

ПРО ДОВГОВІЧНІСТЬ КЛИНОПАСОВИХ ТРАНСМІСІЙ В ПРИВОДАХ НАФТОГАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Мосора Ю.Р., Костриба І.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто роль та місце клинопасових трансмісій в приводах нафтогазового обладнання, наведено характерні особливості застосування клинопасових трансмісій в приводах нафтогазового обладнання. Розглянуто питання довговічності клинового паса на всіх етапах його життєвого циклу. Проаналізовано умови роботи клинопасових трансмісій, виявлено основні фактори, які визначають ресурс клинових пасів. Встановлено, що основним фактором, який суттєво впливає на довговічність паса є його попередній монтажний натяг. Проаналізовано існуючі методики визначення натягу паса, в результаті чого виявлені значні розбіжності у нормативних значеннях натягу паса.

Ключові слова: клинопасова трансмісія, клиновий пас, довговічність, попередній (монтажний) натяг, стріла прогину.

Постановка проблеми. Одним з найпоширеніших видів механічних трансмісій, що використовуються в нафтогазовій промисловості є клинопасові передачі. Основним елементом клинопасових трансмісій є клиновий пас, ресурс якого визначає ефективність технологічних процесів, впливає на міжремонтний період та надійність технологічного обладнання. На ресурс клинових пасів впливає низка чинників, а саме: якість пасів, їх комплектність в багаторядних трансмісіях, якість монтажно-центрувальних робіт, правильний підбір пасів по довжині в комплекті, величина попереднього натягу та ін. Встановлення залишкового ресурсу та оцінка технічного стану клинових пасів є актуальними питаннями на даний момент, оскільки ремонт трансмісій, пов'язаний із заміною клинових пасів зменшує ефективність роботи обладнання, підвищує експлуатаційні витрати, що призводить до збільшення собівартості буріння свердловин і видобутку нафти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями пов'язаними з довговічністю клинопасових трансмісій займалися багато дослідників, зокрема Костриба І.В., Копей Б.В., проте особливі умови роботи клинопасових передач в приводах нафтогазового обладнання на даний час вивчені недостатньо. В праці [1] розглядається надійність клинопасових трансмісій нафтогазового обладнання, показником якої і є довговічність, запропоновано заходи щодо її підвищення, проте чіткі рекомендації по їх застосуванню відсутні. Умови роботи приводів нафтогазового обладнання, зокрема сумуючих клинопасових трансмісій, приводів бурових насосів, приводів верстатів-качалок широко висвітлюються в працях Малька Б.Д.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є встановлення чинників, що впливають на довговічність клинопасових трансмісій нафтогазового обладнання та виявлення найбільш раціональної методики для їх визначення.

Виклад основного матеріалу. Одним з найпоширеніших видів механічних трансмісій, що використовуються в нафтогазовій промисловості є клинопасові передачі. Клинопасовими передачами передають обертовий рух, момент і енергію між паралельними валами, значно рідше і виключно для невеликих потужностей застосовують напівперехресні передачі.

Клинопасові передачі доволі широко застосовуються в головних та допоміжних приводах бурових установок, приводах верстатів-качалок, компресорів тощо. Для прикладу в клинопасових трансмісіях бурової установки типу ЗД та її модифікаціях налічується приблизно 500-600 м клинових пасів, а бурових установок на бурових підприємствах України знаходиться в експлуатації більше 100 одиниць. Приводи штангових насосних установок виключно містять 4-6 рядні клинопасові трансмісії, а на промислах нафтогазовидобувних підприємств працює приблизно 1200 верстатів-качалок.

Широке використання клинопасових трансмісій в нафтогазовому машинобудуванні обумовлено в першу чергу їхніми перевагами перед іншими видами трансмісій, а саме простотою конструкції та ремонту, невибагливістю до технічного обслуговування, здатністю зменшувати динамічні навантаження на силові двигуни (особливо важливо для двигунів внутрішнього згорання). Використання клинопасових трансмісій дає змогу підвищити технологічну культуру на об'єктах їх використання (зменшується шум, вібрації, забрудненість тощо).

Слід зазначити на ряд характерних особливостей, що мають місце при використанні клинопасових трансмісій в нафтогазовому машинобудуванні.

1) Клинопасові передачі є багаторядними. Наприклад, в сумуючих трансмісіях бурових установок моделі ЗД-76 та її модифікаціях застосовують передачі, в яких налічують до 12 пасів, приводи бурових насосів налічують 16-18 клинових пасів (рис. 1).

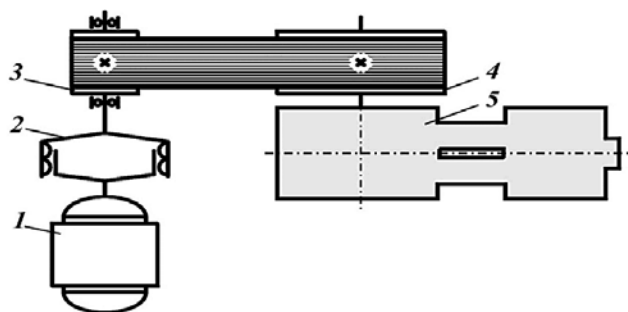
2) Клинопасовими трансмісіями передаються великі потужності, що досягають значень 600 кВт і більше.

3) Міжцентрові віддалі у вказаних передачах досить значні і досягають 2000-4000 мм.

4) Клинопасові передачі зазнають впливу перепаду температур (до 50°C) в зимовий та літній період, оскільки все бурове та нафтогазопромислове обладнання експлуатується на відкритому повітрі.

5) Режим роботи передач особливо важкий, що зумовлено великими передаваними потужностями, частими зупинками та запуском у роботу, надмірними перевантаженнями, що виникають в

екстремальних умовах. Для прикладу під час перехідних процесів при запуску і зупинці лебідки, насосів і ротора, а також при різких змінах технологічних навантажень (при виконанні СПО) до діючих на клинопасові трансмісії статичних навантажень додаються динамічні, обумовлені інерцією і пружними коливаннями приводних мас.



1 - двигун; 2 - шинно-пневматична муфта;
3 - ведучий шків; 4 - ведений шків;
5 - буровий насос

Рис. 1. Схема приводу бурового насоса

6) Клинові паси працюють як фільтри крутильних коливань, тому їх використання є найдоцільнішим у випадках незрівноваженості – циклічної зміни обертового моменту на ведучому або веденому валу (в дизельмеханічних приводах, в приводах бурових насосів і компресорів систем пневмокерування, вібраційних сит).

7) Технічне обслуговування клинопасових передач часто відбувається несвоєчасно через віддаленість обладнання від ремонтних баз та проводиться на неналежному рівні із-за умов, що склалися в даний час на бурових та нафтогазовидобувних підприємствах;

8) Практично всі передачі, що застосовуються у буровому чи нафтогазопромисловому обладнанні не мають пристроїв для забезпечення автоматичного натягу пасів. Відсутність автоматичного натягу пасів в процесі роботи призводить до необхідності періодичного натягу пасів та його регулювання.

Основним елементом клинопасових трансмісій є клиновий пас, ресурс якого визначає ефективність технологічних процесів, впливає на міжремонтний період та надійність технологічного обладнання. В даний час на бурових та нафтогазовидобувних підприємствах використовують нескінченні клинові гумотканинні (кордшнурові та кордтканинні) приводні паси, призначені для застосування в умовах помірного клімату, які зберігають працездатність в температурних діапазонах від -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Клинові паси виготовляють чотирьох класів (I-IV), що різняться застосованою технологією виробництва та використаними конструкційними матеріалами. Пасам IV класу притаманні найбільший ресурс та найменше залишкове видовження. При довжині пасів до 8 м в їх несучому шарі обов'язкова наявність кордшнура, паси з довжиною, більшою ніж 1,6 м, можуть мати в несучому шарі кордтканину.

В залежності від розмірів поперечного перерізу згідно ГОСТ 1284.1-89 паси виготовляються наступних профілів Z (О), А, В (Б), С (В), D (Г), Е (Д), але в трансмісіях бурового та нафтогазопромислового обладнання переважно застосовуються паси профілів С (В), D (Г), Е (Д).

На сьогоднішній день витрати нафтогазовидобувних та бурових підприємств, в залежності від їхнього наявного фонду обладнання, на закупівлю та обслуговування клинопасових трансмісій досить значні. Для прикладу, щорічні витрати клинових пасів на одному з підприємств нафтогазовидобутку Західного регіону України за останні декілька років наведені в таблиці 1.

Таблиця 1
Витрата (шт.) клинових пасів на підприємстві нафтогазовидобутку Західного регіону України на протязі 2011-2014 років

Профіль і типорозмір паса	2011	2012	2013	2014
D (Г) 7100	1311	569	1096	366
D (Г) 5600		57		
C (В) 3550	46			
C (В) 4000	1126	318	963	1000
C (В) 4500	682	181	730	116
B (Б) 4000			20	
B (Б) 4500			116	
B (Б) 2240	18	10		

Основним показником надійності клинопасових трансмісій є довговічність пасів. Згідно ГОСТ 1284.2-89 довговічність паса характеризується показником його наробітку, який складає 2000-2500 год. в залежності від профілю паса та режиму його роботи. Довговічність клинових пасів залежить від ряду чинників, що мають місце на всіх етапах його життєвого циклу – проектування, виготовлення, експлуатації.

На етапі проектування збільшення довговічності можна здійснювати за допомогою використання в конструкції паса для виготовлення корду новітніх сучасних матеріалів, таких як арамід та кевлар, використання яких підвищує тягову здатність паса; зміни конструкції паса, тобто введення додаткових підкордових шарів та ін.

На етапі виготовлення збільшення довговічності паса можливе завдяки розробленню та застосуванню новітніх технологій виготовлення, використанню сучасного обладнання для виготовлення, оптимізації та дотриманням правильного режиму вулканізації паса та ін. Технологія проектування та виготовлення клинових пасів специфічна.

Клинові паси відносяться до купованих виробів. Збільшення довговічності пасів на вказаних вище етапах потребує великих матеріальних витрат, значних затрат часу і основне те, що на цих два етапи не мають ніякого впливу підприємства, на яких експлуатуються клинопасові передачі, зокрема нафтогазовидобувні і бурові підприємства. Тому, основну увагу необхідно приділяти етапу експлуатації.

На етапі експлуатації довговічність клинового паса залежить від наступних факторів: правильності підбору пасів по довжині у комплекті; правильності монтажу клинопасової передачі; величини попереднього монтажного натягу; центрування відносного розміщення шківів трансмісії; відповідного та своєчасного технічного обслуговування клинопасової трансмісії та кваліфікації обслуговуючого персоналу; режиму роботи виконавчого механізму.

Розглянемо вплив кожного фактору на довговічність клинового паса зокрема. Правильність монта-

жу передачі полягає у дотриманні правил монтажу всіх елементів трансмісії, що обумовлені вимогами експлуатаційних документів. Монтаж передачі необхідно проводити без прикладання значних зусиль при надіванні пасів на шків, оскільки можуть виникати надриви та руйнування шарів пасів, що призводить до швидкого зносу пасів.

Значний вплив на довговічність пасів в трансмісії має їх селективний підбір по довжині в комплекті. За різними джерелами відхилення по довжині пасів в комплекті повинно складати не більше 0,1-0,25% від їх розрахункової довжини. Різна довжина пасів в комплекті призводить до нерівномірного розподілу навантажень між паралельно працюючими в передачі пасами, що викликає перевантаження пасів меншої довжини та недовантаження пасів більшої довжини. Перевантаження пасів призводить до зменшення його наробітку. На даний час на підприємствах нафтогазовидобувного профілю із-за браку коштів можна зустріти випадки роботи клинопасових трансмісій з неповним комплектом клинових пасів. В такому разі пас в передачі працює з надмірними перевантаженнями, що зменшує його довговічність в декілька разів.

На довговічність клинового пасів суттєво впливає робочий його натяг. Із-за труднощів визначення робочого натягу на практиці для контролю правильності монтажу трансмісії використовують попередній (монтажний) натяг. Клинпасові передачі зберігають працездатність лише за умови належного попереднього (монтажного) натягу пасів, від якого залежить і їх несуча здатність. Попередніми дослідженнями встановлено залежність довговічності пасів від його попереднього натягу, яка зображена на рис. 2.

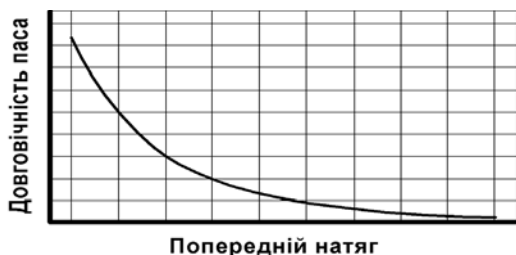


Рис. 2. Графічна залежність довговічності пасів від його попереднього натягу

З графіка видно, що зі збільшенням натягу пасів його довговічність зменшується, а при незначних значеннях натягу – довговічність максимальна. Але натяг пасів не може бути низьким, оскільки в такому випадку буде відбуватися проковзування пасів на шківів і клинопасова трансмісія не зможе виконувати основну свою функцію – передачу обертового моменту та потужності. Виходячи з вищевказаного, контроль за попереднім натягом пасів є важливим при експлуатації клинопасової трансмісії.

Натяг пасів в передачах може здійснюватися автоматично з допомогою спеціальних вантажних пристроїв (менш поширений варіант) або періодично регулюється обслуговуючим персоналом. Крім того, натяг пасів повинен періодично контролюватися в процесі експлуатації трансмісії.

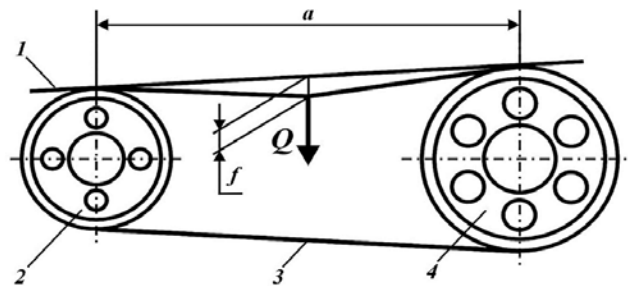
На сьогоднішній день натяг клинового пасів визначають непрямим способом шляхом заміру

стріли прогину вітки пасів під дією певних поперечних навантажень. Мова йде про умовний натяг пасів, який являє собою залежність між стрілою прогину натягнутого пасів і зусиллям прогину, прикладеного посередині вітки пасів. Крім того не конкретизований порядок вимірювання умовного натягу пасів, а його нормативні параметри не уніфіковані. Справа в тому, що параметри натягу будуть залежати від стану, в якому знаходяться шківів передачі: вони можуть бути зафіксовані від повертання в процесі заміру, а можуть повертатися на невеликий кут. В першому випадку пас буде витягуватися на одній з вільних віток пасів. В другому випадку пас буде витягуватися по всій своїй довжині. Логічно припустити, що у випадку багаторядної клинопасової передачі при замірі натягу окремого пасів передача буде знаходитися в стані зафіксованих від повертання шківів.

Відомі декілька методів визначення умовного натягу пасів. Зокрема, згідно [2] нормативне значення стріли прогину f визначається за емпіричною залежністю, що представлена на рис. 3.

$$f = 1,55 \frac{a}{100} \quad (1)$$

де a – міжцентрова відстань клинопасової трансмісії.



1 – лінійка; 2 – ведучий шків;
3 – клиновий пас; 4 – ведений шків

Рис. 3. Принципова схема контролю натягу пасів

Як видно з наведеної залежності стріла прогину залежить тільки від міжцентрової відстані передачі, крім того дану залежність можна використовувати лише для трансмісій, в конструкції яких передбачені пристрої автоматичного натягу пасів.

Згідно [3] рекомендоване значення умовного натягу визначається за формулою:

$$f = \frac{Q \cdot l}{36 \cdot b \cdot h} \quad (2)$$

де Q – зусилля, що прикладається до вітки пасів для її прогину;

l – половина довжини вільної вітки пасів;

b – ширина пасів;

h – товщина (висота) пасів.

Вказана залежність дає можливість визначити умовний натяг пасів з урахуванням його геометричних розмірів.

Відома також методика, що дозволяє визначити реальне значення величини попереднього натягу вітки пасів S_0 за залежністю:

$$S_0 = \frac{Q \cdot l}{2f} \cos \beta - (10 \div 20) \quad (3)$$

де Q – величина зусилля, яке прикладається для прогину вітки пасів, або вага вантажу;

β – кут нахилу прогнутої вітки пасів до горизонту.

В технічній документації [4] наведені значення нормативних стріл прогину паса на прикладі трансмісії приводу бурового насоса УНБ – 600, де застосовуються клинові паси профілю Е довжиною 10000 мм, які лежать в межах від 55-65 мм при прикладеному зусиллі 180 Н, а в [5] ті самі значення стріли прогину сягають 130-140 мм при прикладеному зусиллі 100 Н. Як бачимо, існують значні розбіжності значень стріл прогину в різних літературних джерелах, що не дає можливості встановити дійсне значення умовного натягу паса.

Висновки і пропозиції. Отже, провівши аналіз існуючих методик визначення умовного натягу вітки паса можна зробити висновок, про значні розбіжності в них. Це не дає можливості встановити реальний режим навантаженості клинового

паса, тим самим викликає значні труднощі при визначенні довговічності паса в трансмісії.

В додаток до вище сказаного можна зауважити, що жодна методика для визначення умовного натягу паса не враховує пружні характеристики пасів, що є не зрозумілим, оскільки видовження паса можна описати відомим законом Гука, невід'ємною складовою якого є модуль пружності. Враховуючи те, що на даний час існують різноманітні конструкції пасів в склад яких входять елементи, що виготовляються з різноманітних конструкційних матеріалів застосування вказаних методик для визначення умовного натягу паса є неприпустиме для будь якого паса. Тому, подальшою задачею для авторів є дослідження пружних характеристик пасів та встановлення залежності дійсних стріл прогину паса від них.

Список літератури:

1. Костриба І. В. Підвищення надійності клинопасових трансмісій / І. В. Костриба, Б. В. Копей // Методи та прилади контролю якості: наук. фах. вид. – 1998. – С. 27–29.
2. ГОСТ 1284.1-89. Государственный стандарт Союза ССР. Ремни приводные клиновые нормальных сечений. Основные размеры. Методы контроля. Москва. Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 28 с.
3. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
4. Насос буровой двухпоршневой УНБ-600. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 4066.53.000 ТО, 1989.
5. Буровое оборудование. Привод. Техническое описание, инструкция по монтажу и эксплуатации. 4062.08.010 ТО, 1989.

Мосора Ю.Р., Кострыба И.В.

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

О ДОЛГОВЕЧНОСТИ КЛИНОРЕМЕННЫХ ТРАНСМИССИЙ В ПРИВОДАХ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация

Рассмотрена роль и место клиноремённых трансмиссий в приводах нефтегазового оборудования, приведены характерные особенности применения клиноремённых трансмиссий в приводах нефтегазового оборудования. Рассмотрен вопрос долговечности клинового ремня на всех этапах его жизненного цикла. Проанализированы условия работы клиноремённых трансмиссий, обнаружены основные факторы, которые определяют ресурс клиновых ремней. Установлено, что основным фактором, который существенно влияет на долговечность ремня есть его предыдущее монтажное натяжение. Проанализированы существующие методики определения натяжения ремня, в результате чего обнаружены значительные разногласия в нормативных значениях натяжения ремня.

Ключевые слова: клиноремённая передача, клиновый ремень, долговечность, предыдущее (монтажное) натяжение, стрела прогиба.

Mosora Y.R., Kostruba I.V.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ABOUT LONGEVITY OF V-BELT TRANSMISSIONS IN THE DRIVES OF OIL AND GAS EQUIPMENT

Summary

Considered the role and place v-belt transmissions in drives of petroleum equipment, given characteristic features of the application v-belt transmissions in drives of petroleum equipment. Considered the question of the durability of the V-belt at all stages of its life cycle. The conditions of V-belt transmissions are analyzed, identified the main factors that determine life of V-belts. It was established that the main factor that influences the durability of the belt is its previous mounting tension. Existing methods for determining the belt tension are analyzed, resulting significant differences were found in the normative values of belt tension.

Keywords: v-belt transmission, v-belt, longevity, previous mounting tension, arrow deflection.