

## ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЧКИ МЬОБІУСА У РЕМІННОМУ ПРИВОДІ ГРМ ДВИГУНА

Самарін О. Є., к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, Україна, e-mail: kaf\_energo@ksma.ks.ua

*Пропонується зубчастий привідний ремінь виконати у вигляді стрічки Мьобіуса, а натяжний ролик виконати у вигляді зубчастого шківів, встановленого з внутрішньої сторони ременя. Це дозволить збільшити кількість зубців на зубчастому привідному ремені у два рази без зміни довжини самого ременя і кроку зубців, забезпечити натягування ременя без пошкодження зубців і зменшити кут згинання ременя при експлуатації. Ремінний привід газорозподільного механізму двигуна працює наступним чином. При обертанні колінчастого вала його зубчастий шків входить у зачеплення з зубцями зубчастого привідного ременя і починає його тягнути. При цьому зубці зубчастого привідного ременя входять у зачеплення з зубцями зубчастого шківів розподільного вала, який теж починає обертатись. Завдяки тому, що зубчастий привідний ремінь виконано у вигляді стрічки Мьобіуса, зубці розташовуються на обох його сторонах, що збільшує загальну кількість зубців у два рази без зміни довжини самого ременя і кроку зубців. Тому кожен зубець зубчастого привідного ременя входить у зачеплення з зубчастим шківом колінчастого і розподільного вала та натяжного ролика у два рази рідше, що зменшує його навантаження та витирання. Натяжний ролик, встановлений з внутрішньої сторони ременя, вигинає ремінь у тому ж напрямку, що і шківів. Таке рішення зменшує кут перегину ременя і збільшує строк його експлуатації. Дано рекомендації щодо проведення розрахунку передачі.*

*Ключові слова: стрічка Мьобіуса, зубчаста ремінна передача, колінчастий вал, розподільний вал, натяжний ролик.*

DOI: 10.33815/2313-4763.2018.2.19.177–181

**Вступ.** Відомо ремінний привід газорозподільного механізму двигуна, що складається з зубчастого шківів колінчастого і розподільного вала та натяжного ролика, на які натягнуто зубчастий привідний ремінь [1].

Недоліком такого приводу газорозподільного механізму двигуна є те, що в процесі експлуатації зубці ременя інтенсивно витираються за рахунок тертя по зубчастих поверхнях зубчастих шківів і ремінь виходить з ладу, що вимагає його заміни.

Крім того, натяжний ролик перегинає ремінь у сторону, протилежну згину ременя на зубчастих шківів, що також приводить до його скорішого руйнування.

Враховуючи масове використання в двигунах ремінного приводу у газорозподільному механізмі, проблема збільшення строку служби ремінного приводу ГРМ двигуна, а також зниження шуму при експлуатації лишається актуальною.

**Аналіз конструктивних особливостей ремінної передачі.** Передача механічної енергії у ремінній передачі здійснює за допомогою гнучкого елемента – приводного ременя. Передача працює за рахунок сил тертя (плоскі та клинові передачі) і зачеплення (зубчасті ремінні передачі) [2].

Перевагами ремінної передачі є: плавність роботи, безшумність, згладжування пульсації двигуна, компенсація неточності установки шківів редуктора, низька вартість, легкість при монтажі, відсутність необхідності в мастилі. Передача може працювати на високих окружних швидкостях і передавати значну потужність [3].

Крім цього, при виході передачі з ладу інші елементи конструкції не ушкоджуються.

До недоліків відносяться наступні показники: великі розміри передачі, мала несуча здатність, малий термін служби, ковзання ременя.

У порівнянні з зубчастою передачею, перевагами є: передача руху між валами, які знаходяться на великій відстані, запобігання різкого перевантаження елементів машини, плавність і безшумність роботи, простота конструкції і обслуговування [4].

Серед недоліків можна виділити неможливість виконання малогабаритних передач, мінливість передавального числа, підвищене навантаження на вали. Крім цього, можна відзначити низьку довговічність ременів передачі.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Як видно з проведеного аналізу, одним з суттєвих недоліків ремінної передачі є її низька довговічність [5, 6].

В даний час проблема вирішується застосуванням нових матеріалів, наприклад кевлару, що збільшує передавану потужність і строк служби передачі.

Ще одним напрямком підвищення довговічності передачі може бути зменшення циклів навантаження на зубці передачі. Це можна вирішити шляхом збільшення кількості зубців або загальної довжини ремня. Однак таке рішення вимагає зміни положення провідного та веденого валів передачі, а також збільшує її габаритні розміри.

**Мета та задачі проведення досліджень.** Розробити такий ремінний привід газорозподільного механізму двигуна, у якому кількість зубців на зубчастому провідному ремні збільшено у два рази без зміни довжини самого ремня і кроку зубців.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати конструкції, переваги та недоліки існуючих механізмів приводу розподільного валу.

**Рішення поставленої задачі.** Пропонується зубчастий привідний ремінь виконати у вигляді стрічки М'юбіуса, а натяжний ролик виконати у вигляді зубчастого шківів, встановленого з внутрішньої сторони ремня (рис. 1) [7].

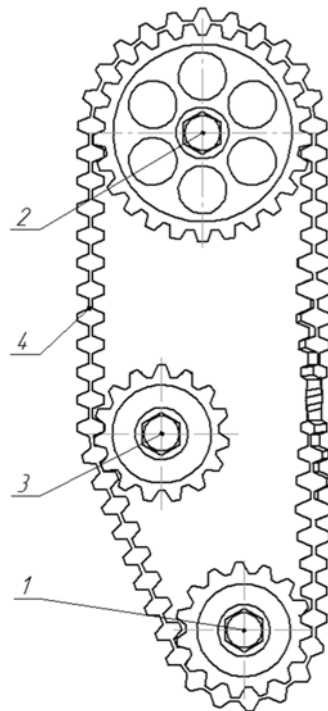


Рисунок 1 – Ремінний привід газорозподільного механізму двигуна:

1 – зубчастий шків колінчастого валу; 2 – зубчастий шків розподільного валу; 3 – натяжний ролик; 4 – зубчастий привідний ремінь

Виконання зубчастого привідного ремня у вигляді стрічки М'юбіуса дозволяє збільшити кількість зубців на зубчастому провідному ремні у два рази без зміни довжини самого ремня і кроку зубців.

Виконання натяжного ролика у вигляді зубчастого шківів дозволяє натягнути ремінь без пошкодження зубців.

Встановлення натяжного ролика з внутрішньої сторони ремня дозволяє зменшити кут згинання ремня при експлуатації.

Ремінний привід газорозподільного механізму двигуна складається з зубчастого шківів колінчастого 1 і розподільного 2 валу та натяжного ролика 3, на які натягнуто зубчастий привідний ремінь 4, який виконано у вигляді стрічки М'юбіуса, а натяжний ролик 3 виконано у вигляді зубчастого шківів, встановленого з внутрішньої сторони ремня 4.

Ремінний привід газорозподільного механізму двигуна працює наступним чином. При обертанні колінчастого вала його зубчастий шків 1 входить у зачеплення з зубцями зубчастого привідного ремня 4 і починає його тягнути. При цьому зубці зубчастого привідного ремня 4 входять у зачеплення з зубцями зубчастого шківа розподільного 2 вала, який теж починає обертатись. Завдяки тому, що зубчастий привідний ремінь 4 виконано у вигляді стрічки Мьобіуса, зубці розташовуються на обох його сторонах, що збільшує загальну кількість зубців у два рази без зміни довжини самого ремня і кроку зубців. Тому кожен зубець зубчастого привідного ремня 4 входить у зачеплення з зубчастим шківом колінчастого 1 і розподільного 2 вала та натяжного ролика 3 у два рази рідше, що зменшує його навантаження та витирання.

Натяжний ролик 3, встановлений з внутрішньої сторони ремня 4, вигинає ремінь у тому ж напрямку, що і шків. Таке рішення зменшує кут перегину ремня і збільшує строк його експлуатації.

Перекручування ремня приводить до додаткового навантаження. Воно збільшується при зростанні ширини самого ремня, що пов'язано з довжиною зубців. Тому рекомендується дотримуватись співвідношення [8, 9]:

$$v: \text{Ш} \leq 1:2$$

де  $v$  – висота ремня;  $\text{Ш}$  – ширина ремня.

**Розрахунок зубчастої ремінної передачі** може виконуватись за однією з відомих методик [3]. Довговічність ремня можна оцінити за кількістю циклів пробігів (циклів навантаження) [10]:

$$U = v/L_p < [U]$$

де  $v$  – швидкість ремня, м/с;  $L_p$  – розрахункова довжина ремня, м;  $[U]$  – допустима частота пробігів,  $\text{с}^{-1}$ .

Крім того, можна користуватись методиками розрахунку зубчастих передач провідних фірм-розробників Contitech (Германія) і Optibelt (Германія). Довговічність ремня оцінюється по загальному зусиллю натягу ремня.

Як видно, зносостійкість самих зубців у вказаних методиках не враховується. Тому необхідні додаткові дослідження.

**Висновки та рекомендації.** Зубчасті ремені є перспективним видом гнучкою зв'язку. Вони мають високу тягову здатність і порівняно великий ККД. Передачі цього типу працюють без змащення, стійкі до дії абразивних і агресивних середовищ, прості в експлуатації.

Зубчаста ремінна передача забезпечує досить жорсткий кінематичний зв'язок між провідними і відомими ланками механізмів.

Застосування стрічки Мьобіуса дозволить у два рази збільшити строк експлуатації ремінного приводу газорозподільного механізму двигуна за рахунок зменшення навантаження на зубці приводного ремня і тертя з зубчастими приводними і натяжним шківками.

Ремінний привід рекомендується застосовувати у двигунах малої та середньої потужності. Передача великої потужності пов'язана з підвищенням напруженості у ремені, що зменшує його довговічність.

Враховуючи відсутність методики розрахунку запропонованої передачі можна рекомендувати застосовувати відомі методики розрахунку зубчастої ремінної передачі. Розробка конкретної методики для передачі, виконаної з використанням стрічки Мьобіуса можлива тільки після проведення випробувань.

Для забезпечення надійної передачі потужності натяжний ролик повинен жорстко фіксуватись при натягуванні ременя. Це пов'язано із тим, що він встановлюється на робочій гілці ремінної передачі, послаблення і провисання якої не допускається.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://manual.countryauto.ru/hyundai/getz/> 2.17- Распределительный вал и его привод.
2. [mosprivod.ru/](http://mosprivod.ru/) Достоинства и недостатки ременной передачи.
3. [www.stanko-lid.ru/](http://www.stanko-lid.ru/) Ремни зубчатые.
4. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для вузов. Изд. 3-е, доп. и перераб./ Иванов М.Н. – М.: Высш. школа, 1976, - 399 с.
5. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.- 6-е изд. Т. I / Ануриев В.И. – М.: Машиностроение, 1982. – 728 с.
6. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя.- 6-е изд. Т. II / Ануриев В.И. - М.: Машиностроение, 1982. – 559 с.
7. Пат. UA117434U України, МПК F16G 1/28 (2006.01). Ремінний привід газорозподільного механізму двигуна / Самарин О.Є.; заявник і власник патенту Херсонська державна морська академія. - № u2017 00479 заявл. 18.01.2017, опубл. 26.06.2017, Бюл. №12.
8. [www.transportbasis.ru/baits-245-1.html](http://www.transportbasis.ru/baits-245-1.html) Transport Basis/ Расчет зубчатой ременной передачи.
9. Киркач Н.Ф. Расчёт и проектирование деталей машин: учеб. Пособие для техн. Вузов, - 3-е изд., перераб. и доп./ Н.Ф. Киркач, Р.А. Баласанян. – Х.: Основа, 1991. – 276 с.
10. Кузьмин А.В. Расчеты деталей машин: Справ. пособие – 3-е изд., перераб. и доп./ И.М. Чернин, Б.С. Козинцов. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 400 с.

### REFERENCES

1. <http://manual.countryauto.ru/hyundai/getz/> 2.17- Raspredelitelny val i ego privod.
2. [mosprivod.ru/](http://mosprivod.ru/).Dostoinstva i nedostatki remennoy peredachi.
3. [www.stanko-lid.ru/](http://www.stanko-lid.ru/) Remny zubchatye.
4. Ivanov M.N. Detali mashin. Uchebnik dly vuzov. Izd. 3-e, dop. i pererab./ Ivanov M.N. - M.: «Vysch. shkola», 1976, - 399 s.
5. Anuryev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelny.-6-e izd. T. I / Anuryev V.I. - M.: Mashinostroenie1982.- 728 s.
6. Anuryev V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelny.-6-e izd. T. II / Anuryev V.I. - M.: Mashinostroenie1982.- 559 s.
7. Pat. UA117434U Ukrainy, MPK F16G 1/28 (2006/01). Reminniyy pryvid gazorozpodilnogo mehanizmu dbyguna/Samarin O.E.; zayavnyk i vlasnyk patenty Khersonska derzhavna morska akademiyy. – № u2017 00479 zayavl. 18.01.2017, opubl. 26.06.2017, Bul. №12.
8. [www.transportbasis.ru/baits-245-1.html](http://www.transportbasis.ru/baits-245-1.html) Transport Basis/Raschet zubchatoy remennoy peredachi.
9. Kirkach N.F. Raschet i proektirovanie detaley mashyn: uchebn. Posobie dly tehnikeskikh Vuzov, / N.F. Kirkach, R.A. Balasanyan. – X.: Osnova, 1991. – 276 s.
10. Kuzmin A.V. Raschetyy detaley mashin: Sprav. posobie – 3-e izd., pererab. i dop./ A.V. Kuzmin, I.M. Chenin, B.C. Kozincov– Mн.: Bysh. shk., 1986. – 400 s.

**Самарин А. Е. ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕНТЫ МЁБИУСА В ПРИВОДЕ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ**

*Предлагается зубчатый приводной ремень выполнить в виде ленты Мебиуса, а натяжной ролик выполнить в виде зубчатого шкива, установленного с внутренней стороны ремня. Это позволит*

увеличить количество зубцов на зубчатом приводном ремне в два раза без изменения длины самого ремня и шага зубцов, обеспечит натяжение ремня без повреждения зубцов и уменьшит угол сгибания ремня при эксплуатации. Ременной привод газораспределительного механизма двигателя работает следующим образом. При вращении коленчатого вала его зубчатый шкив входит в зацепление с зубцами зубчатого приводного ремня и начинает его тянуть. При этом зубцы зубчатого приводного ремня входят в зацепление с зубцами зубчатого шкива распределительного вала, который тоже начинает вращаться. Благодаря тому, что зубчатый приводной ремень выполнен в виде ленты Мёбиуса, зубцы располагаются по обеим его сторонам, что увеличивает общее количество зубцов в два раза без изменения длины самого ремня и шага зубцов. Поэтому каждый зубец зубчатого приводного ремня входит в зацепление с зубчатым шкивом коленчатого и распределительного вала и натяжного ролика в два раза реже, что уменьшает его нагрузку и истирание. Натяжной ролик, установленный с внутренней стороны ремня, выгибает ремень в том же направлении, что и шкивы. Такое решение уменьшает угол перегибания ремня и увеличивает срок его эксплуатации. Даны рекомендации по проведению расчета передачи.

**Ключевые слова:** лента Мёбиуса, зубчатая ременная передача, коленчатый вал, распределительный вал, натяжной ролик.

#### **Samarin O. E. APPLICATION OF THE MOBIUS STRIP IN THE DRIVE OF THE GAS-DISTRIBUTING MECHANISM ENGINE**

*It is known that the belt drive is a gas distributing engine engine consisting of a toothed crankshaft and camshaft pulley and a tensioner roller on which a toothed actuating strap is stretched.*

*The disadvantage of such a gas-distributing engine mechanism is that during the operation the belt's teeth are intensively rubbed due to friction on the gear surfaces of the gear pulleys and the strap is inoperative, requiring replacement. In addition, the tensioner rolls the strap to the side opposite to the bend of the belt on the toothed pulleys, which also leads to its faster destruction. Taking into account the massive use of the belt drive motors in the gas distributing mechanism, the problem of increasing the service life of the belt drive of the engine's torque converter, as well as noise reduction during operation, remains relevant.*

*The transmission of mechanical energy in the belt transmission is carried out with the help of a flexible element - a drive belt. The transmission works by friction forces (flat and wedge transmission) and clutch (gear belt gear). The advantages of the belt transmission are: smooth operation, noiselessness, smoothing of engine pulsation, compensation of inaccuracy of the gear unit pulley, low cost, ease of installation, no need for lubrication. The transmission can operate at high circumferential speeds and transmit significant power. In addition, when the transmission failure, other elements of the design are not damaged.*

*The disadvantages include the following indicators: large transmission dimensions, low carrying capacity, short life, slip belt.*

*Compared to gear transmission, the advantages are: the transfer of motion between the shafts, which are at a great distance, preventing a sharp overload of the machine elements, smoothness and quietness of work, simplicity of design and maintenance. Among the disadvantages is the impossibility of performing small-sized gears, the variability of the transmission number, the increased load on the shaft. In addition, one can note the low durability of transmission belts.*

*Proposed toothed drive belt to perform in a strip Mobius and tension roller to perform as a pulley gear installed on the inside of the belt. This will increase the number of teeth on the gear belts twice without changing the length of the belt and move the teeth to provide natyahnivannya belt without damaging teeth and reduce the angle of bending of the belt during operation. Belt drive engine gas distribution mechanism works as follows. During the rotation of the crankshaft pulley his gear engages with teeth of a gear drive belt and begins to pull. At the same time toothed drive belt engages with teeth toothed pulley camshaft, which also starts to rotate. Because the toothed drive belt is designed as a strip Mobius, teeth are located on both sides of it, which increases the total number of teeth twice without changing the length of the belt and step teeth. Therefore, each tooth toothed drive belt engages with a toothed pulley crankshaft and camshaft and roller clamps twice less, which reduces its load and wiping. Tensioner roller mounted on the inside of the belt, the belt bending in the same direction as the pulleys. This solution reduces the angle of bend belt and extends its operation. Recommendations for calculating transmission.*

*Keywords: Mobius ribbon, belt drive gear, crankshaft, camshaft, pulley.*

© Самарін О. Є.

Статтю прийнято  
до редакції 21.05.18