передачи/ Под ред. Г.Б. Столбина, Н.И. Цейтлина. – М.: Станкин, 1967. – С.289-297.
6. Искандеров И.А. Исследование прочности соединений приводных роликовых цепей буровых установок. Автореф. канд. дисс. – М.: Московский институт нефти и газа, 1971. – 14 с.
7. Филимонов Б.Н. Исследование прочности соединений втулочно-роликовых цепей. – Изв. вузов: Машиностроение, 1965. - №6. – С.67-75.
8. Шляков Э.М. Улучшение конструкции и технологии изготовления втулочно-роликовых цепей // Вестник машиностроения, 1977. - № 2. – С.8-10.
9. Правила отбора единиц продукции в выборку. ГОСТ 18.321-73. – М.: Изд-во Стандартов, 1973. – 11 с.
10. П. Кривий, І. Муха Дослідження форми згортних втулок внутрішніх ланок приводних роликових і втулкових ланцюгів // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 1999. – Том 4, число 3. – С 78-87.

*Одержано 24.03.2009 р.*