

КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА ТЯГОВИ ИЗЧИСЛЕНИЯ НА МНОГОБАРАБАНИИ ЛЕНТОВИ ТРАНСПОРТЪОРИ С КРАЙНИ И МЕЖДИННИ ТОЧКИ НА ТОВАРЕНЕ

Цветан Дамянов

Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София, e-mail: zld47@mgu.bg

РЕЗЮМЕ: На базата на теорията за формиране и разпределение на теглителната сила при дву- и трибарабанните системи на задвижване на лентовите транспортъори е създадена програмна система за изчисляване на лентови транспортъори с крайно и междинно разпределение на точките за натоварване. Програмният алгоритъм отчита както разпределението на теглителната сила между задвижващите барабани, така и ограниченията по сцепление с лентата. Работата на програмата е илюстрирана с числен пример за реален транспортъор, експлоатиран в условията на Мини „Марица изток“ ЕАД

COMPUTER PROGRAM FOR CALCULATING THE DRIVING FORCE OF MULTI-DRUM BELT CONVEYERS WITH FINAL AND INTERIM POINTS OF LOADING

Tsvetan Damyanov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail: zld47@mgu.bg

ABSTRACT. A program system for calculating belt conveyers with final and interim distribution of the points of loading has been designed based on the theory for forming and distribution of the driving force of two- and three-drum systems for driving belt conveyers. The algorithm of the program considers the distribution of the driving force as well as the boundaries of adhesion with the belt. The work of the program has been shown by a numerical example of a real belt conveyer, operated at the "Maritsa East" Mines EAD.

1. Увод

В работата ще бъде представена компютърната програма TSLD-2008, която е разработена на базата на програмен алгоритъм, приложно ориентиран към мощните многодвигателни, високопроизводителни лентови транспортъори. В него се отчитат някои специфични особености на този тип механични системи, като разпределението на натоварването между задвижващите барабани [л.3, Дамянов], кинематичната схемата на задвижващата станция, възможностите за работа с различни сили на предварително опъване на лентата и на броя и разположението на точките за натоварване.

Програмната система позволява да се автоматизира и увеличи многократно производителността на изчислителните процеси, които могат да се извършват при контролни и преизчислителни процедури на ГТЛ системите, когато се осъществява реконструкция или цялостна рехабилитация.

Използваната компютърната програма е създадена за провеждане на контролни изчисления на транспортъори с двудвигателна задвижваща система с цел получаване на техните основни технико-експлоатационни, силови и кинематични параметри. Програмата дава възможност да се определят силовите параметри (сили на опъване) във всички точки от контура на работния орган, консумираните

мощности от задвижващите барабани, специфичният енергоразход на транспортъора, като е възможно това да се става за различни характерни участъци от трасето без да отчита влиянието на еластично демпфериращите свойства на елементите в системата.

В конкретния случай програмата ще се използва за пресмятането на някой от основните параметри на примерен ГЛ транспортъор, необходими за параметриране на механо-математичния модел и за показване на възможностите за сравнителна оценка на получените резултати и тези от симулационното моделно компютърно изследване при различни режими на работа и натоварване.

2. Структурни и функционални особености на програмния алгоритъм

Общият вид на транспортъор от описания тип е показан на фигура 1. Съгласно принципната схема могат да се параметрират от едн до три различни товаропотока в една крайна и две междинни точки на товарене и четири характерни участъка на трасето с различни дължини и наклони. Общата теглителна сила за движение на лентата се формира от два задвижващи барабана на двигателно-опъвателната станция и един задвижващ обръщателен барабан.

стойност на силата на опъване. При нарушаване на ограничението по сцепление между лентата и някой от задвижващите барабани, което е предпоставка за приплъзване и аварийен режим, програмата извежда съобщение в клетка на активния фрикционен ъгъл на съответния барабан. Такова паралелно представяне на резултатите позволява много бързо да се направи сравнителна оценка на стационарния и

пусков режим при дадените входящи параметри.

• Чрез модула **“Диаграми-Енергоразход”** се визуализира графично функцията относителен енергоразход от обемна производителност $E_0 = f(Q_0)$, която позволява да се извършват анализи и направят много важни изводи относно влиянието на различни фактори върху енергийната ефективност на различните технико-

№	ГТЛ 1301	ПАРАМЕТРИ	Мярка	Стойност	КОНТРОЛ
1	L	Обща дължина	m	1470	
2	Δ	Денивелация м/у крайните точки	m	35,00	
3	V	Скорост на движение	m/s	5,74	OK
4	Q_{0k}	Обемна производителност на краен ТП	m^3/h	4000	OK
5	Q_{01}	Обемна производителност на межд.ТП1	m^3/h	0	OK
6	Q_{02}	Обемна производителност на межд.ТП2	m^3/h	0	OK
7	Q_0	Обща обемна производителност на ГТЛ	m^3/h	4000	
8	ρ	Плътност на материала	T/m^3	1,28	OK
9	$G'p$	Тегло на върт. част от горна ролка	H	1020	OK
10	$I'p$	Горно междуролково разстояние	m	1,20	OK
11	$G''p$	Тегло на върт. част от долна ролка	H	820	OK
12	$I''p$	Долно междуролково разстояние	m	6,00	OK
13	q_L	Линейно тегло на лентата	H/m	1070	OK
14	w'_0	Коеф. съпр. при движ. гор.клон	-	0,030	OK
15	w''_0	Коеф. съпр. при движ. дол.клон	-	0,030	OK
16	α_1	Ъгъл на обхват на I з. бар.	градус	167	OK
17	α_2	Ъгъл на обхват на II з. бар.	градус	185	OK
18	α_3	Ъгъл на обхват на III з. бар.	градус	180	OK
19	μ	Коеф. триене - (задв.бар.-лента)	-	0,33	OK
20	$P1$	Инсталирана мощност на I з. бар.	kwt	2000	OK
21	$P2$	Инсталирана мощност на II з. бар.	kwt	1000	OK
22	$P3$	Инсталирана мощност на III обр.з. бар.	kwt	1000	OK
23	Δ_1	Денивелация на I характерен у-к(L1)	m	5	
24	Δ_2	Денивелация на II характерен у-к(L2)	m	15	
25	Δ_3	Денивелация на III характерен у-к(L3)	m	15	
26	Δ_4	Денивелация на IV характерен у-к(L4)	m	0	
27	L_1	Дължина на I характерен у-к (L1)	m	30	OK
28	L_2	Дължина на II характерен у-к (L2)	m	480	OK
29	L_3	Дължина на III характерен у-к (L3)	m	480	OK
30	L_4	Дължина на IV характерен у-к (L4)	m	480	OK
31	$S_{10\text{ мин}}$	Минимална опъваща сила на лентата	H	114 352	
32	K_T	Коефициент на резерв от тегл сила	-	1,00	
33	K_i	Динамичен фактор при потегляне	-	1,3	OK
34	K_{F1}	Фактор на разпределение на мощността на I з. бар	-	0,500	
35	K_{F2}	Фактор на разпределение на мощността на II з. бар	-	0,250	
36	K_{F3}	Фактор на разпределение на мощността на III з. бар	-	0,250	

Фиг. 3 Текстов прозорец на входящ модул „Задание“

експлоатационни варианти като:

- Схема на разпределение на инсталираната мощност към задвижващите барабани;
- Брой на задвижващите барабани;
- Сила на опъване на лентата;
- Модул „Сравнителен“ систематизира крайните изчислителни резултати на програмата, които се получават при вариране на променливата Q_0 – обемна производителност с различни стойности. Това е възможно, тъй като в модула има свободни клетки (функционално несвързани с модул **Задание**) т.е. отключени клетките от

ред 4 в програмния код. С функциите на този модул са разширени в много голяма степен възможностите на програмата за провеждане на изследвания с многофакторни анализи и получаване на оптимизационни решения както по отношение на инсталираните двигателни мощности, силата създавана от опъвателния барабан, а така също и на възможната най-голяма производителност. На фигура 2 е показан входящият модул на програмата, от който се параметрират всички променливи входни величини, както електро-механични параметри така и параметри на трасето в план и профил.

На следващата фигура 3 са показани в табличен вид резултатите от работата на изчислителния модул на програмата, които съдържат всички основни силови, кинематични и електро-механични параметри в различни

характерни точки на транспортъора. Тези стойности са получени за реални входни величини на транспортъор с дължина 1470 м, производителност 4000м³/ч и денивелация - 35 м и ще бъдат използвани по-нататък.

	Единица	Параметри	Мярка	Установен	Пусков	Пусков с 130%
1	L	Дължина на трасето	m	1 470	1 470	1 470
2	V	Скорост на движение на лентата	m/s	5,74	5,74	5,74
3	Q _{ok}	Обемна производителност на краен ТП	m ³ /h	4 000	4 000	4 000
4	Q _{o1}	Обемна производителност на межд.ТП1	m ³ /h	0	0	0
5	Q _{o2}	Обемна производителност на межд.ТП2	m ³ /h	0	0	0
6	Q _o	Обща обемна производителност на Г.ТП	m ³ /h	4 000	4 000	4 000
7	ρ	Плътност на материала	t/m ³	1,28	1,28	1,28
8	δ _{ср}	Среден ъгъл на наклон на трасето	grad	1,36	1,36	1,36
9	G _р	Тегло на горна ролка	N	1 020	1 020	1 020
10	G _р	Горно междуролково разстояние	m	1,20	1,20	1,20
11	G _р	Линейно тегло на горна ролка	N/m	850	850	850
12	G _р	Тегло на долна ролка	N	820	820	820
13	G _р	Долно междуролково разстояние	m	6,00	6,00	6,00
14	G _р	Линейно тегло на долна ролка	N/m	136,67	136,67	136,67
15		Коеф. на редуцир. при наклон тран		1	1	1
16	Q _{h.k}	Масова производ. на краен ТП	t/h	5 043	5 043	5 043
17	Q _{h1}	Масова производ. на межд.ТП1	t/h	0	0	0
18	Q _{h2}	Масова производ. на межд.ТП2	t/h	0	0	0
19	Q _h	Обща масова производителност на Г.ТП	t/h	5 043	5 043	5 043
20	q _{mk}	Линейно тегло на товара от краен ТП	N/m	2 394	2 394	2 394
21	q _{m1}	Лин. тегло на тов. от кра.ТП + межд.ТП1	N/m	2 394	2 394	2 394
22	q _{m2}	Лин. тегло на тов. от кра.ТП + межд.ТП1+ТП2	N/m	2 394	2 394	2 394
23	q _L	Линейно тегло на лентата	N/m	1 070	1 070	1 070
24	w _{T0}	Коеф. съпр. при движ. гор.клон	-	0,030	0,030	0,030
25	δ ₁	Ъгъл на наклон на I характ. уч.(L1)	grad	9,431	9,431	9,431
26	δ ₂	Ъгъл на наклон на II характ. уч.(L2)	grad	1,790	1,790	1,790
27	δ ₃	Ъгъл на наклон на III характ. уч.(L3)	grad	1,790	1,790	1,790
28	δ ₄	Ъгъл на наклон на IV характ. уч.(L4)	grad	0,000	0,000	0,000
29	L ₁	Дължина на I характерен у-к (L1)	m	30	30	30
30	L ₂	Дължина на II характерен у-к (L1)	m	480	480	480
31	L ₃	Дължина на III характерен у-к (L1)	m	480	480	480
32	L ₄	Дължина на IV характерен у-к (L4)	m	480	480	480
33	WT ₁	Съпр. на гор. кл. от I хар.уч.(L1)	N	20 921	27 198	27 198
34	WT ₂	Съпр.на гор. кл. от. II хар.уч.(L2)	N	114 019	148 224	148 224
35	WT ₃	Съпр.на гор. кл. от III хар.уч.(L3)	N	114 019	148 224	148 224
36	WT ₄	Съпр.на гор. кл. от IV хар.уч.(L4)	N	62 137	80 779	80 779
37	WT	Съпр.при движ. гор.клон - общо	N	311 096	404 425	404 425
39	w _{T0}	Коеф. съпр. при движ. на дол.кл.	-	0,030	0,030	0,030
40	WT ₁	Съпр.при дв.на дол.кл.I хар.уч.(L1)	N	-4 200	-2 940	-2 940
41	WT ₂	Съпр.при дв.на дол.кл.II хар.уч.(L2)	N	1 337	1 738	1 738
42	WT ₃	Съпр.при дв.на дол.кл.III хар.уч.(L3)	N	1 337	1 738	1 738
43	WT ₄	Съпр.при дв.на дол.кл.IV хар.уч.(L4)	N	17 380	22 594	22 594
44	WT	Съпр.при дв.на дол.кл.(вразен)-общо	N	15 854	23 130	23 130
46	K ₁	Коеф.на съпр. на обр.и оп.бар.	-	0,040	0,040	0,040
47	α ₃	Ъгъл на обхват на обр. бар. (III з.б.)	grad	180	180	180
48	W _{оп}	Съпр. на опъвателен барабан	N	9 148	11 786	11 786
50	α ₁	Ъгъл на обхват на I з. бар.	grad	167	167	167
51	α ₂	Ъгъл на обхват на II з. бар.	grad	185	185	185
52	α ₀	Ъгъл на обхват на III з. бар.	grad	180	180	180
53	μ	Коеф. на триене - (зав.бар.-лента)		0,33	0,33	0,33
54	KT ₁	Максимален тягов фактор на I з. бар.		2,62	2,62	2,62
55	KT ₂	Максимален тягов фактор на II з. бар.		2,90	2,90	2,90

56	KT_3	Максимален тягов фактор на III з. бар.		2,82	2,82	2,82
58		Миним. опъваща сила по сцепл. на Бар.2 S_{op2}		114 352	147 319	147 319
59		Миним. опъваща сила по сцепл. на Бар.2 S_{op2}		47 302	61 857	61 857
60		Миним. опъваща сила по сцепл. на Бар.1 S_{op1}		38 378	50 188	50 188
61		Коефициент на резерв от тегл. сила		1,00	1,00	1,00
62	S_{10}	Сила на опъване на лентата в т.1	<i>N</i>	114 352	147 319	147 319
63	S_{20}	Сила на опъване на лентата в т.2	<i>N</i>	139 354	182 234	182 234
64		Граница по провисване на празна лента	<i>N</i>	32 100	32 100	32 100
65	S_{30}	Сила на опъване на лентата в т.3	<i>N</i>	53 219	69 595	69 595
66		Граница по провисване на натоварена лента	<i>N</i>	20 785	20 785	20 785
67	S_{31}	Сила на опъване на лентата в т.31	<i>N</i>	115 356	150 373	150 373
68	S_{32}	Сила на опъване на лентата в т.32	<i>N</i>	229 375	298 597	298 597
69	S_{33}	Сила на опъване на лентата в т.33	<i>N</i>	343 393	446 822	446 822
70	S_{40}	Сила на опъване на лентата в т.4	<i>N</i>	364 315	474 019	474 019
71	W_{351}	Съпр. на I задв. барабан	<i>N</i>	21 859	28 441	28 441
72	W_{352}	Съпр. на II задв. барабан	<i>N</i>	12 745	16 489	16 489
73	W_{05}	Съпр. на обръщ. бар. (III задв. бар.)	<i>N</i>	8 361	10 934	10 934
74	F_0	Сум. тангенц. тегл. сила (I+II+III задв. бар.)	<i>N</i>	359 645	470 310	470 310
75	F_2	Тангенц. тегл. сила на II задв. барабан	<i>N</i>	89 911	117 578	117 578
76	F_{2lim}	Гранична по сцепл. тегл. с. на II задв. бар.	<i>N</i>	217 359	280 022	280 022
77	α_{20}	Активен ъгъл на II задв. бар.	<i>grad</i>	101	102	102
78	S_{op1}	Тегл. влизаща сила на II задв. барабан	<i>N</i>	204 263	264 896	264 896
79	F_1	Тангенц. тегл. сила на I задв. барабан	<i>N</i>	179 822	235 155	235 155
80	F_{1lim}	Гранич. по сцепл. тегл. с. на I задв. бар.	<i>N</i>	329 938	427 876	427 876
81	α_{10}	Активен ъгъл на I задв. бар.	<i>grad</i>	100	101	101
82	S_{op1}	Тегл. излизаща сила I задв. барабан	<i>N</i>	204 263	264 896	264 896
83	F_3	Тангенц. тегл. сила на III задв. барабан	<i>N</i>	89 911	117 578	117 578
84	F_{3lim}	Гранич. по сцепл. тегл. с. на III задв. б.	<i>N</i>	96 778	126 557	126 557
85	α_{30}	Активен ъгъл на III задв. бар.	<i>grad</i>	167,13	167,13	167,13
86	N_0	Обща задвижваща мощност	<i>kW</i>	2 501	3 267	3 267
87	N_1	Мощност на I задв. барабан	<i>kW</i>	1 250	1 634	1 634
88		Ограничение по мощност на I задв. барабан	<i>kW</i>	1 880	1 880	1 880
89	N_2	Мощност на II задв. барабан	<i>kW</i>	625	817	817
90		Ограничение по мощност на II задв. барабан	<i>kW</i>	940	940	940
91	N_3	Мощност на обр. бар. (III задв. бар.)	<i>kW</i>	625	817	817
92		Ограничение по мощност на обр. бар. (III з.б.)	<i>kW</i>	940	940	940
92	E_0	Относителен енергоразход	<i>kWh/km</i>	0,337	0,441	0,441

Фиг. 4 Текстов прозорец на модул „Резултати“

Характерно за входящия модул е наличието на група клетки (3-6, 8-30 и 32-33 – фиг. 3), в които могат да се дефинират геометрични, физико-механични, технически и технологични параметри. Контролът за достоверност на стойностите се осъществява с логически функции, които извеждат в колоната „контрол“ съобщение за грешка при невалидна стойност. В същия модул на ред 31 се връща изчислената стойност на минималната гранична опъваща сила в лентата според условието за сцепление със задвижващите барабани.

В табличен вид на фигура 4 са представени всички изчислени стойности на следните величини:

- Минимални гранични стойности на начално опъване на лентата по ограничението за сцепление на трите задвижващи барабана – ред 58-60 фиг. 4 ;
- Силите на опъване за характерните точки от контура на лентата – ред 58-60 фиг. 4 ;
- Минимални гранични стойности за допустимо провисване на лентата от товарния и празен клон – ред 64 и 66, фиг. 4 ;
- Тангенциалните теглителни сили и техните максимални гранични стойности на трите задвижващи барабана по ограничението за сцепление с лентата – ред 75, 76, 79, 80, 83 и 84, фиг. 4 ;

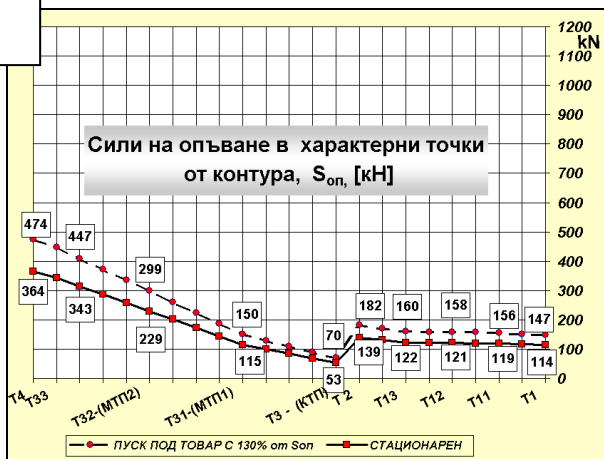
- Общата и на отделните двигатели консумирана механична задвижваща мощност, както и ограничението по инсталирана мощност – ред 86 - 92, фиг. 4 ;

- Относителен енергоразход – ред 93, фиг. 4 ;

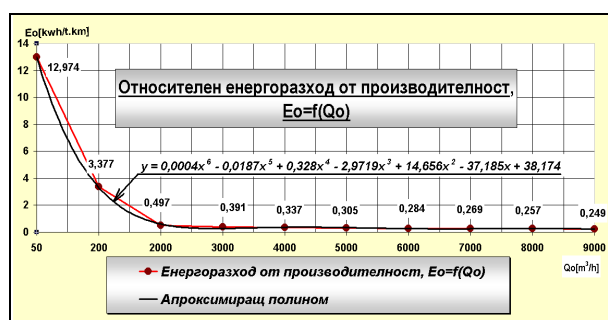
Характерно за този модул е, че той извършва всички изчисления за стационарен режим и пусков с неизменна сила на опъване и пусков с 30% увеличена опъваща сила.

3. Резултати от приложението на програмата за пресмятане на числен пример с параметри на транспортър ГТЛ 1301 – Мини „Марица изток“ ЕАД .

В числения пример са въведени техническите параметри на един от най-мощните трибарабанны транспортъри при реален часов товаропоток в крайната точка на натоварване $Q_0 = 4000 \text{ m}^3/\text{h}$ и схема на инсталираната мощност (2 Мвт/1 Мвт/ 1 Мвт). За тези параметри е получена минимална сила на опъване на лентата в т.10 (фиг.1) $S_{10} = 114 \text{ kN}$, за която програмата е изчислила силите на опъване за характерните точки от контура на лентата и представила графично диаграмата за установен и пусков режим на фигура 5.



Фиг. 5 Диаграма на силите на опъване в лентата за характерните точки от контура при стационарен и пусков режим.



Фиг. 6 Диаграма на специфичния енергоразход във функция от товаропотока.

По подобен начин е построена чрез графичния блок „Енергоразход“ и диаграмата на изменение на специфичния енергоразход от товаропотока – $E_o = f(Q_o)$, показана на фигура 6. При намаляване на товаропотока под 2000 м³/ч се наблюдава много стръмно нарастване на специфичния енергоразход за условията, при които работи транспортър ГТЛ 1301.

Препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините“, МЕМФ

4. Заключение

Създадената програма за тягови изчисления на многобарабани лентови транспортъри с крайни и междинни точки на товарене притежава многофункционални възможности, които позволяват да се извършват автоматизирани изчисления на технико-експлоатационните и силови параметри както при проектиране на нови, така и при реконструиране на съществуващи системи.

Могат да бъдат направени следните изводи:

- Програмният алгоритъм позволява да се варират основните параметри и да се решават аналитично задачи за минимизиране на специфичния енергоразход и силата на опъване в лентовия работен орган;

- На базата на резултатите получени чрез модулите „Резултати“ и „Сравнителен“ е възможно графично представяне и на други функции, различни от показаните на фиг.5 и фиг.6.

Литература

1. Дамьянов, Цв.Л. и др. Експериментално изследване и анализ на технико – експлоатационното състояние на ГЛТ 2250 №2 на рудник „Трояново -1“ за условията на „Мини Марица Изток“ ЕАД, Отчет по дог. 1905 на НИС – МГУ и Мини „Марица Изток“ ЕАД, 2008 г.
2. Дамьянов Цв., Относно разпределението на мощностите между задвижващите барабани при двубарабанните лентови транспортъри, МГУ „Св. Иван Рилски“, Годишник, том 49, свитък III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, София 2006, стр. 38-42
3. Дзяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г., Ленточные конвейеры в горной промышленности, М. Недра, 1982
4. DIN 22101 Entwurf, Gurtfoerderer fur Schuttgut Grundlagen fuer die Berechnung und Auslegung, August 20C Weissdruck, August 2002.