

M_{cm} и M'_{cm} - статичните момент, приведени към вала на двигателя, съответно при вдигане и при спускане, N, m .

Моментите M_{cm} и M'_{cm} се изчисляват по зависимостите

$$(6) \quad M_{cm} = \frac{(Q + G) \cdot D}{2 \cdot a \cdot i_p \cdot \eta}$$

$$(7) \quad M'_{cm} = M_{cm} \cdot \eta^2$$

където Q е товароподемността на електротелфера, N ; G - силата от тежестта на куката с ролковия блок, N ; D - диаметърът на барабана по който са разположени осите на въжето, m ; a - кратността на полиспаста; i_p - предавателното число на редуктора; η - к. п. д. на подемния механизъм на електротелфера.

За критерий на натоварването за един работен цикъл на електротелфера съдържащ всички преходни процеси се използва коефициентът на натоварване K_{nam} , който се изчислява по зависимостта [1]

$$(8) \quad K_{nam} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{M_{max}} \right)^3 \frac{N_i}{N_{max}}$$

където $\left| \frac{M_i}{M_{max}} \right|$ е абсолютната стойност на отношението на дей-

стващият към максимално възможният усукващ момент в разглеждания участък на вала на ротора, като $M_i = \theta_i \cdot k$; $M_{max} = \theta_{max} \cdot k$; N_i - броят преходни процеси на електротелфера с момент M_i ; N_{max} - общият брой преходни процеси за един работен цикъл, като $N_{max} = \sum N_i$.

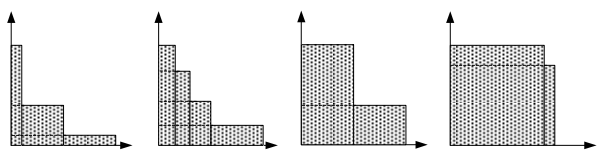
3. Решение на проучения проблем

Изследването е извършено за електротелфер тип „Т.6.“ с товароподемност $5t$, задвижван с електродвигател тип КГ 2412-6, със следните технически характеристики: $M_0 = 142,7 Nm$; $M_{cm} = 110 Nm$; $M_{cm} = 71,65 Nm$; $M'_{cm} = 61,62 Nm$; $Q = 500 kg$; $J_1 = 0,0502 kg \cdot m^2$; $J_2 = 0,032 kg \cdot m^2$; $D = 0,321 m$; $a = 2$; $i_p = 54,93$; $\eta = 0,86$; $k = 171958,2 N \cdot m / rad$.

По каталожни данни на фирмите ЕЛМОТ-Велико Търново и РОДЕМ-AD, Габрово - производители на електротелфери, номиналната група на режима на работата на електротелфер тип „Т.6.“ с номинална товароподемност $5t$ в зависимост от вида и кратността на полиспаста, може да бъде $2m/3$, $3m/4$ или $4m/5$ по FEM 9.511 / БДС 8916. Като за групи на режима на работата $3m$ и $4m$ телферът работи с номинален товар, съответно $4t$ и $3,2t$ (табл. 1).

Таблица 1. Избор типа на електротелфера

Вид на полиспаста			Група на режима на работата		
1/1или2/2	2/1или4/2	4/1	FEM 9.511 / БДС 8916		
Товароподемност, kg			2m / 3	3m / 4	4m / 5
320	630	1250			Т..3..
400	800	1600			Т..3..
500	1000	2000			Т..3..
630	1250	2500			Т..4..
800	1600	3200		Т..4..	
1000	2000	4000	Т..4..		Т..5..
1250	2500	5000		Т..5..	
1600	3200	6300	Т..5..		Т..6..
2000	4000	8000		Т..6..	
2500	5000	10000	Т..6..	Т..7..	
3200	6300	12500	Т..7..		



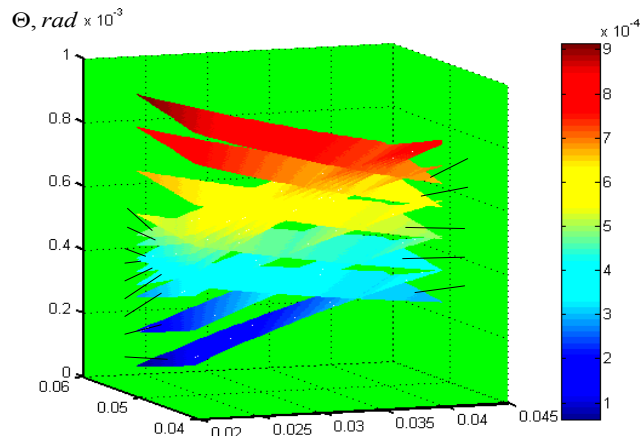
Фиг. 2. Диаграми за натоварването за подемни механизми в зависимост от класът на натоварване а – лек ; б – среден; в – тежък; г – свръх тежък

Численото изследване е проведено за групи на режима на работата $2m$, $3m$ и $4m$, като спектрите на натоварванията се определят с помощта на товарни диаграми (фиг. 2), получени на ба-

зата на експлоатационни данни в зависимост от класът на натоварване, съгласно ISO 4301 и FEM 9.511 (виж табл. 3).

Стойностите на ъгловата деформация θ са определени, като J_1 и J_2 се променят в следните граници $J_1 = 0,0452 \div 0,0552 kg \cdot m^2$; $J_2 = 0,022 \div 0,042 kg \cdot m^2$.

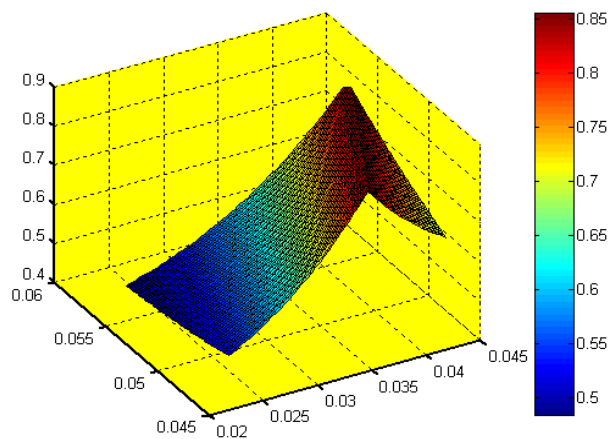
На фиг. 3 е представено изменението на ъгловата деформация θ на вала на ротора в зависимост от J_1 и J_2 за преходните процеси, съдържащи се в един работен цикъл на електротелфера за среден клас на натоварване и 3 група на режима на работата, получено от числения експеримент.



Фиг. 3. Изменение на ъгловата деформация θ в зависимост от масовите инерционни моменти J_1 и J_2 за преходните процеси при среден клас на натоварване и 3 група на режима на работата 1, 2, 3 и 4 – пускане с товар нагоре; 5, 6, 7 и 8 – пускане и спиране с товар надолу; 9 – пускане без товар; 10, 11, 12 и 13 – спиране след спускане с товар; 14 – спиране без товар.

Повърхнините 1, 2, 3 и 4 са в резултат на изследването на функцията (3), изразяваща процеса на пускане при вдигане съответно с номинален товар (Q), с $0,733 Q$, с $0,467 Q$ и с $0,2 Q$. Повърхнините 5, 6, 7 и 8 са описани чрез функцията (4), изразяваща пускане с товар надолу, съответно с номинален товар (Q), с $0,733 Q$, с $0,467 Q$ и с $0,2 Q$. Повърхнините 10, 11, 12 и 13 са описани чрез функцията (5), изразяваща спиране след спускане, съответно с номинален товар (Q), с $0,733 Q$, с $0,467 Q$ и с $0,2 Q$. Всички повърхнини изброени дотук възникват по веднъж за един работен цикъл. А повърхнините 9 и 14, изразяващи процесите съответно пускане и спиране без товар, се повтарят по 3 пъти в един работен цикъл.

На фиг. 4 е представено графично изменението на коефициента на натоварване K_{nam} в зависимост от масовите инерционни моменти J_1 и J_2 , определен по зависимост (8) за среден клас на натоварване и 3 група на режима на работата.



Фиг. 4. Изменение на коефициента на натоварване K_{nam} в зависимост от масовите инерционни моменти J_1 и J_2 за среден клас на натоварване и 3 група на режима на работата

В табл. 2 са дадени получени стойности от числения експеримент на $K_{нат}$ на вала на ротора според групата на режима на работа и класът на натоварване на изследвания електротелфер. В същата табл. 2 в скоби са показани минималните стойности на $K_{нат}$, които могат да се постигнат чрез вариране на масовите инерционни моменти J_1 и J_2 , в избрания диапазон.

Таблица 2. Стойности на коефициента на натоварване $K_{нат}$.

		Клас на натоварване на електротелфера			
		Лек (B1)	Среден (B2)	Тежък (B3)	Св. тежък (B4)
Група на режима на работа по FEM 9.511 (БДС 8916)	2m (3)	0.6827 (0.4669)	0.6534 (0.4462)	0.5836 (0.4196)	0.5782 (0.3947)
	3m (4)	0.6950 (0.4754)	0.6690 (0.4570)	0.6019 (0.4323)	0.5970 (0.4069)
	4m (5)	0.7052 (0.4827)	0.6826 (0.4665)	0.6190 (0.4438)	0.6164 (0.4206)

4. Резултати и дискусия

Тъй като при работа на подземния механизъм спирачката е изключена, меродавни за определяне групата на режима на работа на спирачката са коефициентът на натоварване и броят цикли на работа на електротелфера.

От таблица 2 се вижда, че най-голям коефициент на натоварване и за трите групи на режима на работа се получава при лек клас на натоварване. Това се обяснява с факта, че с намаляване теллото на товара се увеличава ъгловата деформация θ на вала на ротора, а максимални стойности се получават при работа на механизма без товар, което се потвърждава и от получените повърхнини 9 и 14 от фиг. 3. Минимални стойности за $K_{нат}$ могат да се получат чрез намаляване на J_2 и увеличаване на J_1 , като промяната на масовия инерционен момент на подвижния спирачен конус влияе много по-чувствително на изменението на $K_{нат}$ в сравнение с промяната на масовия инерционен момент на съединителя, което се вижда и от фиг. 4.

Съгласно табл. 3 (от каталозите на фирмите производители) за изследвания електротелфер тип Т..б.. при групи на режима на работа 2m, 3m и 4m, за различните класове на натоварване се определят общото време на работа на електротелфера в h и честотата на включванията му, h^{-1} .

Таблица 3. Групи според режима на работа

LOADING CLASS / КЛАС НА НАТОВАРВАНЕ Features / Характеристики		USAGE CLASS / КЛАС НА ИЗПОЛЗВАНЕ Average usage time/Средно време на използване Daily - Tm(h) / Total - Tm(h)					
light лек	Operation with loads, rather less than rated Работа с товари по-малки от номиналните		<2 3200	2-4 6300	4-8 12500	8-16 25000	>16 50000
medium среден	Operation with medium and rated loads Работа със средни и номинални товари		<1 1600	1-2 3200	2-4 6300	4-8 12500	8-16 25000
hard тежък	Usual operation with rated and close to rated loads Честа работа с номинални и близки до номиналните товари		<0,5 800	0,5-1 1600	1-2 3200	2-4 6300	4-8 12500
very hard много тежък	Constant operation with rated and close to rated loads Постоянна работа с номинални и близки до номиналните товари		<0,25 400	0,25-0,5 800	0,5-1 1600	1-2 3200	2-4 6300
Cyclic duration factor/Продължителност на включване, %			25	30	40	50	60
Number of operations per hour/Честота на включванията, h ⁻¹			120	180	240	300	360
Operation mode group Група режим на работа			1	2	3	4	5
GOST 25835 FEM 9.511/DIN 15020 ISO 4301			1M 1Bm	2M 1Am	3M 2m	4M 3m	5M 4m
			M3(3)	M4(4)	M5(5)	M6(6)	M7(7)

Чрез общото време на работа на електротелфера и честотата на включванията му се получават общият брой работни цикли за пълния срок на експлоатация, според които се определят класовете на използване N на спирачния възел, дадени в табл. 4. В същата таблица са показани определените групи на режима на работа K на спирачния възел, според класа на използване и класа на натоварване му. В колоната за групата на режима на работа на спирачния възел в скоби е показано приблизителното съответствие спрямо групите на режима на електротелфера [1].

Таблица 4. Групи на режима на работа на спирачния възел

Електротелфер				Спирачен възел			
Клас на натоварване	Група на режима на работа БДС 8916	Общо време на работа, h	Чест. на включванията, h ⁻¹	Общ брой работни цикли	Клас на използване	Клас на натоварване	Група на режима на работа
B1	3	6300	180	1,1.10 ⁶	N7	B4	K9 (6)
	4	12500	240	3.10 ⁶	N8		K9 (6)
	5	25000	300	7,5.10 ⁶	N9		K9 (6)
B2	3	3200	180	5,8.10 ⁵	N6		K8 (6)
	4	6300	240	1,5.10 ⁶	N7		K9 (6)
	5	12500	300	3,8.10 ⁶	N8		K9 (6)
B3	3	1600	180	2,9.10 ⁵	N5		K7 (5)
	4	3200	240	7,7.10 ⁵	N6		K8 (6)
	5	6300	300	1,9.10 ⁶	N7		K9 (6)
B4	3	800	180	1,4.10 ⁵	N4	K6 (4)	
	4	1600	240	3,8.10 ⁵	N5	K7 (5)	
	5	3200	300	9,6.10 ⁵	N6	K8 (6)	

Забелязва се, че определените групи на режима на работа за спирачния възел не съответстват на тези на електротелфера. Нещо по-важно, те винаги са по-големи с една или с две групи спрямо групите на режима на работа на електротелфера, което означава, че елементите на спирачния възел работят при по-тежък режим на работа в сравнение с регламентираните на електротелфера.

Тези резултати се потвърждават и от получените стойности за групата на режима на работа на спирачния възел, определени при експлоатационни условия на електротелфера [2].

С това може да се обяснят отказите на електротелфера следствие скъсване на вала в сечението между ротора и подвижния спирачен конус в резултат на умора на материала.

Резултатите от извършеното изследване могат да се използват при разработката на нови и усъвършенстване на съществуващи задвижвания на електротелфери, като се вземат мерки за намаляване коефициента на натоварване на спирачния възел. Предложена методика дава възможност за намаляване коефициента на натоварване чрез подходящ избор на стойностите на J_1 и J_2 , което се вижда от данните за $K_{нат}$ в табл. 2.

5. Заключение

1. Теоретично е доказано, че групата на режима на работа на спирачния възел не съответства на групата на режима на работа на електротелфера.

2. Стойностите на коефициентът на натоварване $K_{нат}$ в участъка на вала между ротора и подвижния спирачен конус са най-големи при лек клас на натоварване на електротелфера.

3. Спирачния възел работи винаги при по-тежък режим на работа в сравнение с регламентираните на електротелфера.

4. Получените резултати за групите на режима на работа на спирачния възел е необходимо да се имат предвид при проектиране на нови и усъвършенстване на съществуващи задвижвания на електротелфери.

6. Литература

- Дивизиев, В. Й., И. Г. Коларов, М. Н. Проданов, П. Д. Караиванов. Подземно-транспортни машини и системи. София. Техника, 1993.
- Кенаров Г.Г. Определяне честотата и продължителността на натоварването на електротелфер в експлоатационни условия. Научни трудове, том 4, РУ "А. Кънчев", Русе, 2004, с.220 - 222.
- Кенаров, Г. Г., С. Д. Златев. Резултати от изпитване на надеждност на спирачния възел на телферни електродвигатели. сп. Известия на Съюза на учените - Русе, серия "Технически науки", №3, 2000.
- Узунов Т., Г. Кенаров, Ю. Кандиларов. Изследване влияние-то на масовите инерционни моменти в задвижването на електротелфер върху динамичното му натоварване. Научни трудове, РУ "А.Кънчев", Русе, 2007, стр. 22-26.