



Обектът на изследването е фуражен цех, изграден в с. Слънчево. Технологичната схема на цеха е показана на фиг 1. Необходимите основни продукти

Таблица 1  
Технически данни на наличното електрообзавеждане на фуражния цех

№	Описание	P, KW	U,V	Свързване	In,A	N, min <sup>-1</sup>
Тракт 1	Шнек 1 - АД	2,2	380	Y	5,9	1000
	Шнек 2 - АД	2,2	380	Y	5,9	1000
	Шнек 3 -АД	1,1	380	Y	3,6	1000
	Шнек 4 - АД	1,1	380	Y	3,6	1000
	Елеватор -АД	1,5	380	Y	4,5	750
Тракт2	Д. Шнек 1 - АД	1,5	380	Δ	7,8	750
	Д. Шнек 2 - АД	1,5	220	Δ	7,8	750
	Д. Шнек 3 - АД	1,5	220	Δ	7,8	750
	Д. Шнек 4 - АД	1,5	220	Δ	7,8	750
	Д. Шнек 5 - АД	1,5	220	Δ	7,8	750
Тракт 3	Шнек 6 - АД	1,5	220	Y	4,5	1000
	Дробилка - АД	30	380	Y / Δ	55	3000
Тракт 4	Шнек 7 - АД	1,5	380	Y	4,5	1000
	Шнек 8 - АД	2,2	380	Y	5,9	1000
	Смесител 1 - АД	11	380	Y	23,7	1500
	Смесител 2 - АД	2,2	380	Y	5,9	1500

за производството на фуража се съхраняват в 5 броя приемни бункери. Трите бункера са за зърнени продукти, а двата за соев и слънчогледов шрот. За зареждането на бункерите се използват транспортиращи средства (шнекове и елеватор) и пневматични шибъри. От насипен бункер (шахта), чрез Шнек1 продукта се подава на входа на елеватора, който го подава на Шнек2, разположен над бункерите. От там в зависимост от избора от оператора бункер, чрез Шнек3, Шнек4, пневматична клапа1 и пневм. клапа 2, продукта постъпва в съответния бункер. Определящите характера на електропотреблението данни на електрозадвижването на машините и агрегатите и разпределението им по трактове са представени в табл.1.

#### Методика на изследването

Определянето на относителния разход на електроенергия се извършва по трактове. Технологичната схема, съобразно изпълняваните операции, се разделя на 4 тракта. Първият (тракт 1) обхваща линиите за зареждане на бункерите със суровини, вторият (тракт 2) обхваща линиите за дозиране на суровините, третият (тракт 3) се отнася до смилането на суровините, четвъртият (тракт 4) обхваща смесването и транспортирането на готовата продукция.

За обследването е използвана методика, разработена в [2]. Оптималното ниво на електропотребление се определя чрез нивата на мощностите на задвижванията:

$$E^*_{on} = 1 + \frac{P_{nx}}{P_{on} - P_{nx}}, \quad (1)$$

където:  $E_{on}$ . е нивото на електропотребление при оптимален режим на

работа,

$P_{оп.}$  - оптималното натоварване на двигателя, kW,

$P_{пх.}$  - мощността на празен ход на АЕЗ, kW.

Действителното ниво на електропотребление е:

$$E^*_д = 1 + \frac{P_{пх.}}{P_д - P_{пх.}}, \quad (2)$$

където:  $P_д$  е действителното относителното ниво на електропотребление на съответния механизъм, на двигателя по време на работата, kW.

Относителният приведен разход  $E_N$  на енергия за броя дози, образувани от едно зареждане на приемните бункери ще се определи както следва:

$$E_N = \frac{E_1 \cdot P_1 + E_2 \cdot P_2 + E_3 \cdot P_3 + E_4 \cdot P_4 + E_5 \cdot P_5}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5} + \frac{E_6 \cdot P_6 + E_7 \cdot P_7 + E_8 \cdot P_8 + E_9 \cdot P_9 + E_{10} \cdot P_{10}}{P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}} + \frac{E_{11} \cdot P_{11}}{P_{11}} + \frac{E_{12} \cdot P_{12} + E_{13} \cdot P_{13}}{P_{12} + P_{13}}, \quad (3)$$

където  $E_1, E_2, \dots, E_{13}$  са относителните разходи на електроенергия за всяко едно от задвижванията,

$P_1, P_2, \dots, P_{13}$  - отчитаните при обследването мощности на задвижванията, kW.

### Резултати от изследването

Тракт 1. Резултатите от оценките са представени в Табл. 1

Таблица1

Шнек 1 $P_n=2,2KW$	$P_{пх}=0,96,KW$			$P_{оп}=1,7,KW$			$E_{оп}^*=2,2$			$P_{ср.}$	$E^*$	
Продукт 1	1,51	1,39	1,67	1,28	1,49	1,61	1,80	1,68	1,46	1,77	1,57	2,57
Продукт 2	1,61	1,49	1,78	1,37	1,60	1,72	1,93	1,79	1,56	1,89	1,68	2,33
Продукт 3	1,34	1,23	1,47	1,13	1,32	1,42	1,60	1,48	1,29	1,56	1,39	3,23
Продукт 4	1,47	1,35	1,62	1,25	1,45	1,56	1,75	1,63	1,42	1,72	1,52	2,71
Продукт 5	1,42	1,38	1,57	1,30	1,49	1,52	1,70	1,58	1,40	1,67	1,48	2,84
											$E^*_{ср.}=2,74$	
Елеватор $P_n=1,5 kW$	$P_{пх}=0,65 ,KW$			$P_{оп}=1,2,KW$			$E_{оп}^*=2,18$			$P_{ср.}$	$E^*$	
Продукт 1	1,19	1,10	1,31	1,01	1,18	1,27	1,3	1,32	1,15	1,25	1,20	2,18
Продукт 2	1,27	1,17	1,41	1,08	1,26	1,36	1,22	1,19	1,23	1,15	1,23	2,12
Продукт 3	1,05	0,97	1,16	0,90	1,04	1,12	1,26	1,17	1,02	1,23	1,23	2,12
Продукт 4	1,16	1,07	1,28	0,98	1,14	1,23	1,38	1,28	1,12	1,35	1,25	2,08
Продукт 5	1,12	1,04	1,24	0,95	1,11	1,20	1,34	1,25	1,09	1,32	1,27	2,05
											$E^*_{ср.}=2,11$	
Шнек 2 $P_n=2,2 kW$	$P_{пх}=0,98kW$			$P_{оп}=1,76 ,KW$			$E_{оп}^*=2,26$			$P_{ср.}$	$E^*$	
Продукт 1	1,48	1,36	1,63	1,26	1,46	1,58	1,77	1,64	1,43	1,73	1,53	2,78
Продукт 2	1,58	1,46	1,75	1,35	1,57	1,69	1,89	1,76	1,53	1,85	1,64	2,48
Продукт 3	1,31	1,21	1,45	1,11	1,30	1,39	1,56	1,45	1,27	1,53	1,36	3,58
Продукт 4	1,44	1,32	1,59	1,22	1,42	1,53	1,72	1,59	1,39	1,68	1,49	2,92
Продукт 5	1,40	1,29	1,54	1,19	1,38	1,49	1,67	1,55	1,35	1,64	1,50	2,88
											$E^*_{ср.}=2,92$	
Шнек 3 $P_n=1,1 kW$	$P_{пх}=0,51,KW$			$P_{оп}=0,8,KW$			$E_{оп}^*=2,64$			$P_{ср.}$	$E^*$	
Продукт 4	0,70	0,65	0,77	0,60	0,69	0,75	0,84	0,78	0,68	0,82	0,73	3,32

Шнек 4 P <sub>n</sub> =1,1 kW	P <sub>пх</sub> =0,52,KW		P <sub>оп</sub> =0,8,KW			E <sub>оп</sub> *=2,73					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт 5	0,73	0,67	0,81	0,62	0,72	0,78	0,87	0,81	0,71	0,86	0,76	3,16

Относителното ниво на електропотребление на Шнек1 е 2,64 при оптимално относително електропотребление 2,2, на Шнек 2 е 2,92 при оптимално 2,26; елеватора има относително ниво на електропотреблението 2,11 при оптимално 2,18, Шнекове 3 и 4 съответно 3,32 и 3,16 при оптимално 2,64 и 2,73

**Тракт 2.** Резултатите от оценките са представени в Табл.2 .

Таблица2

Доз.шнек1 (P <sub>n</sub> =2,2KW)	P <sub>пх</sub> =1,1,KW		P <sub>оп</sub> =1,76,KW			E <sub>оп</sub> *=2,67					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт 1	1,66	1,38	1,45	1,50	1,54	1,46	1,72	1,68	1,59	1,44	1,54	3,50
Доз.шнек2 (P <sub>n</sub> =2,2KW)	P <sub>пх</sub> =0,98,KW		P <sub>оп</sub> =1,76,KW			E <sub>оп</sub> *=2,26					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт 2	1,30	1,45	1,44	1,41	1,29	1,39	1,55	1,44	1,50	1,52	1,43	3,18
Доз.шнек3 (P <sub>n</sub> =2,2KW)	P <sub>пх</sub> =0,97,KW		P <sub>оп</sub> =1,76,KW			E <sub>оп</sub> *=2,23					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт3	1,31	1,49	1,45	1,51	1,48	1,40	1,54	1,46	1,38	1,54	1,46	2,98
Доз.шнек4 (P <sub>n</sub> =2,2KW)	P <sub>пх</sub> =1,05,KW		P <sub>оп</sub> =1,76,KW			E <sub>оп</sub> *=2,48					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт 4	1,35	1,39	1,43	1,38	1,42	1,39	1,50	1,43	1,51	1,51	1,43	3,76
Доз.шнек5 (P <sub>n</sub> =2,2KW)	P <sub>пх</sub> =1,1,KW		P <sub>оп</sub> =1,76,KW			E <sub>оп</sub> *=2,67					P <sub>ср.</sub>	E*
Продукт 5	1,55	1,60	1,44	1,49	1,52	1,59	1,51	1,48	1,46	1,52	1,51	3,77

**Тракт 3.** Поради статистическия характер на смесване на продуктите в коша на везната при различни рецепти, натоварването като на дробилката, така и на захранващия я шнек ще имат среднотатистически характер, затова наблюдението е направено върху пет различни рецепти.

Дробилка (P <sub>n</sub> =30 kW)	P <sub>пх</sub> =11,2 kW;		P <sub>оп</sub> =26,7 kW;			E <sub>оп</sub> *=1,72					P <sub>ср.</sub>	E*
Рецепта1	19,3	17,8	21,3	16,4	19,1	20,56	23,05	21,4	18,65	22,61	20,02	2,27
Рецепта2	20,65	19,05	22,79	17,55	20,44	22,00	24,66	22,92	19,96	24,19	21,42	2,09
Рецепта3	18,28	20,75	18,85	19,51	18,90	18,19	20,40	18,96	20,50	20,01	19,43	2,36
Рецепта4	19,53	20,28	20,68	21,92	20,54	19,96	22,38	20,80	20,11	21,95	20,81	2,16
Рецепта5	22,21	21,79	20,09	19,47	23,02	22,40	21,75	22,21	19,59	21,33	21,38	2,10
ШИА 6 P <sub>n</sub> =1,5kW	P <sub>пх</sub> =0,59, KW		P <sub>оп</sub> =1,16, KW			E <sub>оп</sub> *=2,03					P <sub>ср.</sub>	E*=2,19
Рецепта1	19,3	17,8	21,3	16,4	19,1	20,56	23,05	21,4	18,65	22,61	20,02	2,27
Рецепта2	20,65	19,05	22,79	17,55	20,44	22,00	24,66	22,92	19,96	24,19	21,42	2,09
Рецепта3	18,28	20,75	18,85	19,51	18,90	18,19	20,40	18,96	20,50	20,01	19,43	2,36
Рецепта4	19,53	20,28	20,68	21,92	20,54	19,96	22,38	20,80	20,11	21,95	20,81	2,16
Рецепта5	22,21	21,79	20,09	19,47	23,02	22,40	21,75	22,21	19,59	21,33	21,38	2,10
												E* <sub>ср.</sub> =2,67

Обследването показва че при дробилката, чийто относителен оптимален разход E<sub>оп</sub>\*=1,72, действителният е 2,19, а при шнек 6 при E<sub>оп</sub>\*=2,03, действителният е 2,67.

Тракт 4. Резултатите от обследването са дадени в Табл.4

Таблица 4

Смесител1 ( $P_n=11 \text{ kW}$ )	$P_{пх}=3,78 \text{ kW}$ ; $P_{оп}=9,68 \text{ kW}$ ; $E_{оп}^*=1,64$										$P_{ср.}$	$E^*$
Рецепта1	6,43	5,93	7,10	5,47	6,37	6,85	7,68	7,14	6,22	7,54	6,67	2,30
Рецепта2	6,88	6,35	7,60	5,85	6,81	7,33	8,22	7,64	6,65	8,06	7,14	2,12
Рецепта3	5,69	5,25	6,28	4,84	5,63	6,06	6,80	6,32	5,50	6,67	5,91	2,77
Рецепта4	6,25	5,76	6,89	5,31	6,18	6,65	7,46	6,93	6,04	7,32	6,48	2,40
Рецепта5	6,07	5,60	6,70	5,16	6,01	6,47	7,25	6,74	5,86	7,11	6,30	2,50
$E^*_{ср.}=2,42$												
Смесител2 $P_n=2,2 \text{ kW}$	$P_{пх}=1,09 \text{ kW}$ $P_{оп}=1,76 \text{ kW}$ $E_{оп}^*=2,63$										$P_{ср.}$	$E^*$
Рецепта1	1,45	1,34	1,60	1,24	1,44	1,55	1,74	1,61	1,40	1,70	1,51	3,59
Рецепта2	1,56	1,43	1,72	1,32	1,54	1,66	1,86	1,73	1,50	1,82	1,61	3,09
Рецепта3	1,46	1,38	1,42	1,51	1,64	1,73	1,54	1,43	1,64	1,72	1,55	3,37
Рецепта4	1,41	1,30	1,56	1,20	1,40	1,50	1,69	1,57	1,36	1,65	1,46	3,44
Рецепта5	1,54	1,62	1,67	1,51	1,46	1,69	1,71	1,40	1,46	1,51	1,56	3,32
$E^*_{ср.}=3,36$												
Шнек 5 $P_n=2,2 \text{ kW}$	$P_{пх}=0,88 \text{ kW}$ $P_{оп}=1,76 \text{ kW}$ $E_{оп}^*=2,00$										$P_{ср.}$	$E^*$
Рецепта1	1,29	1,19	1,42	1,09	1,27	1,37	1,54	1,43	1,24	1,51	1,33	2,95
Рецепта2	1,38	1,27	1,52	1,17	1,36	1,47	1,64	1,53	1,33	1,61	1,43	2,60
Рецепта3	1,34	1,29	1,26	1,41	1,33	1,21	1,36	1,26	1,46	1,51	1,34	2,91
Рецепта4	1,25	1,15	1,38	1,06	1,24	1,33	1,49	1,39	1,21	1,46	1,30	3,09
Рецепта5	1,51	1,42	1,44	1,38	1,52	1,49	1,45	1,35	1,37	1,42	1,43	2,60
$E^*_{ср.}=2,83$												
Шнек 7 $P_n=1,5 \text{ kW}$	$P_{пх}=0,57 \text{ kW}$ $P_{оп}=1,16 \text{ kW}$ $E_{оп}^*=1,97$										$P_{ср.}$	$E^*$
Рецепта1	0,88	0,81	0,97	0,75	0,87	0,93	1,05	0,97	0,85	1,03	0,91	2,67
Рецепта2	0,94	0,87	1,04	0,80	0,93	1,00	1,12	1,04	0,91	1,10	0,97	2,42
Рецепта3	0,78	0,72	0,86	0,66	0,77	0,83	0,93	0,86	0,75	0,91	0,81	3,37
Рецепта4	0,85	0,79	0,94	0,72	0,84	0,91	1,02	0,95	0,82	1,00	0,88	2,84
Рецепта5	0,83	0,91	1,05	0,95	0,82	0,88	0,99	0,92	0,96	1,1	0,94	2,54
$E^*_{ср.}=2,77$												

Обследването показва следните резултати: смесител1 при  $E_{оп}^*=1,64$  , действителният е 2,42, смесител 2 при  $E_{оп}^*=2,63$ , действителният е 3,36 шнек 5: при  $E_{оп}^*=2,00$ ,  $E^*$  е 2,83; шнек 7 при  $E_{оп}^*=1,97$ ,  $E^*$  е 2,77

**Обобщени относителни разходи**

Обобщението е осъществено по трактове, като е използвана зависимост (3). Резултатите са представени в табл.5

Таблица 5

Тракт 1					Тракт 2				
Шнек 1	Елеватор	Шнек 2	Шнек 3	Шнек 4	Доз. шнек1	Доз. Шнек2	Доз. Шнек3	Доз. Шнек4	Доз. Шнек5
2,74	2,11	2,92	3,32	3,16	3,50	3,18	2,98	3,76	3,77
$E^*=2,85$					$E^*=3,44$				

Таблица 5 (продължение)

Тракт 3		Тракт 4				
дробилка	ШИА 6	Смесител 1	Шнек7	Шнек 5	Смесител 2	Шнек8
2,19	2,67	2,42	2,77	2,85	3,36	2,89
<b>E*=2,43</b>		<b>E*=2,85</b>				

Обобщеният оптимален относителен разход за цеха, е  $E_{op}^* = 2,21$  единици, а действителния е  $E^* = 4,15$ .

### Заклучение

Разработената методика за изследване на относителния разход на електроенергия, е адекватна на спецификата на обекта и позволява да се установи относителния разход както по трактове, машини и агрегати, така и за цеха като поточна производствена система .

Установените от обследването нива на относителния разход на електроенергия показват, че приведенят оптимален относителен разход за цеха е  $E_{op}^* = 2,21$ , а действителният -  $E^* = 4,15$ . Разликата от 2,29 показва ,че е необходимо да се оптимизира работата на машините, за намаляване потребяваната електроенергия. Това е предпоставка за внедряване на система за цялостен мониторинг на електропотреблението на фуражни цехове.

### Литература

1. Андонов К., В. Кирчев, К. Ениманев, О. Динолов. Нива за миниторинг на електропотреблението в индустриалните предприятия. V<sup>th</sup> International Scientific Conference Management and Engineering '07, Sozopol, Bulgaria, June 18-22, 2007, p. 384 – 389.
2. Андонов К. Комплексна електрификация на селскостопанското производство. Печатна база на ВТУ „Ангел Кънчев”, Русе, 1990
3. Динолов О., К. Андонов, Б. Евстатиев, А. Кръстева, В. Кирчев. Модел за мониторинг и оценка на енергийната ефективност на групирани електрически задвижвания. - Енергетика, №8, 2008, с. 26 – 31.
4. Славин Р.М. Научные основы автоматизации производства в животноводстве и птицеводстве. Москва, Колос, 1974.

### За контакти:

Проф. дтн Кондю Андонов, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Електроснабдяване и електрообзавеждане”, тел.: 082-888 302, e-mail: [kandonov@ru.acad.bg](mailto:kandonov@ru.acad.bg).

**Докладът е рецензиран.**