

## ЕКСПРЕСНА ДИАГНОСТИКА НА ОПЪВАНЕТО НА РЕМЪЧНИ ПРЕДАВКИ

Славчо Соколовски, Ненчо Делийски  
Лесотехнически университет, София, България

### Резюме

Предлага се метод за определяне на силата на първоначално опъване на ремъчни предавки чрез оценка на провисването на ремъците. Изведен е аналитичен израз за определяне на първоначалното опъване на ремъците в зависимост от провисването им, което се получава от приложена определена тежест. Опитно са установени зависимостите на провисването на ремъците от междуосовото разстояние и на приложената сила от лицето на напречното сечение на ремъка. Методът е приложим както за плоски, така и за клинови ремъци.

**Ключови думи:** ремъчна предавка, опъване, провисване.

**Key words:** belt transmission, strain, creep.

JEL: L74, O14.

### Увод

Ремъчните предавки се явяват триещи. Необходимо условие за тяхната работа е да се създаде триеща сила, която да бъде по-голяма от предаваната периферна сила, т.е.  $F_{тр} > F_t$ . От механиката е известно, че триеща сила зависи от коефициента на триене и силата на притискане на ремъка към шайбите, т.е.  $F_{тр} = \mu F_{нач}$ .

Коефициентът на триене  $\mu$  зависи главно от материала, от който са изработени ремъците. В настоящата работа е разгледано влиянието на притискането на ремъците към шайбите, което се осъществява чрез опъването на самите ремъци.

Работоспособността на ремъчните предавки зависи преди всичко от началното опъване на ремъците. Началното опъване на ремъка се избира от условието, при което ремъкът ще запази това опъване достатъчно дълго време, не се разтяга в големи граници и запази своята работоспособност през целият период на експлоатацията.

Малкото опъване на ремъците води до недоизползване на възможностите на предавката и следователно до по-ниска работоспособност. С увеличаване на опъването на ремъците се увеличава до известни граници теглителната способност на ремъчните предавки. Свърх голямото опъване на ремъците води до бързото им повреждане в резултат на умората на материала.

Увеличаването на опъването на ремъците над допустимото не бива да се препоръчва за увеличаване на тяхната работоспособност, тъй като се намалява продължителността им на работа и се увеличава натоварването на валове и опорите. Такова опъване се поддържа трудно в производствени условия, особено при липса на притискателни устройства. Колкото по-голямо е опъването на ремъците, толкова по-

голямо е тяхното разтегляне, което налага честото им опъване.

### 1. Опъване на ремъците и опъващи устройства

Степента на опъване на ремъците влияе на тяхната теглителна способност и дълготрайност. В процеса на експлоатация ремъците се разтягат, при което се намалява приложената сила на предварителното опъване. Най-голямо разтягане на ремъците настъпва е в началния период на експлоатация (първите 10 h). Затова е необходимо при използването на нови ремъци първоначалното опъване на ремъците да бъде по-голямо от началното опъване, за да се компенсира по-голямото им разтягане. Препоръчва се първоначалното опъване на ремъците да бъде около 1,5 пъти по-голямо от началното [1]. Силата за първоначалното опъване в двата клона на ремъка при покой на предавката (фиг. 1а) е равна на

$$F_{п.нач.} = 2F_{0 п.нач.} \cos \gamma, \quad (1)$$

където

$F_{п.нач.}$  – е силата на първоначалното опъване на двата клона на ремъка, която действа напречно на оста на вала, N;

$F_{0 п.нач.}$  – силата на първоначалното опъване в един клон на ремъка, N. Тя се определя по уравнението

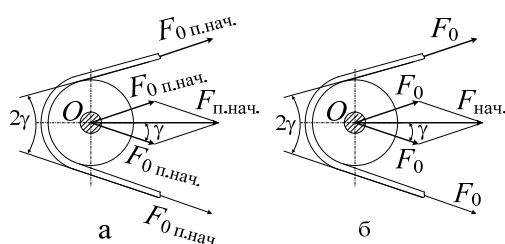
$$F_{0 п.нач.} = \sigma_{0 п.нач.} A_1, \quad (2)$$

където

$\sigma_{0 п.нач.}$  – напрежението от първоначалното опъване на ремъка при покой, МПа;

$A_1$  – лицето на напречното сечение на един ремък, mm<sup>2</sup>;

$\gamma$  – ъгълът на наклона на клоновете на ремъка към междуцентровата линия на предавката (фиг. 1а). Той се определя по уравнения (1) и (2).



**Фиг. 1. Сили, опъващи клоновете на ремъка: а) при първоначално опъване; б) при начално опъване**

Началното опъване на двата клона на ремъка  $F_{нач.}$  (в N) се изчислява по зависимостта

$$F_{нач.} = 2F_0 \cos \gamma, \quad (3)$$

където

$F_0$  е силата на началното опъване в един клон на ремъка, N. Определя се по уравнението

$$F_0 = \sigma_0 A_1, \quad (4)$$

където

$\sigma_0$  е напрежението от началното опъване на ремъка при покой, МПа.

На основата на направените по-горе разсъждения може да се препоръча за първоначално опъване на гумирани и текстилни плоски ремъците да се приеме  $\sigma_{0 п.нач.} = 2,7$  МПа, така, че ремъците да запазят продължително време начално напрежение  $\sigma_0 = 1,8$  МПа. За плоските синтетични ремъци се приема за първоначално напрежение  $\sigma_{0 п.нач.} = (7,5 \div 15)$  МПа, а за начално напрежение  $\sigma_0 = (5 \div 10)$  МПа. За нормалните клинови ремъци се приема първоначалното напрежение  $\sigma_{0 п.нач.} = 2,4$  МПа, така, че през време на експлоатация да се получи начално напрежение  $\sigma_0 = 1,6$  МПа. Най-добре запазват началното си опъване клиновите и плоските гумирани ремъци.

По време на работа ремъците се разтягат, при което се намалява тяхната теглеца способност. За компенсиране на разтягането им е необходимо да се предвидят устройства за регулиране на опъването на ремъците.

Най-разпространени са две схеми на опъващи устройства. Към първата схема спадат устройствата, с които се увеличават междуосовите разстояния на ремъчните предавки, докато при втората схема устройствата не позволяват да се увеличават междуосовите разстояния.

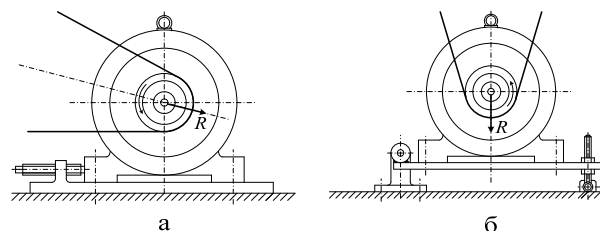
Опъването на ремъците може да стане по два начина. Единият начин е чрез изместване на единия от валове заедно с шайбата, другият – с притискаща или опъвателна ролка.

При опъването на ремъците чрез изместване на единия от валове се увеличава междуосовото разстояние и по големината на премества-

нето и увеличаването на междуосовото разстояние се съди за състоянието на ремъците. Този начин се прилага при хоризонталните и слабо наклонените ремъчни предавки.

Обикновено се измества шайбата, монтирана на вала на електродвигателя. Същият се поставя върху шейна и с помощта на винтова двойка периодично се извършва праволинейното му преместване (фиг. 2а). При този начин е необходимо предварително да се определи нужното опъване на ремъците и след това с помощта на винтовия механизъм да се осъществи преместването на електродвигателя заедно с шайбата.

При вертикално разположена ремъчна предавка ремъците се опъват от собственото тегло на електродвигателя, който се монтира на колебаеща се плоча. Чрез завъртане на плочата, заедно с електродвигателя, се извършва опъването на ремъците. Допълнително опъване може да се осъществи с помощта на регулировъчни винтове (фиг. 2б).



**Фиг. 2. Устройства за периодично опъване на ремъка чрез преместване на електродвигателя с шайбата: а) с помощта на шейна; б) чрез завъртане на колебаеща се плоча**

В някои случаи електродвигателят се разполага на завъртаща се плоча и под действието на тежестта му и тази на плочата се осъществява непрекъснато (автоматично) опъване на ремъка (фиг. 3а). Допълнително опъване може да се осъществи с помощта на тежест. Опъването на ремъците може да се постигне чрез повдигане на единия край на плочата с помощта на пружина (фиг. 3б). Големината на силата на тежестта се определя по зависимостта

$$G = \frac{Rl_2}{l_1}, \quad (5)$$

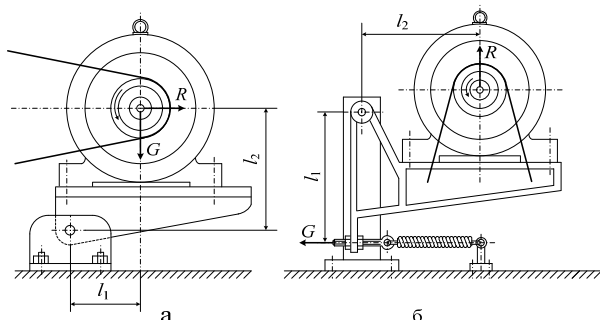
където

$G$  е силата на тежестта, N;

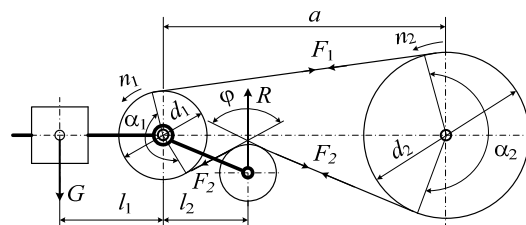
$R$  – силата на опъване на двата клона на ремъка  $F_{нач.}$ , N. Приема се равна на  $F_{нач.}$ , определена по уравнение (4);

$l_1, l_2$  – разстоянията според фиг. 3, mm.

Опъването на ремъка с помощта на притискаща ролка (фиг. 4) се използва в предавки с голямо предавателно число и малко междуосово разстояние, като при плоскоремъчни предав-



Фиг. 3. Устройства за непрекъснато (автоматично) опъване на ремъка чрез завъртаща се плоча: а) от тежестта на електродвигателя с шайбата; б) чрез пружина

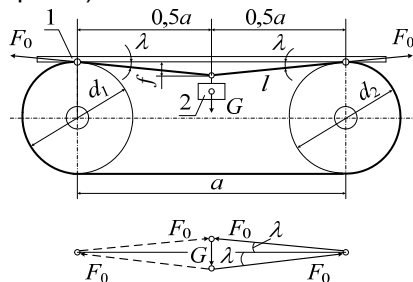


Фиг. 4. Опъване на ремъка с помощта на притискаща ролка

ки ролката се разполага отвън, докато при клиноремъчните е от вътре. Притискането или опъването се осъществява с помощта на тежест или пружина. Големината на силата на тежестта или пружината се определя от зависимостта (5), като притискането на ролката  $R$  се приема равна на силата на опъване в отпуснатия клон на ремъка  $F_2$  [1, 2] и  $l_1, l_2$  са разстоянията според фиг. 4.

## 2. Диагностика (контрол) на началното опъване на ремъците

Началното опъване на ремъка  $F_0$  оказва съществено влияние на работоспособността на ремъчната предавка, ето защо е необходимото да се контролира. Диагностика (контролът) на началното опъване на ремъка  $F_0$  се контролира по следния начин. Към средата на един от клоновете на ремъка се прилага неголямо напречно натоварване  $G$  (окачена да виси тежест), тогава ремъкът се огъва и провисва  $f$  (фиг. 5). Това провисване е толкова по-малко, колкото е по-голямо опъването на ремъка. Определя се в средата на клона на ремъка, където е приложената точка на напречната сила. Приложената точка се определя след като се измери разстоянието между допирните точки на дълга твърда линия с шайбите (това е разстоянието  $a$  на фиг. 5) и се раздели на две (това е разстоянието  $0,5 \cdot a$  на фиг. 5).



Фиг. 5. Схема за определяне на началното опъване на ремък при хоризонтална предавка и  $d_1=d_2$

Диагностиката (контролът) на началното опъване на ремъците е разгледано първо на един частен случай при хоризонтално разположена предавка с еднакви диаметри на шайбите (фиг. 5) и след това е разгледан общия случай при наклонена предавка с различни диаметри на шайбите (фиг. 6). При втория случай ремъците са наклонени спрямо хоризонталната равнина.

### 2.1. При хоризонтално разположена предавка с еднакви диаметри на шайбите ( $d_1=d_2$ )

Началното опъване на ремъка при опита  $F_0$  се определя от равновесното условие на силите (фиг. 5):

$$F_0 = \frac{G}{2 \cdot \sin \lambda} \quad (6)$$

където

$F_0$  е началното опъване на един ремък, N;  
 $G$  – силата, приложена в средата на клона на ремъка, N;  
 $\lambda$  – ъгълът на наклона на клона на ремъка спрямо линията 1, градуси (фиг. 5). Определя от зависимостта:

$$\sin \lambda = \frac{f}{l}, \quad (7)$$

където

$f$  – провисването на ремъка от допълнителната сила, mm;  
 $l$  – половината от свободната дължина от клона на ремъка, mm. Определя се от зависимостта (фиг.1):

$$l = \frac{0,5a}{\cos \lambda}, \quad (8)$$

където

$a$  е междуосовото разстояние на предавката, mm.

След заместване в уравнение (7) за  $\sin \lambda$  се получава

$$\sin \lambda = \frac{f \cos \lambda}{0,5a} \quad (9)$$

Тогава за  $F_0$  се получава

$$F_0 = \frac{Ga}{4f \cos \lambda} \quad (10)$$

Приемайки, че ъгълът  $\lambda$  е много малък (не превишава  $5^\circ$ ), за практични изчисления може да се приеме  $\lambda \approx 0^\circ$  ( $\cos \lambda \approx 1$ ).

Окончателно за  $F_0$  за практични изчисления се приема:

$$F_0 = \frac{Ga}{4f} \quad (11)$$

### 2.2. При наклонена предавка с различни диаметри на шайбите ( $d_2 > d_1$ )

Силата  $G'$ , която предизвиква провисването  $f$  на клона на ремъка се получава след разлагането на силата  $G$  (фиг. 6), т.е.

$$G' = G \cdot \cos(\beta + \gamma + \lambda), \quad (12)$$

където

$G$  е силата, приложена в средата на клона на ремъка, N;

$\beta$  – ъгълът на наклона на ремъчната предавка спрямо хоризонта, градуси (фиг. 6). Определя се от разположението на предавката;

$\gamma$  – ъгълът на наклона на клона на ремъка спрямо междуцентровата права на предавката, градуси (фиг. 6). Получава се от разликата на диаметрите на шайбите и се определя от зависимостта:

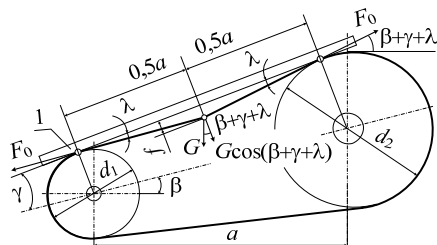
$$\gamma = \frac{d_2 - d_1}{2a} 57,3, \quad (13)$$

където

$d_1, d_2$  - диаметрите на малката и голямата ремъчна шайба, mm;

$a$  – междуосовото разстояние, mm;

$\lambda$  - ъгълът на наклона на клона на ремъка спрямо линията 1, градуси (фиг. 6). Определя по уравнение (9).



Фиг. 6. Схема за определяне на началното опъване на ремък при наклонена предавка и  $d_2 > d_1$

По аналогия с уравнение (11) се получава, че силата на начално опъване на един ремък  $F_0$  е равна на:

$$F_0 = \frac{G \cos(\beta + \gamma + \lambda) a}{4f} \quad (14)$$

Ако се пренебрегне ъгъл  $\lambda$ , поради малката му стойност, за  $F_0$  се получава

$$F_0 = \frac{G \cos(\beta + \gamma) a}{4f} \quad (15)$$

### 2.3. Резултати от направените изчисления

Степента на опъване на ремъците при монтажа или експлоатацията на ремъчната предавка се определя по провисването  $f$  в средата на един от клоновете на ремъка от приложената допълнителна сила  $G$ . Това провисване  $f$  (в mm) се определя опитно и зависи от междуосовото разстояние  $a$  (в mm)

$$f = 0,016 \cdot a \quad (16)$$

където

$f$  е провисването на ремъка от допълнителната сила  $G$ , mm;

$a$  – междуосовото разстояние на предавката, mm.

Резултатите от направените изчисления по уравнение (16) са дадени в табл. 1.

Табл. 1. Провисване  $f$  на един от клоновете на ремъка в средата му от приложена допълнителна сила  $G$  в зависимост от междуосовото разстояние  $a$

a, mm	f, mm	a, mm	f, mm
150	2,4	850	13,6
200	3,2	900	14,4
250	4,0	950	15,2
300	4,8	1000	16,0
350	5,6	1100	17,6
400	6,4	1200	19,2
450	7,2	1300	21,0
500	8,0	1400	22,5
550	8,8	1500	24,0
600	9,6	1600	25,6
650	10,4	1700	27,2
700	11,2	1800	29,0
750	12,0	1900	30,4
800	12,8	2000	32,0

Допълнителната сила  $G$  (в N) се избира диференцирано според вида на ремъка и големината на напречното му сечение така, че да не променя съществено опъването на ремъка. Тя се определя се по уравнението:

$$G = 0,065 F_0, \quad (17)$$

където

$F_0$  е силата на началното опъване в един клон на ремъка, N. Определя се по уравнение (4). За клинови ремъци тя се избира по табл. 2 в зависимост от сечението на ремъка.

Табл. 2. Начално опъване на клинов ремък  $F_0$  и приложена сила  $G$  в зависимост от сечението на ремъка при начално напрежение  $\sigma_0=1,6$  МПа

Сечение на ремъка	Първоначално опъване на ремъка $F_0, N$	Приложена сила $G, N$
Z	75	5
A	130	10
B	222	15
C	370	25
D	765	50
E	1110	75

За плоски гумирани ремъци силата  $F_0$  се избира по табл. 3, за плоски текстилни ремъци - по табл. 4, за плоски синтетични ремъци - по табл. 5 в зависимост от лицето на напречното сечение на ремъка и начално напрежение.

Табл. 3. Начално опъване на ремъка  $F_0$  и приложена сила  $G$  в зависимост от лицето на напречното сечение на ремъка  $A_1$ , за плоски гумирани ремъци, при начално напрежение  $\sigma_0=1,8$  МПа

Лице на напречното сечение на ремъка $A_1, mm^2$	Началното опъване на ремъка $F_0, N$	Приложена сила $G, N$
100	180	12
200	360	24
300	540	35
400	720	47
500	900	60
600	1080	70
700	1260	82
800	1440	94
900	1620	105
1000	1800	118
1200	2200	143
1400	2500	162
1600	2900	188
1800	3260	212
2000	3600	234
2500	4500	290
3000	5400	350
3500	6340	412
4000	7220	480
4500	8100	530
5000	9000	585

Табл. 4. Начално опъване на плосък текстилен ремък  $F_0$  и приложена сила  $G$  в зависимост от лицето на напречното сечение на ремъка  $A_1$  при начално напрежение  $\sigma_0=1,8$  МПа

Лице на напречното сечение на ремъка $A_1, mm^2$	Началното опъване на ремъка $F_0, N$	Приложена сила $G, N$
50	92	6

(продължение)

Лице на напречното сечение на ремъка $A_1, mm^2$	Началното опъване на ремъка $F_0, N$	Приложена сила $G, N$
60	110	7,2
70	130	8,4
80	150	9,5
90	165	10,8
100	180	11,7
110	200	13
120	220	14,2
130	235	15,2
140	250	16,2
150	270	17,5

Табл. 5. Начално опъване на плосък синтетичен ремък  $F_0$  и приложена сила  $G$  в зависимост от лицето на напречното сечение на ремъка  $A_1$  при начално напрежение  $\sigma_0=(5\div 10)$  МПа

Лице на напречното сечение на ремъка $A_1, mm^2$	Началното опъване на ремъка $F_0, N$	Приложена сила $G, N$
10	50	6,0
20	100	6,5
30	200	13,0
40	300	19,5
50	400	26,0
60	500	32,5
70	600	39,0
80	700	45,0
90	800	52,0
100	1000	65,0
110	1100	72,0
120	1200	80,0

#### Заклучение

Разработен е метод за определяне на началното опъване на ремъците на ремъчни предавки, чрез тяхното провисване.

Изведен е аналитичен израз за определяне на началното опъване в зависимост от провисването на ремъците, получено от приложена определена тежест.

Опитно са установени зависимостите на провисването на ремъците от междусововото разстояние и на приложената сила от лицето на напречното сечение на ремъка.

Методът е приложим както за плоски, така и за клинови ремъци.

#### Литература

1. Иосилевич, Г. *Детали машин*. Машиностроение, Москва. 1988.
2. Соколовски, С. *Машинни елементи*. Издателска къща ЛТУ. София. 2007. 318 с.

## **EXPRESS DIAGNOSTIC OF THE TENSIONING OF BELT TRANSMISSIONS**

**Slavcho Sokolovski, Nencho Deliiski  
University of Forestry, Sofia, Bulgaria**

### **Abstract**

A method for the determination of the strength of the initial tensioning of belt transmissions using the hanging down of the belts has been suggested. Analytical expression has been derived for determining of the initial tensioning of the belts depending on the degree of their sagging, which was obtained from a given weight. Experimental dependencies have been established of the hanging down of the belts from the distance between the two axes of the belt transmissions and the applied force from the face of the cross section of the belt. The method is applicable both to flat and sphenoid (V) belts.