

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОБЕЛЯЦЬКИЙ ДАНИІЛ ВІТАЛІЙОВИЧ



УДК 621.316.11

ДИСЕРТАЦІЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СПОЖИВАННЯ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИЙМАЧАМИ З РІВНЕМ НАПРУГИ
ЖИВЛЕННЯ ДО 1000В ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Галузь знань 14 – «Електрична інженерія»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

ТОМ 1

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Д. В. Кобеляцький

Науковий керівник:

Сінчук Олег Миколайович,

доктор технічних наук, професор

ЗМІСТ

ДОДАТОК А. Статистичні дані функціонування гірничорудних підприємств світу та України.....	3
ДОДАТОК Б. Схеми електропостачання залізрудних шахт України..	6
ДОДАТОК В. Статистичні дані, отримані при експериментальних дослідженнях.....	9
ДОДАТОК Г. Огляд наукових досліджень з метою оцінювання перспективних спрямувань щодо підвищення електроенергоефективності в видобутку залізної руди структурах існуючих технологій її видобутку підземним способом.....	43
ДОДАТОК Д. Превентивні стартовобазисні позиції до розбудови системи керування режимами роботи споживачів з напругою живлення до 1000 В дільничних підземних підстанцій.....	58
ДОДАТОК Е. Системність в оцінюванні енергоефективних режимів постачання електричної енергії	63
ДОДАТОК Є. Акти впровадження результатів досліджень.....	77

ДОДАТОК А

**Статистичні дані функціонування гірничорудних підприємств світу та
України**

Таблиця А.1 – Видобуток залізної руди у світі (топ – 5 країн з видобутку, Україна та інші країни)

Рік	Видобуток залізної руди, млн. тонн						
	Австралія	Бразилія	Китай	Індія	Росія	Україна	Інші країни
2016	818	397	353	190	95	65	329
2017	862	410	360	202	100	63	345
2018	900	450	366	210	110	63	340
2019	919	460	375	220	110	64	355
2020	935	430	360	240	100	65	375
2021	910	380	350	250	95	62	385
2022	900	380	360	282	100	62	390
2023	905	395	365	290	105	58	395

Таблиця А.2 – Глибина проведення гірничих робіт на підземних залізрудних підприємствах України*

№ з/п	Гірничовидобувний комплекс	Глибина ведення гірничих робіт, м
1	Шахта № 1	1135
2	Шахта № 2	1260
3	Шахта № 3	1135
4	Шахта № 4	1315
5	Шахта № 5	1190
6	Шахта № 6	1275
7	Шахта № 7	1270
8	Шахта № 8	1040

Таблиця А.3 – Прогнозовані показники функціонування залізрудних підприємств України з підземним видом видобутку залізрудної сировини*

№ з/п	Гірничовидобувний комплекс	Глибина розробки рудних запасів, м	Орієнтовна продуктивність за рік, млн. т	
			за рудою	за кварцитами
1	Шахта № 2	2060 – 2200	1,5	5,0 – 7,0
2	Шахта № 3	1500 – 2500		
3	Шахта № 4	1765 – 1900		
4	Шахта № 5	2015 – 2500	3,0	8,0 – 12,0
5	Шахта № 6	1955 – 2200		
6	Шахта № 7	1990 – 2400		
7	Шахта № 1	1490 – 1700	0,7	3,0
8	Шахта № 8	1340 – 1640	3,5	-

* нумерація шахт умовна і задована по відношенню до існуючих назв по факту військового стану в Україні

Таблиця А.4 – Обсяги виробництва електроенергії в Україні

№ з/п	Рік	Обсяги виробництва електроенергії, млрд. кВт·год.
1	2013	194,377
2	2014	182,815
3	2015	163,682
4	2016	154,817
5	2017	155,415
6	2018	159,351
7	2019	153,963
8	2020	148,809
9	2021	156,576
10	2022	127,348
11	2023	123,684

ДОДАТОК Б

Схеми електропостачання залізорудних шахт України

Схема електропостачання п/ст гар 500кВ по 0,4кВ

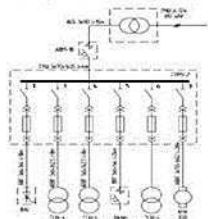


Схема електропостачання п/ст гар 940кВ по 0,4кВ

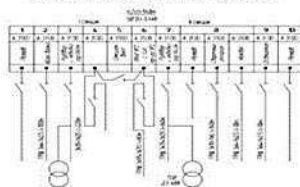


Схема електропостачання п/ст 260кВ гар 1240кВ по 0,4кВ

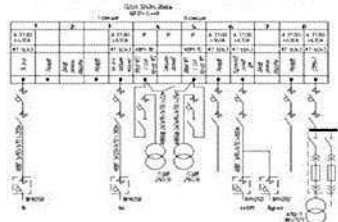


Схема електропостачання п/ст гар 1240кВ по 0,4кВ

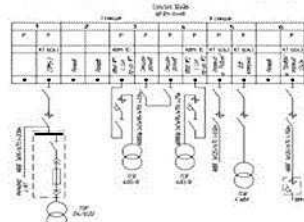


Схема електропостачання передатної п/ст 180 аси гар 1270кВ

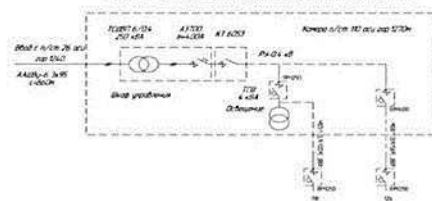


Схема електропостачання п/ст 13к аси гар 1270кВ

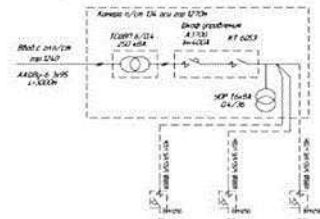


Схема електропостачання передатної п/ст 154 аси гар 1270кВ

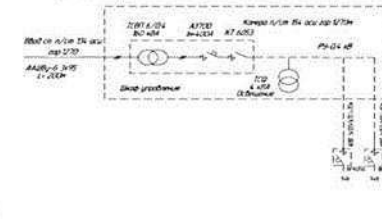


Схема електропостачання п/ст 1800кВ гар 135кВ по 0,4кВ

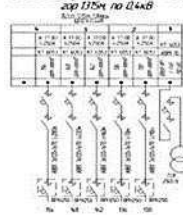


Схема електропостачання п/ст 1800кВ гар 135кВ по 0,4кВ

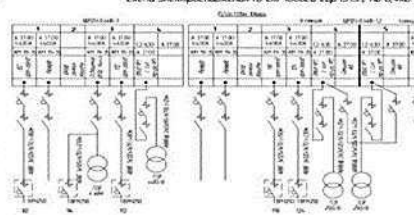


Схема електропостачання п/ст гар 135кВ по 0,4кВ

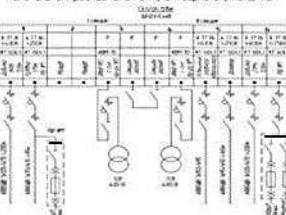


Схема електропостачання п/ст гар 135кВ

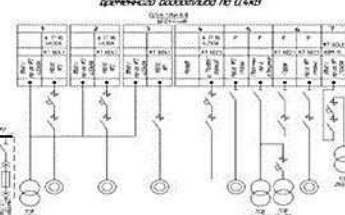
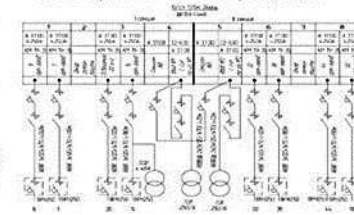


Схема електропостачання п/ст 260кВ гар 135кВ по 0,4кВ



Бібліотека моделей електропостачання

Бібліотека моделей електропостачання

Рисунок Б.1 – Схема електропостачання підземних горизонтів залізничної шахти № 4 (м. Кривий Ріг) станом на 01.01.2022 р.

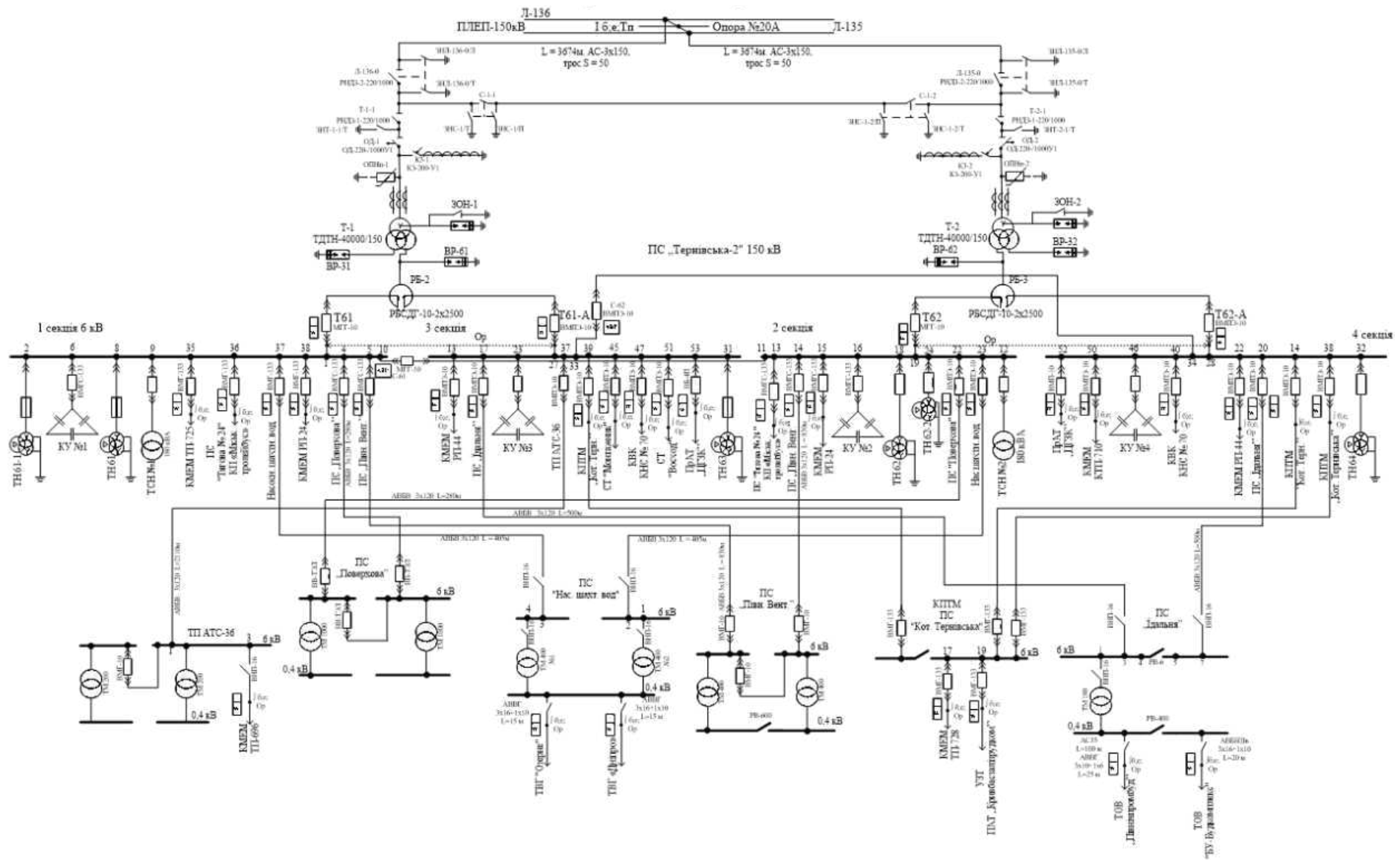


Рисунок Б.2 – Однолінійна схема електропостачання шахти № 6(м. Кривий Ріг)
станом на 01.01.2022 р.

ДОДАТОК В

Статистисні дані, отримані при експериментальних дослідженнях

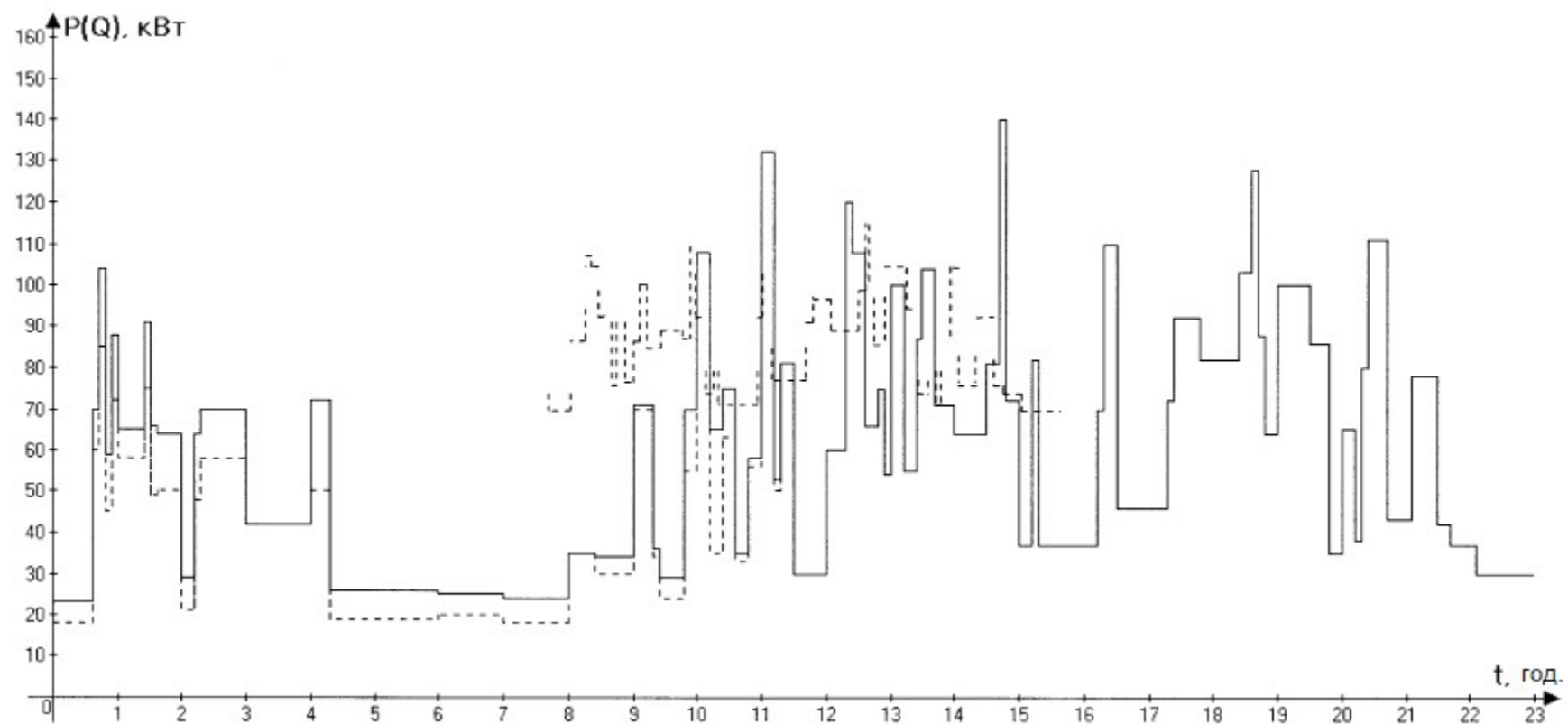


Рисунок В.1 – Графік навантаження трансформатора 1 ДПП-5 шахти № 1 (м. Кривий Ріг)

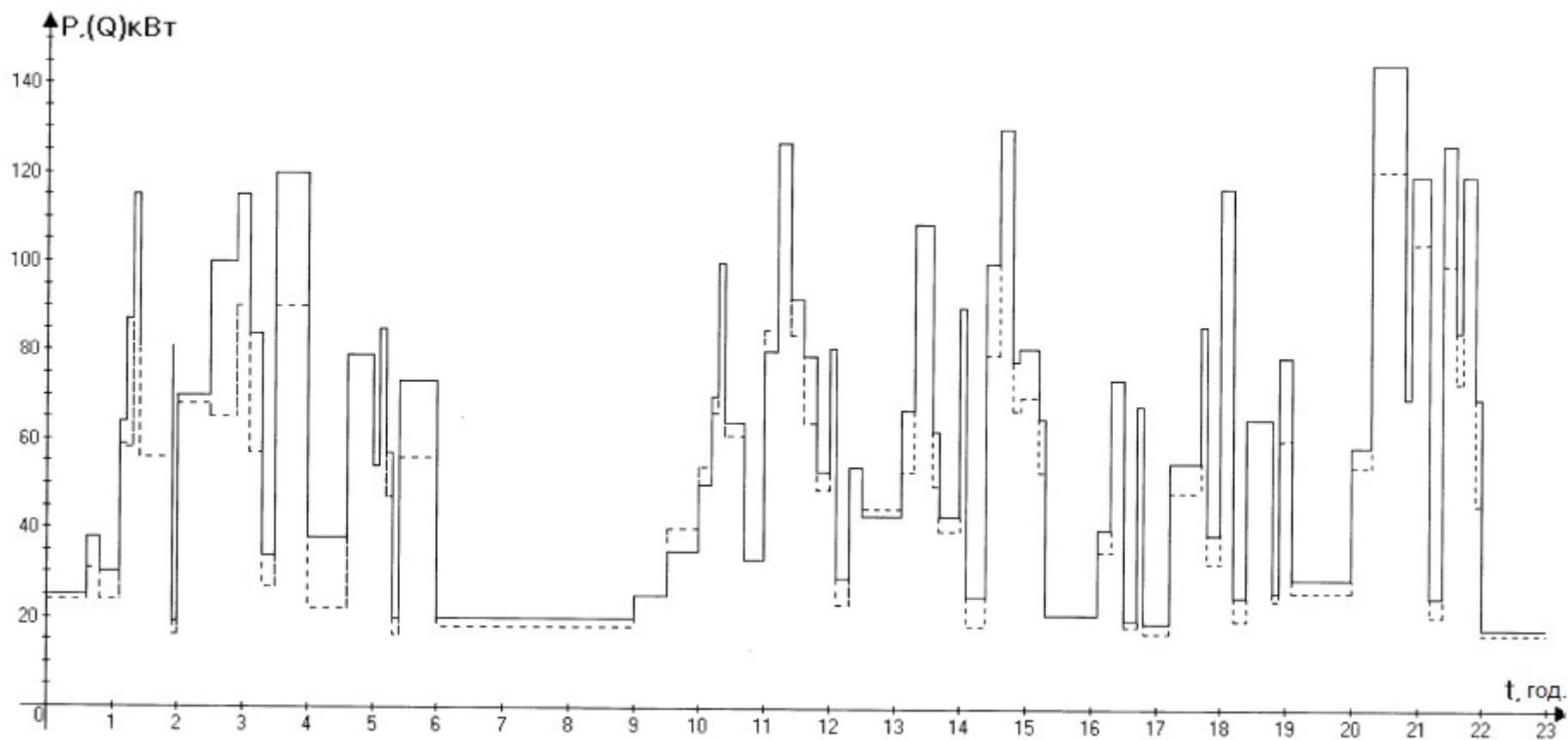


Рисунок В.2 – Графік навантаження ДПП-3 шахти № 1 (м. Кривий Ріг)

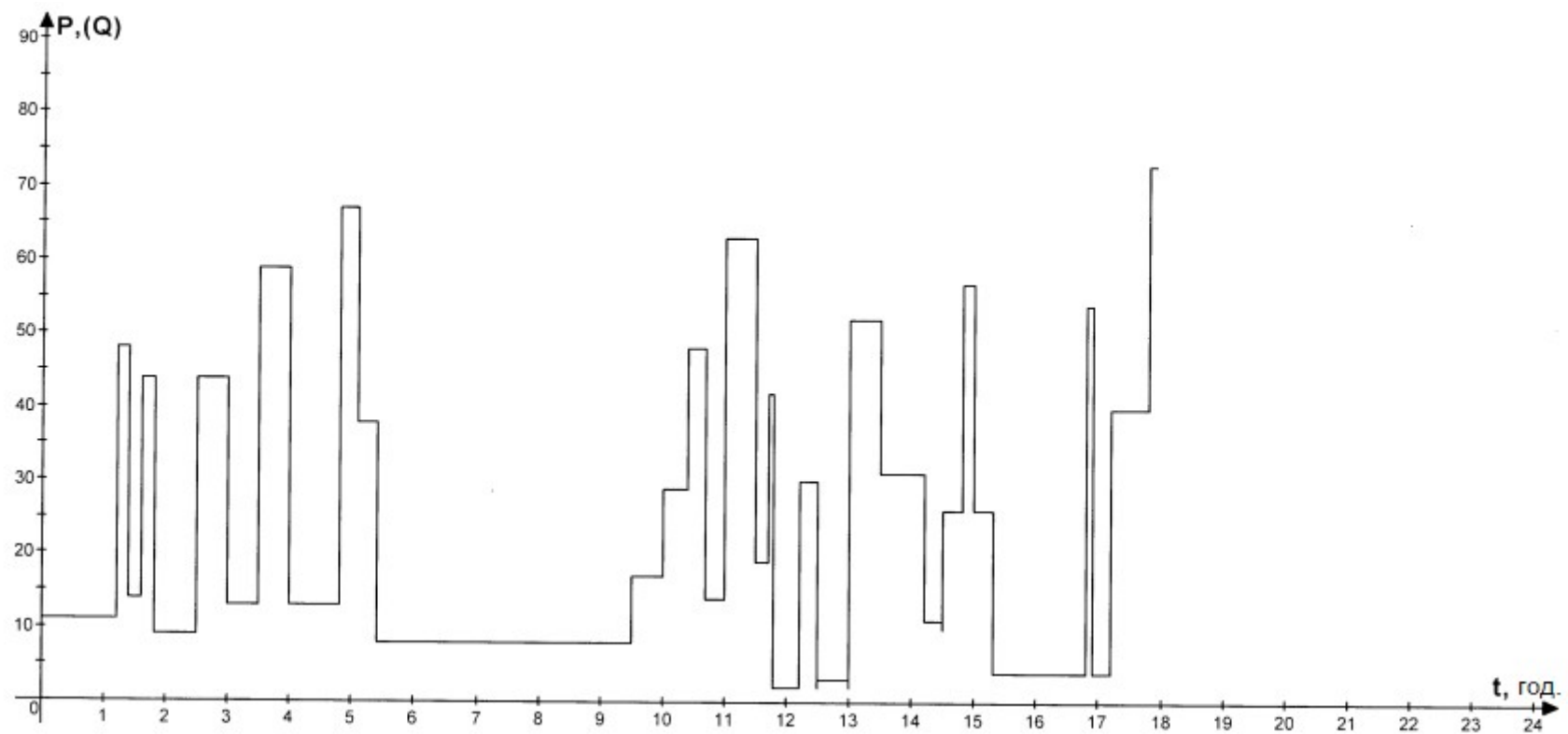


Рисунок В.3 – Графік навантаження трансформатора 2 ДПП-3 шахти № 1 (м. Кривий Ріг)

Статистичні відомості споживання електричної енергії та обсягом виробництва

Таблиця В.1 –ДПП-3 шахти № 1, горизонт 1135 м

ВВЕДЕННЯ 1					ДІЛЬНИЦЯ 12				
Дата	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва	Дата	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва
		акт.	реакт.				акт.	реакт.	
	годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн		годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.07.22	8-15	165,1	229,5	297	11.07.22	8-15	157,1	106,7	297
	15-22	211,9	287,6	0		15-22	166,6	132,7	0
12.07.22	23-8	118,6	152	0		23-8	33,7	5	0
14.07.22	10-15	177,8	134,1	140	14.07.22	10-15	124,9	92,6	140
	15-22	212,4	164,1	210		15-22	144,5	93,8	210
15.07.22	23-6	284,6	269,5	245	15.07.22	23-6	184,3	120,7	245
	8-15	121,3	115,1	128		8-15	71,5	45,5	228
	15-22	195,7	154,8	122		15-22	106,4	68,4	122
16.07.22	23-6	266,1	210,5	455	16.07.22	23-6	165,5	113,1	455

Продовження таблиці В.1

ВВЕДЕННЯ 2					ДІЛЬНИЦЯ 1				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	10-15	166,4	123,1	332		10-15	111,7	74,8	332
	15-22	208,8	160,4	332		15-22	133,6	85,4	332
17.07.22	23-6	251,6	220,3	260		23-6	157,2	104,3	260
	8-15	148,5	122			8-15	94,9	69,8	122
	15-22	221,3	172,4	262		15-22	150,02	89,9	262
18.07.22	23-6	216,2	172,2	385	18.07.22	23-6	145,2	101,5	385
11.07.22	8-15	105,7	-	140	11.07.22	8-15	67,7	88,2	140
	15-22	65,5	-	245		15-22	53,1	77	245
12.07.22	23-6	50,1	-	-	12.07.22	23-6	50,3	59,2	0
14.07.22	10-15	115,6	137,6	472	14.07.22	10-15	119,8	132,8	472
	15-22	89,4	-	350		15-22	94	81,1	350
15.07.22	23-6	-	138,5	560	15.07.22	23-6	152,7	152,7	560
	8-15	174,1	187,8	490		8-15	168,2	163,2	490
	15-22	136,7	131,3	350		15-22	135,8	121,7	350
16.07.22	23-6	145,2	142,4	385	16.07.22	23-6	134,8	115,6	385
	10-15	147,6	122,3	315		10-15	121,5	122,2	315
	15-22	158,7	107,6	402		15-22	159,2	146,8	402
17.07.22	23-6	179,8	-	368	17.07.22	23-6	108,4	136,9	368
	8-15	134,9	118	525		8-15	136,7	127,7	525
	15-22	212,2	181,1	542		15-22	202,6	193	542
18.07.22	23-6	183,7	146,7	858	18.07.22	23-6	169,4	130,3	858

Таблиця В.2 –ДПП-5 шахти № 1, горизонт 1135 м

ВВЕДЕННЯ 1					ДІЛЬНИЦЯ 4				
Дата	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва	Дата	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва
		акт.	реакт.				акт.	реакт.	
	годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн		годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21.07.22	15-22	189,6	145,7	524	21.07.22	15-22	109,4	91,1	524
22.07.22	23-6	203,5	143,7	212	22.07.22	23-6	148,2	113,8	212
	8-15	162,4	141,2	315		8-15	94,7	73,2	315
	15-22	159	135,5	462		15-22	73,7	48,4	462
23.07.22	23-6	333,7	257	389	23.07.22	23-6	132	115,5	389
	8-15	242,8	179,8	266		8-15	148,9	112	266
	15-22	163	118,4	334		15-22	65,6	45,5	334
24.07.22	23-6	140,5	124	140	24.07.22	23-6	66,9	59,6	140
	8-15	168,5	133,2	315		8-15	85,1	74,3	315
	15-22	246,3	187,6	451		15-22	107,7	79,2	451
25.07.22	23-6	368,6	292,9	457	25.07.22	23-6	204,9	126,8	457
21.07.22	15-22	163,9	130,9	332	21.07.22	15-22	22,8	62,3	332
22.07.22	23-6	203	168,6	175	22.07.22	23-6	24,9	77,3	175
	8-15	271,8	165,4	179		8-15	39,5	91,9	179
	15-22	118,5	74,1	18		15-22	16,9	28,7	18
23.07.22	23-6	166,6	126,6	175	23.07.22	23-6	30,4	60,4	175
	8-15	148	109,4	332		8-15	30,5	68,8	332
	15-22	222	124,8	88		15-22	53	96,7	88
24.07.22	23-6	171,9	114,1	350	24.07.22	23-6	36,5	68,9	350
	8-15	199,7	135,8	420		8-15	50,6	88,9	420
	15-22	236,3	151,4	254		15-22	66,5	115,8	254
25.07.22	23-6	261,3	181,4	385	25.07.22	23-6	60,7	110,4	385

Таблиця В.3 – Шахта № 11, суміщена ДПП, горизонт 1135 м

ВВЕДЕННЯ					7 ЗАЇЗД				
Дата	Час зміни годин	Електроенергія		Обсяги виробництва тонн	Дата годин	Час зміни годин	Електроенергія		Обсяги виробництва тонн
		акт. кВт·год.	реакт. кВАр·год.				акт. кВт·год.	реакт. кВАр·год.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18.09.22	10-15	440	316,9	850	18.09.22	10-15	88,9	50,2	522
	15-22	585,6	401,3	800		15-22	173,8	100,3	504
19.09.22	23-6	648,7	572,3	1524	19.09.22	23-6	149,6	87,2	1188
	8-15	620,1	359,8	1098		8-15	187,2	104,4	810
	15-22	755,9	475	1211		15-22	176,1	106,7	747
20.09.22	23-6	661,2	479,7	1470	20.09.22	23-6	171,9	113,6	1062
	8-15	557,2	442,7	595		8-15	95,6	49,5	387
	15-22	294,5	272,6	774		15-22	154	91,5	558
21.09.22	23-6	508	346,4	860	21.09.22	23-6	98,1	67,4	684
	10-15	500,5	374,7	1598	22.09.22	10-15	112,2	70,1	441
	15-22	483,6	251,7	921		15-22	130,9	72	684
23.09.22	23-6	711,3	472,3	1452	23.09.22	23-6	185,7	156,2	828
	8-15	262,8	399,8	838		8-15	81,6	52,9	414

Продовження таблиці В.3

ВВЕДЕННЯ					16 заїзд				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	15-22	773,1	518	1354		15-22	171	112,6	738
24.09.22	23-6	546,4	452	1764	24.09.22	23-6	185,9	108,9	1188
	8-15	417,1	305,4	868		8-15	117,7	64,6	324
	15-22	517,9	389,	1403		15-22	118,6	72	747
25.09.22	23-6	531,8	133,2	1039	25.09.22	23-6	105	58,6	495
	8-15	457,9	324,7	847		8-15	104,6	76,8	279
	15-22	571	414,1	1288		15-22	183	131,6	792
26.09.22	23-6	583,7	514	1664	26.09.22	23-6	133,9	92,8	1008
	8-15	410,4	305,4	905		10-15	31,7	58,5	208
	15-22	558,2	413	1109		15-22	35,1	55,2	224
27.09.22	23-6	428	282	1363	27.09.22	23-6	31,1	41,1	424
	8-15	732,7	516,2	336		8-15	63,9	88,5	208
	15-22	528,2	459,7	1139		15-22	47,9	80,7	304
28.09.22	23-6	610,2	460,4	974	28.09.22	23-6	30,9	41,9	264
01.10.22	10-15	451,5	287,2	1011	01.10.22	10-15	5,9	10,9	160
	15-22	585,4	404,6	844		15-22	37,4	52	200
02.10.22	23-4	473,3	333,2	1008	02.10.22	23-4	31,9	60,6	200
18.09.22	10-15	70,7	80,7	128	23.09.22	23-6	78,4	86,7	240
	15-22	44,8	60,6	64		8-15	50,6	69,7	144

Продовження таблиці В.3

10 ЗАЇЗД					10 ЗАЇЗД (продовження)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19.09.22	23-6	73,9	68	168		15-22	64,4	74,4	208
	8-15	51,4	69,6	168	24.09.22	23-6	58,3	69,7	160
	15-22	73,8	75	152		8-15	34,3	39,1	48
20.09.22	23-6	63	64,8	208		15-22	64,2	77,5	216
	8-15	52	49,3	40	25.09.22	23-6	62,6	69,7	168
	15-22	46,1	28,7	32		8-15	35,1	43,3	96
21.09.22	23-6	4,6	1,9	0		15-22	46,1	62,6	160
22.09.22	10-15	30,6	31	112	26.09.22	23-6	55,8	54,7	200
	15-22	21,9	27,9	88					

Таблиця В.4 – Шахта № 9, ДПП-10, горизонт 950 м

ВВЕДЕННЯ 3					ВВЕДЕННЯ 2				
Дата	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва	Дата годин	Час зміни	Електроенергія		Обсяги виробництва
		акт.	реакт.				акт.	реакт.	
	годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн		годин	кВт·год.	кВАр·год.	тонн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
27.10.22	10-15	179,7	191,6	592	27.10.22	10-15	12,7	15,7	-
	15-22	184,1	159,2	840		15-22	13,6	16,4	-
28.10.22	23-6	152,4	178,8	704		23-6	20,1	23,7	-
	8-15	190,8	196	688		8-15	33,7	43,3	-
	15-22	216,2	193,3	896		15-22	15,5	21	-
29.10.22	23-6	229,8	232,4	800	29.10.22	23-6	14,6	16,4	-
	8-15	290	299,1	888		8-15	59,1	99	-
	15-22	526,2	278,1	704		15-22	89,4	119,4	-
30.10.22	23-6	219,7	218,1	784	30.10.22	23-6	43,7	61,2	-
	8-15	200,7	253,6	768		8-15	15,5	20,1	-
	15-22	221,6	236,2	424		15-22	19,2	23,7	-
31.10.22	23-6	286,9	282,4	912	31.10.22	23-6	15,4	23,7	-
27.10.22	10-15	53,8	67,9	296	27.10.22	10-15	100,8	95,3	296
	15-22	41,1	39,2	400		15-22	86,5	81,4	440
28.10.22	23-6	62	63,3	384	28.10.22	23-6	61,5	67,6	320
	8-15	34,6	35,1	424		8-15	99,7	109,4	264
	15-22	56,8	64,3	448		15-22	115	110,9	448
29.10.22	23-6	58,5	59,3	400	29.10.22	23-6	100,5	102,5	400
	8-15	93,5	103,9	408		8-15	121	123,4	480
	15-22	108	121,3	448		15-22	125,8	131,3	256
30.10.22	23-6	86,1	94,3	480	30.10.22	23-6	69,3	73,4	304
	8-15	102,1	122,6	400		8-15	71,9	74	368
	15-22	76,2	84,8	424		15-22	107,6	109	0
31.10.22	23-6	82,6	89,8	416	31.10.22	23-6	140,9	136,3	496

Таблиця В.5 - Електричні навантаження ділянки № 12 (блок № 7) шахти № 1,
горизонт 1135 м

Дата, час початку	Тривалість	Число міток лічильника електроенергії		Електроенергія		Потужність		tgφ
		акт.	реакт.	акт.	реакт.	акт.	реакт.	
ГОДИНИ- ХВИЛ.	ХВИЛИНИ	ОДИНИЦЬ		кВт·год.	кВАр·год.	кВт	кВАр	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.07.22								
8-46	5	10	7	4,56	3,1	27,35	37,2	1,4
8-51	21	11	11	5,02	5,02	7,15	14,3	2
9-12	52	14	9	6,4	4,1	3,7	4,7	1,3
10-04	23	2	1	0,91	0,46	1,2	1,2	1
10-27	51	15	8	6,84	3,6	4	4,2	1
11-18	22	6	6	2,7	2,7	3,7	7,4	2
11-40	8	17	11	7,7	5,02	28,85	37,6	1,3
11-48	12	3	2	1,37	0,9	3,4	4,56	1,3
12-00	34	77	50	35,1	22,8	30,85	40,2	1,3
12-34	18	8	8	3,6	3,6	6	12	2
12-52	14	33	24	15	11	32,1	47	1,5
13-06	8	2	2	0,9	0,9	3,4	6,75	2
13-14	20	44	27	20	12,3	36	36,9	1,2
13-34	18	54	31	24,6	14	41	46,7	1,1
13-52	6	12	7	5,5	3,2	17,5	32	1,2
13-58	9	25	15	1,4	5,8	38	45	1,2
14-07	10	2	1	0,9	0,46	2,7	2,76	1
14-17	17	10	15	4,6	6,8	8,1	24	3
14-34	106	13	4	6	1,8	5	3	0,6
16-20	5	12	10	5,5	4,6	30	55,2	1,8
16-25	10	2	2	0,9	0,9	2,7	5,4	2
16-35	18	49	32	22,3	14,6	37	48,6	1,3
16-53	11	2	1	0,9	0,4	2,5	2,5	1
17-04	6	12	9	5,5	4,1	27,5	41	1,5
17-10	47	24	21	11	9,6	7	12,3	1,8
17-57	12	2	1	0,9	0,4	2	2,1	1
18-10	12	44	22	20	10	50	50	1
18-22	7	6	4	2,7	1,8	11,6	15,4	1,3
18-29	40	113	67	51,5	30,5	38,6	45,7	1,2

1-14	24	53	35	24,2	16	60,4	40	0,66
------	----	----	----	------	----	------	----	------

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-38	12	1	0	0,46	0	2,3	0	0
1-50	12	27	20	12,3	9,1	61,6	45,6	0,74
2-02	5	1	1	0,46	0,46	5,5	5,5	1
2-07	7	14	9	6,4	4,1	54,7	35	0,64
2-14	40	13	9	5,9	4,1	8,9	6,1	0,69
2-54	16	31	22	14,1	10	53	37,6	0,7
3-10	25	5	1	2,3	0,46	5,3	1,05	0,2
3-36	8	18	13	8,2	5,9	61,6	44,5	0,72
3-44	6	2	1	0,9	0,46	9,12	4,56	0,5
3-50	7	16	11	7,3	5	62,5	43	0,69
3-57	12	3	2	1,4	0,12	6,8	4,56	0,67
4-09	18	21	14	9,5	6,4	32	21,3	0,66
4-17	5	2	1	0,9	0,46	10,9	5,4	0,5
4-22	30	82	57	37,4	26	74,8	52	0,69
4-52	22	3	2	1,4	0,9	3,7	2,5	0,67
5-14	27	57	44	26	20	57,8	44,6	0,77
5-41	12	0	1	0	0,46	0	2,2	0
5-53	11	23	15	10,5	6,8	57,2	37,3	0,6
6-04	11	4	3	1,8	1,3	9,9	7,5	0,75
6-15	12	30	21	13,7	9,6	68,4	47,9	0,7
6-27	56	7	2	3,2	0,9	3,4	0,9	0,29
7,23	20	24	20	11	9,12	33	27,3	0,83
7-43	27	6	2	2,7	0,9	6	2	0,33
8-10	14	22	18	10	8,2	43	35	0,8
8-24	20	3	1	1,3	0,46	3,9	1,4	0,3
8-44	12	20	17	9,12	7,7	45,6	38,8	0,85
10-00	19	2	1	0,9	0,46	2,9	1,4	0,5
10-19	8	17	12	7,75	5,47	58	41	0,7
10-27	14	3	1	1,37	0,46	5,9	1,95	0,33
10-41	14	30	20	13,7	9,12	58,6	39	0,66
10-55	56	8	2	3,6	0,9	3,8	0,98	0,25
11-51	5	10	7	4,56	3,2	54,7	38,4	0,7
11-56	9	2	1	0,9	0,46	6	3	0,5
12-06	15	28	22	12,8	10	51,2	40	0,78
12-20	49	12	6	5,47	2,7	6,7	3,3	0,5
13-09	11	25	17	11,4	7,75	62,2	42,3	0,68

13-20	44	7	2	3,2	0,9	4,4	1,2	0,28
-------	----	---	---	-----	-----	-----	-----	------

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14-04	7	13	9	5,9	4,1	50,6	35	0,69
14-11	146	21	6	9,6	2,7	3,9	1,1	0,28
16-37	18	23	18	10,5	8,2	35	27,3	0,78
16-55	27	3	1	1,37	0,46	3	1	0,33
17-22	14	21	15	9,6	6,8	41	29	0,71
17-36	5	1	1	0,46	0,46	5,4	5,4	1
17-41	17	19	15	8,7	6,8	30,7	24	0,78
17-58	22	2	0	0,9	0	2,5	0	0
18-20	19	28	20	12,8	9,12	40,4	28,8	0,7
18-39	29	3	0	2	0	2,8	0	0
19-08	16	16	11	7,3	5	27,4	18,75	0,68
19-24	42	11	7	5	3,2	7,1	4,6	0,64
20-06	7	13	10	5,9	4,56	50,57	39	0,77
20-13	59	9	2	4,1	0,9	4,2	0,93	0,22
21-12	5	11	7	5	3,2	60	38,4	0,64
21-17	11	1	0	0,46	0	2,5	0	0
21-28	16	27	22	12,3	10	46,1	37,5	0,8
21-44	13	2	0	0,9	0	4,2	0	0
21-57	11	22	16	10	7,2	54,5	39,8	0,73
22-08	138	18	4	8,2	1,8	3,56	0,79	0,22
16.07.22								
0-26	11	22	16	10	7,2	54,5	39,8	0,73
0-37	22	5	2	2,3	0,9	6,2	2,5	0,4
0-59	16	41	29	18,7	13,2	70,1	49,5	0,7
1-15	22	6	5	2,7	2,3	7,4	6,2	0,84
1-37	6	14	9	6,4	4,1	64	41	0,64
1-43	43	12	9	5,47	4,1	7,69	5,7	0,75
2-26	27	70	50	31,9	22,8	70,9	50,7	0,71
2-53	13	6	2	2,7	0,9	12,5	4,2	0,33
3-06	16	30	22	13,7	10	51,4	37,5	0,73
3-22	27	5	3	2,3	1,37	5,1	3	0,5
3-49	28	59	40	26,9	18,2	57,7	39	0,67
4-17	11	2	1	0,9	0,46	5	2,5	0,5
4-28	14	26	23	12,8	10,5	54,9	45	0,82
4-42	25	7	3	3,2	1,37	7,9	3,3	0,42
5-07	5	12	11	5,47	5	65,6	60	0,91

0-12	21	11	8	5	3,6	14	10,3	0,7
------	----	----	---	---	-----	----	------	-----

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-33	47	6	2	2,7	0,9	3,4	1,2	0,3
1-20	28	64	40	29,2	18,2	62	39	0,6
1-48	12	1	0	0,46	0	2,28	0	0
2-00	24	45	30	20,5	13,7	51	34	0,7
2-24	20	10	9	4,56	4,1	13,7	12,3	0,9
2-53	16	34	23	15,5	10,5	58	39	0,7
3-13	16	1	1	0,46	0,46	1,7	1,7	1
3-29	31	63	43	28,7	19,6	55	38	0,7
4-00	36	25	22	11,4	10	18	15,8	0,9
4-28	32	3	1	1,4	0,46	2,6	0,8	0,3
5-10	18	25	16	11,4	7,3	38	24	0,6
5-28	13	1	1	0,46	0,46	2,1	2,1	1
5-41	22	43	32	19,6	14,6	53	39,8	0,7
6-03	173	16	1	7,3	0,46	2,5	0,16	0,06
8-56	64	18	19	8,2	8,7	7,7	8	1,06
10-00	20	9	6	4,1	2,75	12,3	8,2	0,67
10-20	7	12	9	5,5	4,1	47,1	35,1	0,75
10-27	6	1	1	0,46	0,46	4,6	4,6	1
10-33	12	18	15	8,2	6,8	41	34	0,83
10-45	13	3	4	1,4	1,8	4,7	6	1,3
11-03	14	28	20	12,8	9,12	54,9	39	0,71
11-17	8	2	1	0,9	0,46	6,75	3	0,44
11-25	13	24	17	10,9	7,8	50,3	36	0,77
11-38	16	1	0	0,46	0	1,7	0	0
11-54	69	0	0	0	0	0	0	0
13-03	13	4	2	1,8	0,9	6,3	4,2	0,5
13-16	11	21	14	9,6	6,4	52,4	34,9	0,66
13-27	33	3	0	1,4	0	2,5	0	0
14-00	9	16	12	7,3	5,5	48,7	36,7	0,75
14-09	20	3	2	1,4	0,9	4,2	2,7	0,64
14-29	21	44	31	20	14,1	57,2	40,3	0,7
14-50	8	1	0	0,46	0	3,5	0	0
14-58	21	36	26	16,4	11,9	46,9	34	0,72
15-19	39	5	3	2,3	1,4	3,5	2,2	0,62
16-08	11	10	7	4,6	3,2	25	17,5	0,7
16-19	12	26	17	11,9	7,8	59,5	39	0,65

16-31	89	13	4	5,9	1,8	4	1,2	0,3
-------	----	----	---	-----	-----	---	-----	-----

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
18-00	9	17	10	7,8	4,6	52	31	0,9
18-09	39	4	1	1,8	0,4	2,8	0,62	0,22
18-48	16	39	23	16,4	10,5	61,5	39,4	0,64
19-04	79	15	3	6,8	1,2	5,2	1	0,2
20-25	25	64	38	29,2	17,3	70	41,5	0,6
20-50	8	1	0	0,46	0	3,5	0	0
20-58	14	36	22	16,4	10	70,3	42,9	0,61
21-12	14	2	0	0,9	0	3,9	0	0
21-26	14	30	20	13,7	9,12	58,7	39	0,66
21-40	5	1	2	0,46	0,9	5,5	11	0,5
21-45	15	31	21	14,1	9,6	56,4	38,4	0,58
22-00	163	25	9	11,4	4,1	4,2	1,5	0,36
18.07.22								
0-43	10	25	18	11,1	8,2	66,6	49,2	0,44
0-53	13	11	10	15	4,6	23	21	0,9
1-06	6	2	2	0,9	0,9	9	9	1
1-12	5	13	9	5,9	4,1	71	49	0,7
1-17	13	6	6	2,7	2,7	12,5	12,5	1
1-30	6	15	9	6,8	4,1	68	41	0,6
1-36	5	2	1	0,9	0,46	10,8	5,5	0,5
1-41	6	13	9	5,9	4,1	59	41	0,7
1-47	31	7	5	3,2	2,3	5,2	4,5	0,7
2-28	5	13	8	5,9	3,6	71	43	0,6
2-33	5	2	2	0,9	0,9	11	11	1
2-38	10	24	16	10,9	7,3	65,4	44	0,7
2-48	6	1	1	0,46	0,46	4,6	4,6	1
2-54	21	43	27	18,7	12,3	53,4	35	0,66
3-15	43	18	15	8,2	6,8	11,4	9,5	0,83
3-58	21	47	36	21,4	16,4	61	46,9	0,77
4-19	11	4	2	1,8	0,9	6,8	4,9	0,5
4-30	8	15	12	6,8	5,5	51	41,3	0,8
4-38	42	8	7	3,6	3,2	5	4,6	0,9
5-20	10	18	15	8,2	6,8	49,2	40,8	0,83
5-30	43	9	6	4,1	2,7	5,7	3,8	0,66
6-13	9	30	17	13,7	7,8	91,4	52	0,57
6-22	148	34	21	15,5	9,6	6,3	3,9	0,6

9-00	53	112	84	51	38,3	57,7	43,4	0,75
------	----	-----	----	----	------	------	------	------

Продовження таблиці В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
9-53	22	13	11	5,9	5	16,1	13,6	0,85
10-15	15	54	31	24,6	14,1	98,4	56,4	0,57

Таблиця В.6 - Електричні навантаження введення № 2 УПП-3 шахти №1,
горизонт 1135 м

Дата, час початку	Тривалість	Число міток лічильника електроенергії		Електроенергія		Потужність		tgφ
		акт.	реакт.	акт.	реакт.	акт.	реакт.	
ГОДИНИ- ХВИЛ.	ХВИЛИНИ	ОДИНИЦЬ		кВт·год.	кВАр·год.	кВт	кВАр	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.07.22								
8-46	32	2	2	1,8	1,8	3,3	3,3	
9-18	59	12	2	10,9	1,8	11	1,8	
11-17	117	58	-	52,9	-	27,1	-	
13-14	26	28	-	25,5	-	58,8	-	
13-40	18	6	-	5,47	-	18,23	-	
13-58	11	10	-	9,12	-	5,36	-	
14-09	102	18	-	16,4	-	9,6	-	
15-51	46	-	-	-	-	-	-	
16-37	111	3	-	2,7	-	0,6	-	
18-28	101	13	-	11,8	-	7	-	
20-09	22	10	-	0,912	-	2,5	-	
20-21	7	-	-	-	-	-	-	
20-28	19	15	-	13,7	-	43,2	-	
20-47	13	1	-	0,9	-	4,1	-	
21-00	9	7	-	6,4	-	42,6	-	
21-09	8	-	-	-	-	-	-	
21-17	21	14	-	12,7	-	36,2	-	
21-38	471	21	1	19,1	0,9	2	0,1	
12.07.22								
4-29	53	31	-	28,3	-	32	-	
5-22	183	3	2	2,7	1,8	0,8	0,5	
10-00	30	16	19	14,6	17,3	29,2	34,6	1,2
10-30	12	2	2	1,8	1,8	9	9	1
10-42	90	56	12	51	65,6	34	43,7	1,2
12-12	51	1	-	0,9	-	1	-	-
13-03	61	41	57	37,4	52	36,8	51,1	1,4
14-04	17	2	1	1,8	0,9	6,3	3,2	0,5
14-21	9	6	-	5,5	-	36,7	-	-

Продовження таблиці В.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14-30	14	3	-	2,7	-	11,7	-	-
14-44	153	6	-	5,5	-	2,2	-	-
17-17	14	16	-	14,6	-	62,6	-	-
17-31	66	-	-	-	-	-	-	-
18-37	20	25	-	22,8	-	64,8	-	-
18-57	10	1	-	0,9	-	5,47	-	-
19-09	17	15	-	13,7	-	48,2	-	-
19-24	65	10	-	9,12	-	8,4	-	-
20-29	16	19	-	17,3	-	65	-	-
20-45	31	6	-	5,5	-	10,6	-	-
21-16	8	-	-	-	-	-	-	-
21-24	194	-	-	-	-	-	-	-
15.07.22								
0-38	31	40	33	36,5	30	70,6	58,3	0,8
1-09	18	7	8	6,4	7,3	21,3	24,3	1,1
1-27	36	-	-	-	-	-	-	-
2-03	50	-	41	-	37,4	-	45	-
2-53	34	-	1	-	0,9	1,6	-	-
3-27	22	-	16	-	14,6	-	39,8	-
3-49	23	-	5	-	4,56	-	11,9	-
4-12	42	-	28	-	25,5	-	36,5	-
4-54	30	-	1	-	0,9	-	1,8	-
5-24	18	21	19	19,2	17,3	65	57,7	0,88
5-42	115	11	9	10	8,2	6,6	4,3	0,65
7-37	35	-	27	-	24,6	-	42,2	-
8-12	23	-	-	-	-	-	-	-
8-35	25	11	16	10	14,6	30,5	35	1,1
10-00	97	68	68	62	38	38	1	-
11-37	12	1	2	0,9	1,8	4,56	9,2	2
11-49	32	28	29	25,5	26,4	47,8	49,6	1,1
12-21	56	9	14	8,2	12,8	8,8	13,7	1,6
13-17	93	74	77	67,6	70,2	43,5	45,3	1,1
14-50	153	9	14	8,2	12,8	3,2	5	1,6
17-23	37	14	12	12,8	13,7	20,8	22,2	1,1
18-00	52	3	4	2,7	3,65	3,1	4,21	1,4
18-52	76	67	64	61,1	58,3	48,2	46	0,95
20-08	22	2	3	1,8	2,7	4,9	7,3	1,5

Продовження таблиці В.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20-30	28	35	27	31,9	24,6	68,4	52,8	0,77
20-58	9	1	1	0,9	0,9	6	6	1
21-07	24	19	16	17,3	14,6	43,3	36,5	1,8
21-31	66	6	8	5,5	7,3	5	6,6	1,3
22-37	112	-	-	-	-	-	-	-
16.07.22								
0-29	40	19	17	17,3	15,5	26	23,3	0,89
1-11	8	-	-	-	-	-	-	-
1-19	67	70	63	64	57,5	57,3	51,5	0,89
2-26	55	4	3	3,65	2,7	4	2,9	0,73
3-21	21	21	21	19,2	19,2	54,9	54,9	1
3-42	24	10	10	9,1	9,1	47,8	47,8	1
4-06	33	3	6	2,7	5,5	4,9	10	2
4-39	40	23	23	21	21	31,5	31,5	1
5-21	39	3	5	2,7	4,56	4,2	7	1,67
10-00	42	61	29	55,6	26,5	79,4	37,9	0,48
10-42	15	2	2	1,8	1,8	7,2	7,2	1
10-57	37	26	30	23,7	27,4	38,4	44,4	1,15
11-34	36	1	4	0,9	3,65	1,52	6	4
12-10	20	12	13	10,9	11,9	32,7	35,7	1,1
12-30	64	1	-	0,9	-	0,85	-	-
13-34	34	39	35	35,6	31,9	62,8	56,3	0,9
14-08	15	1	2	0,9	1,8	3,65	7,2	2
14-23	19	19	19	17,3	17,3	54,6	54,6	1
14-42	100	2	4	1,8	3,65	1,08	2,2	2
16-22	41	16	17	14,6	15,5	21,4	22,7	1,05
17-03	35	36	34	32,8	31	56,2	53,1	0,94
17-38	17	4	4	3,65	3,65	12,9	12,9	1
17-55	43	39	38	35,6	34,7	49,7	48,4	0,97
18-38	15	3	2	2,74	1,8	10,96	7,2	0,66
18-53	22	19	19	17,3	17,3	47,2	47,2	1
19-15	16	7	-	6,4	-	24	-	-
19-31	72	10	-	9,12	-	7,6	-	-
20-43	13	10	-	9,12	-	42	-	-
20-56	16	3	-	2,74	-	10,3	-	-
21-12	29	25	-	22,8	-	47,1	-	-
21-41	149	31	-	28,3	-	11,4	-	-

Продовження таблиці В.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17.07.22								
1-10	10	9	-	8,2	-	49,2	-	-
1-20	11	3	-	2,74	-	14,9	-	-
1-31	10	8	-	7,3	-	43,8	-	-
1-41	43	8	-	7,3	-	10,2	-	-
2-24	35	28	-	25,3	-	43,4	-	-
2-59	26	6	-	5,5	-	12,7	-	-
3-25	31	34	-	31	-	60	-	-
3-56	44	10	-	9,12	-	12,4	-	-
4-40	20	25	-	22,8	-	68,4	-	-
5-00	19	14	-	12,2	-	38,5	-	-
5-19	251	38	-	34,7	-	8,3	-	-
9-30	30	10	11	9,12	10	18,24	20	1,09
10-00	22	12	13	10,9	11,9	29,7	32,5	1,09
10-22	11	10	9	9,12	8,2	49,7	44,1	0,8
10-33	22	6	8	5,5	7,3	15	19,9	1,3
10-55	34	40	35	36,5	31,9	64,4	56,3	0,87
11-29	13	5	5	4,6	4,6	21,2	21,2	1
11-42	6	6	5	5,5	4,6	55	46	0,83
13-05	28	27	23	24,6	21	52,7	45	0,85
13-33	36	21	19	19,1	17,3	31,8	28,8	0,89
14-09	16	4	3	3,6	2,7	13,5	10,1	0,7
14-25	17	9	9	8,2	8,2	28,9	28,9	1
14-42	15	16	15	14,6	13,7	58,4	54,8	0,94
14-57	16	8	8	7,3	7,3	27,4	27,4	1
15-13	88	9	11	8,2	10	5,6	6,8	1,2
16-41	6	6	4	5,5	3,6	55	36	0,65
16-47	23	2	3	1,8	2,7	4,7	7	1,5
17-10	32	25	23	22	21	41,2	39,4	0,96
17-42	8	11	9	10	8,2	7,5	61,5	0,82
17-50	7	1	1	0,9	0,9	7,7	7,7	1
17-57	11	13	11	11,9	10	65	54,5	0,94
18-08	16	3	2	2,7	1,8	10,1	6,75	0,67
18-24	19	19	18	17,3	16,4	54,6	51,8	0,95
18-43	81	13	16	13,7	14,6	10	10,8	1,08
20-04	18	13	13	11,9	11,9	39,7	39,7	1
20-22	34	42	48	38,3	43,8	67,6	77,3	1,1

Продовження таблиці В.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20-56	21	14	15	12,8	13,7	36,6	39,1	1,07
21-15	14	1	1	0,9	0,9	3,9	3,9	1
21-29	21	25	21	22,8	19,2	65,1	54,9	0,84
21-50	18	0	0	0	0	0	0	0
22-08	180	3	1	2,7	0,9	0,9	0,3	0,33
18.07.22								
1-28	43	35	29	31,9	26,4	44,5	36,8	0,83
2-11	21	1	1	0,9	0,9	2,6	2,6	1
2-32	41	36	31	32,8	28,3	48	41,4	0,86
3-13	10	0	0	0	0	0	0	0
3-23	43	45	41	41	37,4	57,5	52,2	0,9
4-06	32	4	4	3,6	3,6	6,75	6,75	1
4-38	43	45	32	41	29,2	57,5	40,7	0,71
5-21	7	0	0	0	0	0	0	0
5-28	10	5	4	4,6	3,65	27,6	21,9	0,8
5-38	156	11	16	10	14,6	3,8	5,6	1,5
8-14	9	7	8	6,4	7,3	45,7	48,7	1,1
8-23	24	1	3	0,9	2,7	2,3	6,75	2,9
8-47	19	12	11	10,9	10	31,4	31,6	0,91
9-06	37	10	10	9,12	14,8	14,8	14,8	1
9-43	36	24	22	21,9	20	36,5	33,3	0,9

Таблиця В.7 - Електричні навантаження 7 заїзду суміщеної ДПП шахти № 11,
горизонт 975 м

Дата, час початку	Тривалість	Число міток лічильника електроенергії		Електроенергія		Потужність		tgφ
		акт.	реакт.	акт.	реакт.	акт.	реакт.	
ГОДИНИ- ХВИЛ.	ХВИЛИНИ	ОДИНИЦЬ		кВт·год.	кВАр·год.	кВт	кВАр	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
18.09.22								
10-12	29	24	12	10,9	5,9	22,6	12,2	0,54
10-41	16	3	0	1,4	0	5,25	0	0
10-57	55	84	46	38,3	21	41,8	22,9	0,55
12-52	23	4	1	1,8	0,45	4,7	1,2	0,25
13-15	6	7	6	3,2	2,7	32	27	0,85
13-21	27	6	1	2,3	0,46	5,1	1	0,2
13-48	43	31	21	14,1	9,6	19,7	13,4	0,7
14-31	29	37	22	16,9	10	35	20,7	0,6
15-00	57	37	22	16,9	10	15,1	8,95	0,6
16-07	123	132	79	60,2	36	29,4	17,6	0,59
18-10	71	46	25	21	11,6	17,7	10	0,6
19-21	173	166	93	75,7	42,4	26,3	14,7	0,6
22-14	111	63	38	28,7	17,3	15,5	9,4	0,6
19.09.22								
0-05	64	62	41	28,3	18,7	26,5	17,5	0,66
1-02	66	39	20	17,8	9,12	16,2	8,3	0,51
2-15	176	152	85	69,3	38,8	23,2	13	0,57
5-14	32	12	7	5,5	3,2	10,3	6	0,58
5-46	96	95	53	43,3	24,2	27	15	0,56
7-22	89	34	17	15,5	7,8	10,4	5,3	0,5
8-51	9	8	5	3,6	2,3	24	15,3	0,64
10-00	31	20	13	9,1	5,9	17,7	11,4	0,6
10-31	202	171	94	78	43	23	12,7	0,55
13-53	85	83	47	37,8	21,4	26,7	15	0,56
15-18	123	68	42	31	19,2	15	9,4	0,6
17-21	84	101	63	46,1	28,7	37	20,5	0,55
18-45	139	137	82	62,5	37,4	27	16,1	0,6
21-04	77	80	47	36,5	21,4	28,4	16,7	0,58
22-21	103	51	29	23,3	13,2	13,6	7,7	0,56

Продовження таблиці В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20.09.22								
0-04	25	24	16	10,9	7,3	26,2	17,5	0,6
0-29	18	7	3	3,2	1,4	10,7	4,7	0,4
0-47	27	32	20	14,6	9,12	32,4	20,3	0,6
1-14	20	10	5	4,6	2,3	13,7	6,9	0,5
1-34	77	83	61	37,8	27,8	29,5	21,5	0,7
2-51	40	34	22	15,5	10	23,4	15	0,6
3-31	20	30	23	13,7	10,5	41,1	31,5	0,7
3-51	38	38	32	17,3	14,6	27,3	23	0,8
4-29	38	16	10	7,3	4,6	11,5	7,2	0,6
5-07	53	52	28	23,7	12,8	26,8	14,5	0,5
6-00	41	31	21	14,1	9,6	20,6	14	0,68
6-41	54	59	38	26,9	17,3	29,9	19,2	0,6
7-35	115	64	39	29,2	17,8	15,2	9,3	0,6
10-15	60	63	36	28,7	16,4	28,7	16,4	0,6
11-15	61	58	33	26,4	15,5	26	15,2	0,6
12-16	31	2	1	0,9	0,6	1,7	1,2	0,7
12-47	21	23	15	10,5	6,8	30	19,4	0,6
13-08	224	124	80	56,5	36,5	15,1	9,8	0,5
16-52	35	4	3	1,8	1,4	3	2,4	0,8
17-27	119	72	24	32,8	11	16,5	5,5	0,3
19-26	58	62	38	28,3	17,3	29,3	17,9	0,6
20-24	58	38	28	17,3	12,8	17,9	13,2	0,7
21-22	47	38	27	17,3	12,3	22	15,7	0,7
22-09	101	35	24	16	10,9	9,5	6,5	0,7
23-50	44	26	18	11,9	8,2	16,2	11,2	0,7
21.09.22								
0-34	110	45	26	20,5	11,9	11,2	6,5	0,6
2-24	22	20	15	9,1	6,8	24,8	18,6	0,7
2-46	95	32	18	14,6	8,2	9,2	5,2	0,6
4-21	55	44	31	20,1	14,1	21,9	15,6	0,7
5-16	28	13	10	5,9	4,6	12,6	9,9	0,8
5-44	196	39	18	17,8	8,2	5,4	2,5	0,5
9-00	90	83	49	37,8	22,3	26,2	14,09	0,6
22.09.22								
10-00	120	85	56	38,8	25,5	19,4	12,8	0,65
12-00	161	122	74	55,6	33,7	20,7	12,7	0,6

Продовження таблиці В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14-41	160	39	24	17,8	10,9	6,7	4,1	0,6
16-21	16	10	6	4,6	2,7	17,1	10,1	0,59
16-37	123	92	70	41,9	32,8	20,4	16	0,7
16-40	200	185	60	80,4	36,5	25,3	10,9	0,43
22-00	88	32	19	14,6	8,7	9,9	5,9	0,59
23-26	27	31	15	9,6	6,8	21,3	15,2	0,7
23-55	25	44	28	20,1	12,8	48,2	30,6	0,9
23.09.22								
0-20	160	134	81	61,1	36,9	22,9	13,8	0,6
3-00	96	100	61	45,6	27,8	28,5	17,4	1,6
4-36	47	55	29	25,1	13,2	32,1	16,2	0,5
5-23	41	21	11	9,6	5	14	7,3	0,5
6,04	24	28	15	12,8	6,8	32	17	0,5
6-28	38	37	25	16,8	11,4	26,5	18	0,6
7-06	24	12	7	5,5	3,2	13,8	8	0,6
10-00	56	28	17	12,8	7,8	13,7	8,4	0,6
10-56	29	24	16	16,9	7,3	22,6	15,1	0,7
11-25	146	82	56	37,4	25,5	15,4	10,5	0,7
13-51	61	45	27	10,5	12,3	20,2	12	0,6
14-52	117	52	31	23,7	14,1	12,2	7,2	0,6
16-49	68	80	61	36,5	27,8	32,2	24,5	0,8
17-57	35	25	16	11,4	7,3	19,5	12,5	0,6
18-32	92	113	69	51,5	31,5	33,6	20,5	0,6
20-14	106	105	70	47,9	31,9	27,1	18	0,7
22-00	105	41	25	18,7	11,4	10,7	6,5	0,6
23-45	32	58	49	36,9	22	69,2	41,8	0,6
24.09.22								
1-07	40	23	15	10,5	6,8	15,7	10,2	0,6
1-47	44	46	27	21	12,3	28,6	16,8	0,6
2-31	26	8	5	3,6	2,3	8,3	5,3	0,6
2-51	55	49	31	22,3	14,1	24,3	15,4	0,6
3-52	26	34	19	15,5	8,7	36,8	20	0,6
4-18	42	40	24	18,2	10,9	26	15,5	0,6
5-00	38	40	25	18,2	11,4	28,7	18	0,6
5-38	77	87	52	39,7	23,7	31	18,5	0,6
6-55	35	40	24	18,2	10,9	31,2	18,7	0,6
10-30	57	9	5	4,1	2,3	4,3	2,4	0,6

Продовження таблиці В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-27	43	44	26	21	11,9	28	16,6	0,6
12-10	20	3	2	1,4	1	4,2	3	0,7
12-30	41	42	24	19,2	11	28,1	16,1	0,6
13-11	77	33	28	15	12,8	11,7	10	0,9
14-28	120	19	9	8,7	4,1	4,3	2	0,5
16-28	30	28	16	12,8	7,3	25,6	14,6	0,6
16-58	31	16	11	8,2	5	15,9	9,7	0,6
17-29	25	10	5	4,6	2,3	11	5,5	0,5
17-54	74	70	45	32	20,5	25,9	16,6	0,6
19-08	21	5	3	2,3	1,4	6,6	3,4	0,6
19-29	18	20	15	9,1	6,8	30,3	22,7	0,7
19-47	37	24	17	10,9	6,4	17,7	10,4	0,6
20-24	27	11	7	5	3,2	11,1	7,1	0,6
20-51	50	40	25	18,2	11,4	21,8	13,7	0,6
21-42	25	15	8	6,8	3,6	16,3	8,6	0,5
22-06	116	21	10	9,6	4,6	5	3,4	0,5
25.09.22								
0-02	29	26	14	11,9	6,4	24,6	13,2	0,5
0-31	12	3	2	1,4	1	7	5	0,7
0-43	26	26	14	11,9	6,4	27,5	14,8	0,5
1-09	25	7	5	3,2	2,3	7,7	5,5	0,7
1-34	23	27	13	12,3	5,9	32,1	14,4	0,5
1-57	25	6	4	2,7	1,8	6,2	4,2	0,7
2-23	9	8	7	3,6	3,2	24	21,2	0,9
2-32	38	19	10	8,7	4,6	14,1	7,3	0,5
3-10	24	19	11	8,7	5	21,7	12,5	0,6
3-34	35	21	12	9,6	5,5	16,5	9,4	0,6
4-09	92	34	17	15,5	7,8	10,1	5,1	0,5
5-41	15	13	9	5,9	4,1	23,6	16,4	0,7
5-56	12	2	1	1	0,5	5	2,5	0,5
6-08	59	50	30	22,8	13,7	23,2	13,9	0,6
7-07	24	16	13	7,3	5,9	18,2	14,7	0,8
7-31	89	35	41	16	18,7	10,8	12,6	1,2
10-00	102	98	65	44,7	29,6	26,3	17,4	0,7
11-42	175	75	42	32	19,2	11	6,6	0,6
14-37	33	26	16	11,9	7,3	21,6	13,3	0,6
15-10	72	27	15	12,3	6,8	10,2	5,7	0,6

Продовження таблиці В.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16-22	63	80	54	36,5	24,6	34,8	23,4	0,7
17-25	60	70	56	31,9	25,5	31,9	25,5	0,8
18-25	14	6	4	2,7	1,8	11,6	7,7	0,7
18-39	54	59	50	26,9	22,8	29,9	25,3	0,8
19-33	35	18	33	8,2	5,9	14,6	10,1	0,7
20-08	76	88	64	40,1	29,2	31,7	23,1	0,7
21-24	54	54	33	24,6	15	27,3	16,7	0,6
22-18	124	45	24	20,5	10,9	9,9	5,3	0,5
26.09.22								
0-22	39	37	24	16,9	10,9	26	16,8	0,6
1-01	60	50	31	22,8	14,1	22,8	14,1	0,6
2-01	46	34	19	15,5	8,7	20,2	11,3	0,6
2-39	83	51	44	23,6	20	17,1	14,5	0,8
2-47	52	44	20,5	20	23,7	23,7	23,1	1
5-02	66	31	18	14,1	8,2	12,8	7,5	0,6
6-08	18	14	10	6,4	4,6	21,3	15,3	0,7
6-26	123	85	52	38,8	26,9	18,9	13,1	0,7
8-29	61	13	6	5,9	2,7	5,8	2,6	0,5

Таблиця В.8 - Електричні навантаження 10 заїзду суміщеної ДПП шахти № 11,
горизонт 975 м

Дата, час початку	Тривалість	Число міток лічильника електроенергії		Електроенергія		Потужність		tgφ
		акт.	реакт.	акт.	реакт.	акт.	реакт.	
ГОДИНИ- ХВИЛ.	ХВИЛИНИ	ОДИНИЦЬ		кВт·год.	кВАр·год.	кВт	кВАр	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
18.09.22								
10-12	33	7	16	3,2	7,3	5,8	13,3	2,3
10-45	17	18	22	8,2	10	29	35,3	1,2
11-02	6	1	1	0,56	0,46	4,56	4,56	1
11-08	42	55	59	25	26,9	35,7	38,4	1,07
11-50	12	2	3	0,9	1,4	4,5	7	1,5
12-02	38	42	49	19,2	22,3	30,3	25,2	1,1
12-40	45	30	26	13,7	11,9	18,3	15,9	0,9
13-25	211	0	1	0	0,45	0	0,12	0
16-56	8	9	9	4,1	4,1	30,8	30,8	1
17-04	19	7	6	3,2	2,7	10,1	8,5	0,8
18-17	49	24	37	11	10,9	13,5	20,7	1,5
19-26	28	0	2	0	0,9	0	1,9	0
19-54	30	14	33	6,4	15	12,8	30	2,3
20-24	54	2	1	0,9	0,46	1	0,5	0,5
21-18	12	13	12	5,9	5,5	29,5	27,5	0,9
21-30	49	17	16	7,8	7,3	9,5	8,9	0,9
22-19	87	0	0	0	0	0	0	0
23-46	12	13	11	5,9	5	29,5	25	0,84
23-58	12	0	0	0	0	0	0	0
19.09.22								
0-10	34	34	27	15,5	12,3	27,3	21,7	0,8
0-44	35	1	0	0,46	0	0,7	0	0
1-19	46	29	26	13,2	11,9	17,2	15,5	0,9
2-03	26	0	0	0	0	0	0	0
2-29	23	19	19	8,7	8,7	22,7	22,7	1
2-52	25	10	6	4,56	3,6	10,5	8,3	0,7
3-18	19	19	17	8,7	7,8	27,5	26,4	0,9
3-37	47	10	10	4,56	4,56	5,8	5,18	1
4-24	35	28	31	21,3	14,1	21	24,1	1,1

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-59	241	0	0	0	0	0	0	0
10-00	23	2	2	0,9	0,9	2,4	2,4	1
10-23	23	18	24	8,2	10,9	21,4	28,4	1,3
10-46	11	9	9	4,1	4,1	22,4	22,4	1
10-57	17	15	15	6,8	6,8	24	24	1
11-14	16	1	2	0,5	0,9	1,7	3,4	2
11-30	92	59	79	25,9	36	17,5	23,6	1,3
13-02	28	1	1	0,5	0,5	0,98	0,98	1
13-30	32	8	20	3,6	9,1	6,8	17	2,5
14-02	58	0	2	0	0,5	0	0,4	0
15-00	106	2	2	0,9	0,9	0,5	0,5	1
16-46	19	15	16	6,8	7,3	21,6	23	1,1
17-05	32	0	0	0	0	0	0	0
17-37	14	15	15	6,8	6,8	29,1	29,1	1
17-51	34	18	18	8,2	8,2	14,5	14,5	1
18-25	41	25	23	11,4	10,4	16,7	15,2	0,9
19-06	20	0	1	0,5	0	1,4	0	0
19-26	28	13	15	5,9	6,8	12,6	14,6	1,2
19-54	26	14	15	6,4	6,8	14,8	15,7	1,1
20-20	19	3	3	1,4	1,4	4,4	4,4	1
20-26	45	30	29	11,7	13,2	18,3	17,6	0,9
20-39	47	27	26	12,3	11,8	15,7	16,4	1,1
22-11	92	4	1	1,8	0,5	1,2	0,3	0,2
23-43	28	17	17	7,8	7,8	16,7	16,7	1
20.09.22								
0-11	30	2	2	0,9	0,9	1,8	1,8	1
0-41	49	30	34	13,7	15,5	16,8	18,9	1,1
1-30	74	5	4	3,2	1,8	1,8	1,5	0,8
2-44	34	25	25	11,4	11,4	20,1	20,1	1
3-18	62	1	0	0,5	0,5	0,4	0	0
4-20	73	54	59	24,6	26,9	20,2	22,1	1,1
5-33	116	0	0	0	0	0	0	0
7-29	43	34	31	15,5	14,1	23,6	24,9	1,2
8-12	26	3	1	1,4	0,5	3,2	1,05	0,3
8-38	58	25	25	11,4	11,4	11,8	11,8	1
10-15	47	1	3	0,5	1,4	0,6	1,7	0,9
11-02	27	19	17	8,7	7,8	19,3	17,3	0,9

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-29	16	6	5	2,7	2,3	10,1	8,6	0,8
11-45	97	4	6	1,8	2,7	1,1	1,6	1,5
13-22	29	22	20	10	9,1	20,6	18,8	0,9
13-51	237	28	12	12,8	5,5	3,2	1,4	0,4
17-48	48	31	31	14,1	14,1	17,6	17,6	1
18-36	124	30	15	13,7	6,8	6,6	3,2	0,5
20-42	72	12	5	5,5	2,3	4,6	1,9	0,4
21-54	110	0	0	0	0	0	0	0
23-44	169	9	3	4,1	1,4	1,4	0,5	0,3
21.09.22								
2-33	110	1	1	0,5	0,5	0,2	0,2	1
4-23	302	0	0	0	0	0	0	0
9-25	65	1	0	0,5	0	0,4	0	0
22.09.22								
10-15	78	40	38	18,2	17,3	14	13,3	0,9
11-38	57	1	0	0,5	0	0,5	0	0
12-30	42	25	30	11,9	13,7	17	19,6	1,1
13-12	218	9	10	4,1	4,6	1,1	1,3	1,2
16-50	164	3	2	1,4	0,9	0,5	0,3	0,6
19-34	28	18	23	8,2	10,5	17,5	22,5	1,3
20-02	58	8	10	3,6	4,6	3,7	4,7	1,3
21-00	17	10	16	4,6	7,3	16,2	25,7	1,6
21-17	174	6	1	2,7	0,5	0,9	0,1	0,1
23.09.22								
0-11	24	18	22	8,2	10	20,5	25	1,2
0-35	23	1	0	0,5	0	1,3	0	0
0-58	242	133	153	60,6	69,8	15	17,3	1,2
5-00	56	14	14	6,4	6,4	7	7	1
5-56	95	0	0	0	0	0	0	0
10-00	21	0	0	0	0	0	0	0
10-21	16	20	24	9,1	10,9	34,1	40,9	1,2
10-37	23	0	0	0	0	0	0	0
11-00	16	14	17	6,4	7,8	24	29	1,2
11-16	42	5	6	2,3	2,7	3,2	3,8	1,2
11-58	34	22	29	10	13,2	17,6	17,6	1,3
12-32	28	0	0	0	0	0	0	0
13-00	106	50	77	22,8	35,1	12,9	19,9	1,5

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14-46	81	3	3	1,4	1,4	1	1	1
16-07	18	12	14	5,5	6,4	18,3	21,3	1,1
16-25	43	10	11	4,6	5	6,4	7	1,1
17-08	28	18	23	8,2	10,5	18,2	22,5	1,2
17-36	28	4	4	1,8	1,8	3,8	3,8	1
18-04	52	38	39	17,3	17,8	19,9	20,5	1,2
18-56	23	0	0	0	0	0	0	0
19-19	16	11	12	5	5,5	18,7	20,6	1,1
19-35	24	0	0	0	0	0	0	0
19-59	14	12	12	5,5	5,5	23,5	23,5	1
20-13	33	1	0	0,5	0	0,9	0	0
20-46	63	32	45	14,6	20,5	13,9	19,5	1,3
21-49	124	5	3	2,3	1,4	1,1	0,7	0,6
23-53	51	49	56	23,3	25,5	26,2	30	1,1
24.09.22								
1-44	134	9	11	4,1	5	1,8	2,2	1,2
3-58	29	17	22	7,8	10	16,1	20,6	1,3
4-27	40	11	14	5	6,4	7,5	9,6	1,3
5-07	14	14	20	6,4	9,1	27,4	39	1,4
5-20	52	23	27	10,5	12,3	12,1	14,2	1,2
6-22	78	5	9	2,3	4,1	1,7	3,1	1,8
10-30	52	28	32	12,8	14,6	14,8	16,8	1,1
11-22	15	1	1	0,5	0,5	2	2	1
11-37	17	16	17	7,3	7,8	25,7	27,5	1,1
11-54	13	0	1	0	0,5	0	2,3	0
12-07	29	19	21	8,7	9,6	18	20	1,1
12-36	19	1	0	0,5	0	1,6	0	0
13-17	7	6	8	2,7	3,6	23,1	30,8	1,3
13-24	80	4	5	1,8	2,3	1,3	1,7	1,3
14-44	45	0	0	0	0	0	0	0
16-29	43	6	9	2,7	4,1	3,7	5,7	1,5
17-12	117	55	64	25,1	29,2	12,8	14,9	1,2
19-19	50	8	9	3,6	4,1	4,3	5	1,1
20-09	118	72	88	32,8	40,1	16,6	20,3	1,2
22-07	123	1	0	0,5	0	0,2	0	0
25.09.22								
0-10	83	42	47	19,2	21,4	13,9	13,4	1,1

Продовження таблиці В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-33	49	2	4	0,9	1,8	1,1	2,2	2
2-22	64	46	53	21	24,2	19,7	22,7	1,2
3-26	108	23	25	10,5	11,4	5,8	6,3	1,1
5-14	41	23	24	10,5	10,9	15,4	15,9	1,1
5-55	36	1	0	0,5	0	0,8	0	0
6-31	56	29	35	13,2	16	14,1	17,1	1,2
7-27	93	8	9	3,6	4,1	2,3	2,6	1,1
10-00	52	19	21	8,7	9,6	10	11,8	1,2
10-52	64	0	0	0	0	0	0	0
11-56	74	33	43	15	19,6	12,2	15,9	1,3
13-10	77	17	22	7,8	10	6,1	7,8	1,3
14-37	131	0	0	0	0	0	0	0
16-48	36	5	6	2,3	2,7	3,8	4,5	1,2
17-24	51	29	41	13,2	18,7	15,5	22	1,4
18-15	26	1	1	0,5	0,5	1,2	1,2	1
18-41	21	7	10	3,2	4,6	9,1	13,1	1,4
19-02	20	1	1	0,5	0,5	1,5	1,5	1
19-22	31	13	17	5,9	7,8	11,4	21	1,3
19-53	64	0	0	0	0	0	0	0
20-57	104	45	61	20,5	27,8	11,8	16	1,4
22-41	121	1	0	0,5	0	0,2	0	0
26.09.22								
0-42	127	51	86	23,3	39,2	7,7	18,5	1,7
2-49	77	17	34	7,8	15,5	6,1	12,1	1,9
4-06	116	53	-	24,2	-	12,5	-	-
6-02	33	0	-	0	-	0	-	-
6-35	39	30	-	13,7	-	21,1	-	-
7-14	28	0	-	0	-	0	-	-
7-42	55	30	-	13,7	-	14,9	-	-
8-37	53	0	-	0	-	0	-	-

ДОДАТОК Г

**Огляд наукових досліджень з метою оцінювання перспективних
спрямувань щодо підвищення електроенергоефективності в видобутку
залізної руди структурах існуючих технологій її видобутку підземним
способом**

Тема енергоефективності різних галузей промислових підприємств, а гірничовидобувних зокрема, живуча й вічна. Більше того, з впливом часу вона – ця тема, стає ще більш затребуваною, хоча вимоги до рівнів кінцевих рішень корегуються у відповідності до зміни реалій як сьогоденних потреб, так і технічних можливостей з реалізації тих чи інших варіантів досягнення енергоефективності. Це природний факт. Та все ж, з позицій сьогодення зазначимо потенціал для підвищення електроенергоефективності функціонування електроенергетичних комплексів гірничих підприємств існує і ще далеко від своєї вичерпаності. Вона (база) закладена вченими, котрі в різні роки своєї діяльності вбачали необхідність і вирішували в їх баченні проблеми енергоефективності гірничих підприємств і вели пошуки шляхів досягнення цієї мети.

Заглиблюючись, із певним рівнем коректності, в історіографію робіт із зазначеної тематики та обмежуючись вимогами до обсягів з викладення матеріалу цих пошуків, зазначимо наступне.

Характеризуючи рамочно в превентивному форматі історію архівних досліджень в сфері електрики-електрифікації гірничовидобувних підприємств треба зазначити, що ця історія тісно переплетена з загальною історією розвитку цього наукового спрямування в масштабах промисловості взагалі та гірничої зокрема [44-56].

Тема споріднення та узагальнення формату досліджень: промисловість-гірничовидобувна галузь, як показує аналіз, підсвітила певні перспективи в варіанти кінцевих рішень. Проте, ряд, на перший погляд, аутентичних моментів в аналізуємій електроенергетичній сфері загальнопромислових та гірничих підприємств, на практиці такими не є.

Базуючись на цьому ствердженні вирішення проблем електрифікації гірничих підприємств перейшли з комплексу узагальнених спрямувань для промислових підприємств, в розряд самостійних наукових пошуків, з особливою

активізацією цього «проекту» починаючи з 20-х років минулого сторіччя. Проте, якщо говорити з позицій сучасних трактувань, та вбачань шляхів підходів до вирішення задач-проблем електроенергетики гірничих підприємств, то креатив цьому пошуку припадає на значно пізніші – послідує до цих років періоди.

Виходять у світ фундаментальні наукові праці ряду науковців – дослідників проблем електроенергетики саме гірничих підприємств. Так, в наукових працях [58-60] вперше піднімаються та аналізуються, як базові, енергетичні характеристики різноманіття типів та видів електромеханічного гірничого обладнання. Відтворюється вплив особливостей режимів їх роботи в технології процесу видобутку КК на рівні споживання ЕЕ.

Приймаючи енергетичні характеристики як багатомірні статистичні зв'язки, пропонується методика нормування та аналізу рівнів електроспоживання в шахтах із використанням математичної статистики і теорії ймовірностей. У подальших дослідженнях на основі дослідних даних були встановлені енергетичні залежності з наступною форматизацією для окремих груп механізмів. Але, як було доведено у подальшому, при практичному застосуванні цих методів, то отримані в результаті цих обчислень дані в порівнянні з фактичними показниками у ряду випадків перевищували допустимі рівні похибок у подібних варіантах розрахунків.

Та все ж, незважаючи на це, методика визначення енергетичних характеристик та аналізу електроспоживання, запропонована в вище наведених наукових працях, знайшла своє застосування при нормуванні витрат електроенергії у різних галузях промисловості, в т.ч. у гірничовидобувній.

Цікавістю і фундаментальністю робіт в розвитку спрямувань у сфері підвищення надійності електропостачання приймачів ЕЕ шахт слід відзначити дослідження [61]. В основу пропонуємої теорії тут була прийнята класифікація окремих споживачів за характером функціонування як у нормальному так і в аварійному режимах. Розроблена методика про резервування елементів систем

електропостачання (повітряних, кабельних ліній і трансформаторів) базувалась на використанні методів теорії ігор і статистичних рішень, що дозволяє приймати вибір найбільш ефективних, в економічному відношенні варіантів, шляхом імовірісно-статистичної оцінки допустимих наслідків.

Цікавий слід у розробці науково-методичних основ і дослідженню аспектів процесів в електроенергетиці гірничих підприємств, у різні роки прослідковується в працях [63-75].

В вищенаведених працях пропонувалось, хоча і в різних варіантах, та все ж, при виділенні факторів, що впливають на процес і рівні електроспоживання, формалізувати процеси споживання ЕЕ різних видів і типів промислових підприємств в ряд регульованих, частково регульованих й таких, що викликають дію випадкових факторів. При цьому фактори, в тому чи іншому ступені, котрі мають вплив на стан окремо взятого промислового суб'єкта, поєднуються у наступні п'ять груп: кліматичні, гірничо-геологічні, технологічні, організаційно-економічні та технічні. Визначене у результаті аналізу думок спеціалістів-експертів подібне коло факторів, що впливають на процес електроспоживання об'єкта, брався за основу при формуванні його математичної моделі. Проте врахувати всі системоутворюючі фактори при визначенні електроенергетичних параметрів електроспоживача пропонуємими методами для того чи іншого окремо взятого механізму як і для групи споріднених, неможливо, тому що майже кожен із них рідко лишається режимно постійним навіть протягом нетривалого часу, а окремі непередбачені фактори впливають на цей процес.

Оскільки суворої функціональної залежності між рівнем споживання ЕЕ і визначальними цей процес технологічними факторами не спостерігається, визначати закономірності, що складаються між ними, автори пропонують шляхом застосування математичного апарату теорії ймовірностей і математичної статистики.

Оцінюючи певний і безперечний позитив у такому підході, все ж зазначимо, що головним недоліком наведених вище робіт є те, що в них з ряду причин не враховувалися та не був оцінений діапазон можливих змін факторів, характерних і системоутворюючих по рівням впливу не процес споживання ЕЕ саме в умовах гірничих підприємств, з урахуванням закономірностей, котрі властиві власне процесу електроспоживання як окремих шахт, так і окремих складових технологічних процесів.

Обґрунтовуючи дослідження вищевідзначених науковців з підвищення енергоефективності видобутку різних видів корисних копалин і в різні історичні періоди, необхідно зазначити той факт, що в більшості своїй це був пошук, котрий проводився для умов, або загальнопромислових підприємств, або вугільних шахт, що було більш наближене до мети даного дослідження. Але і така системоутворююча для електроенергетики шахт відмінність технологій ведення гірничих робіт у вугільних і залізрудних шахтах не дозволяє перенести результати досліджень, навіть у першому наближенні з «вугілля» на «руду».

Все це диктує різницю у формуванні, а головне виконання вимог як до структур систем електропостачання, так і до режимів експлуатації технологічного обладнання, що є визначальним і, водночас, основним фактором у різниці формування підходу до вирішення проблеми підвищення ефективності використання електричної енергії відповідно до умов тих чи інших видів підземних гірничих підприємств.

Відносно наукових досягнень у сфері електроенергетики залізрудних шахт, з урахуванням специфіки їх функціонування та її впливу на розбудову заходів із підвищення ефективності комплектів: електропостачання – електроспоживання, то тут є свої позитивні досягнення.

Найбільш значні роботи, згідно отриманих результатів з оптимізації систем електропостачання залізрудних шахт України, спостерігались у період 70-х років минулого сторіччя. У ці часи вчені і спеціалісти в аналізуємій сфері

досліджень виконали комплекс науково-дослідницьких робіт з питань дослідження електричних навантажень залізорудних шахт, визначення раціональних рівнів напруги живлення споживачів ЕЕ і місць раціонального розташування підземних підстанцій [76-84].

За своєю суттю це було початком цілеспрямованого наукового підходу до проблеми підвищення електроенергоєфективності саме залізорудних підприємств в роботах [77, 78] було запропоновано метод вибору потужності трансформаторів дільничних підземних підстанцій залізорудних шахт здійснювати за рівнем витраченої споживачами електроенергії за робочу зміну, згідно пропорційній продуктивності технологічного блока з видобутку залізної руди. В [82] було запропоновано ввести у формат формули для розрахунку електричних навантажень замість номінальних параметрів електричних двигунів електроприводів – споживачів ЕЕ питомі витрати електроенергії, що в принципі дещо поліпшило методологію визначення очікуємих рівнів споживання електричної енергії. В роботі [79] на основі проведених багатоузагальних експериментальних досліджень в умовах залізорудних шахт Криворізького залізорудного басейну запропонував для визначення потужності трансформаторів відповідних підстанцій підприємств формули, засновані на лінійній залежності останньої величини від середньої потужності на шинах підстанції, що визначається за сумарними витратами електроенергії за зміну. Проте в цьому випадку необхідно для розрахунку знати питомі витрати електроенергії при різних системах розробки і різних умов роботи електропідстанцій, а ці втрати в реаліях роботи підприємств змінні і рівень їх змін не прогнозований.

Базуючись на результатах вищезгаданого дослідження, в подальшому було запропоновано метод визначення потужності трансформаторів дільничних підстанцій залізорудних шахт з урахуванням залежності потужностей

електричних двигунів на прикладі електроприводів скреперних лебідок в функції продуктивності даного агрегату [78, 79].

Являють науковий інтерес і праці [81, 83], в яких висвітлені питання розробки методів удосконалення існуючих на той час систем електропостачання та визначення очікуваних електричних навантажень і місць розташування дільничних підземних підстанцій залізрудних шахт. Аналіз властивостей розподільчих мереж горизонтів шахт дозволив авторам виявити найбільш економічний тип схеми розподілу електроенергії і за допомогою моделі квадратичного програмування вирішити завдання про вибір оптимального варіанта схеми, а також кількість трансформаторів дільничних підземних підстанцій. Проте, у цих роботах був відсутній логічний на той момент фактор - урахування комплексного підходу до рішення. Шляхи вирішення розглядались без достатнього аналізу експериментальних досліджень процесів електроспоживання, зміни діапазонів режимів електричних навантажень, а, значить, і вибору найбільш раціональних потужностей трансформаторних підстанцій, що вносить певні погрішності при визначенні раціональних структур ефективних розбудов схем розподілу електричної енергії.

Свій позитив в вирішенні проблем електропостачання залізрудних шахт при проєктуванні цих систем постали в нових на той час варіантах рішень в ряді публікацій [85-87], котрі не втратили актуальності і сьогодні. Ідеї викладені в їх наукових доробках зводяться до тривіальної необхідності правильного визначення характеру і значень вимірювання електричних навантажень шахтних споживачів. У цих розробках на основі аналізу експлуатаційних якостей, а також зіставлення техніко-економічних показників розглядались шляхи раціоналізації основних ланок СЕП шахт.

Результати авторів-пошуковців вищезазначених досліджень створили фундамент із чималим рівнем позитиву для практичної реалізації отриманих результатів у практику роботи СЕП вітчизняних підземних залізрудних

виробництв з одночасним визначенням напрямків подальших пошуків у даному науковому спрямуванні, котрі трансформувались в епогей дослідження шляхів підвищення енергоефективності видобутку залізної руди підземним способом у період 70-80-х рр. минулого століття [88-90].

Саме в ці часи обсяги видобутку залізної руди гірничорудними підприємствами України і, перш за все в Криворізькому регіоні (котрий добував біля 80 % ЗР тієї держави), зросли до своїх найбільших значень за всю історію існування галузі.

Особливої уваги та поваги за отриманими результатами наукових пошуків заслуговують багаторічні та багаточисленні експериментального спрямування дослідження [91-93], де були викладені отримані унікальні статистичні матеріали по рівням навантажень споживачів ЕЕ залізрудних шахт Криворізького залізрудного басейну. Цікавим матеріалом цих досліджень було те, що в них розглядалось питання переведу споживачів ЕЕ даних видів підприємств на підвищені рівні напруги живлення. Більш того була створена експериментальна експериментальна дослідницька дільниця на діючій шахті в результаті чого були отримані реальні дані, котрі дали чергового позитиву до цього спрямування.

Як показали дослідження, в тому числі вищенаведеного пошуку, та практика застосування СЕП в умовах залізрудних шахт, важливим моментом у процесі підвищення ефективності систем електропостачання підземних горизонтів шахт є правильна оцінка електричних навантажень трансформаторів підстанцій, а, значить, і вибір одиничних потужностей силових трансформаторів необхідного та доцільного рівня.

У цьому спрямуванні заслуговує на увагу розроблений колективом Криворізького національного університету новий метод розрахунку очікуваних електричних навантажень трансформаторів підстанцій [94]. Чимало позитивного наукового матеріалу було отримано науковцями і в процесі подальшого пошуку [95-101]. Однак, головним результатом усіх цих досліджень було те, що процес

електропостачання - електроспоживання залізорудних виробництв був визначений як комплекс і був представлений в форматі багаторівневої і багатовекторної стохастичної системи зі складнооцінюваними прогнозними комунікаційними зв'язками.

Саме цей аспект впливу в сьогоденні, в існуючих не типових умовах, є ще в більшому значенні базовими системоутворюючими моментами в структурі стратегії і тактики досліджень при розробці методів і способів підвищення електроенергоефективності видобутку залізорудної сировини в умовах сучасних вітчизняних гірничорудних підприємств.

Аналізуючи, з певними рівнем коректності, наведені вище індивідуальні дослідження окремих пошукачів-науковців, було б некоректно з боку автора не відзначити вклад у вирішення проблеми, що аналізується, наукових колективів НДІ, ВНЗ та інших організацій України в минулому та сучасному часі і де були вирішені ряд складових процесу підвищення електроенергоефективності залізорудних підприємств. У переліку колективів, де виконувались такі дослідження, гідне місце займає НДІ «Механобрчормет», НДГРІ, ВДІБПГП, «Кривбаспроект» (всі – м. Кривий Ріг), «Гіпрошахт» (м. Дніпро), Дніпропетровський гірничий інститут (нині Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»), Донецький політехнічний, Криворізький гірничорудний інститут (нині Криворізький національний університет), «НТУ України Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського», а також ряд наукових закладів як ближнього, так, що особливо, дальшого зарубіжжя. Проте, як диктує логіка, проведення досліджень у «серці» залізорудної промисловості України – в Криворізькому залізорудному басейні, то тут слід відзначити, перш за все, роботи наукових колективів різних поколінь Криворізького гірничорудного інституту (нині Криворізького національного університету).

Вельми активно, до речі, як і завжди, і як, правило з новими ідеями, ведуться дослідження закордонних пошуковців у напрямку подальшого

поліпшення електроенергетичності промислових і їх складових по галузі – гірничо-металургійних підприємств. Основним лейтмотивом відомих закордонних досліджень у вищезгаданому напрямку, згідно публікацій за останнє десятиріччя, пошук варіантів та оцінювання їх технічних можливостей з підвищення енергоефективності комплексів: електропостачання – електроспоживання, шляхом зміни формату СЕП зі структури централізованого електропостачання – від генеруючих компаній, до варіанта з розосередженою генерацією електроенергії. При цьому, в свою чергу, акцент у пошуках робиться, як правило, на можливостях використання підприємствами генеруючих джерел на основі власних ТЕР.

В достатньо широкому колі робіт [107-145] розглядається питання керування споживанням ЕЕ різними промисловими об'єктами. З них частина [108, 109, 117, 136, 138] присвячена комплексному баченню рішення означеної задачі з аналізом переваг і недоліків тих чи інших шляхів її рішення з використанням науково-обґрунтованих методів.

За умовами постановки завдань для розв'язку задачі керування енергоспоживанням і методами їх вирішення серед іноземних пошуків можна виділити три основних напрямки. Перший, являє собою застосування традиційних методів. Другий – передбачає використання евристичних методів. Третій – методів, що базуються на принципах штучного інтелекту. При чому, усіх їх поєднує те, що керування відбувається на боці споживача, за межею балансової належності, тобто у власній енергосистемі підприємства.

Так, у [111] представлено багатокритеріальну оптимізаційну систему для керування споживанням електроенергії в «розумних» електричних мережах в години пік. Застосовані три критерії: мінімізація загальних енерговитрат, мінімізація викидів парникових газів та максимізація задоволеності споживачів. Система використовує метод багатокритеріального програмування.

У [116] розроблено систему керування споживанням електроенергії в електромережах зі змінним тарифом на ЕЕ. Вона визначає години роботи електроприладів шляхом оптимізації за критерієм мінімуму грошових витрат на покупку електроенергії. Автори порівнюють методи лінійного програмування і *simulated annealing*. У результаті розраховується оптимальна вартість електроенергії, час роботи приладів та співвідношення пікового навантаження до середнього. Визначено, що ефективнішим є метод лінійного програмування.

У [144] розроблено схему керування споживанням електроенергії на основі теорії ігор. Запропонована функція витрат, що включає величину рахунку за електроенергію, вартість генерації потужності та рівень дискомфорту споживачів. У запропонованій схемі керування рівновага Неша досягається з мінімальним обміном інформацією за допомогою алгоритму проксимальної декомпозиції. Результати моделювання продемонстрували зменшення співвідношення пікового споживання до середнього і загальних грошових витрат споживачів.

Значну кількість наукових пошуків присвячено застосуванню евристичних методів. У них задача керування енергоспоживанням є оптимізаційною з плануванням періоду роботи електроустаткування на часовому проміжку. При чому розв'язування задачі базується на алгоритмах, що імітують принципи притаманні живій природі.

У [132] представлено схему керування енергоспоживанням шляхом оптимізування графіку електричних навантажень. Як тестувальна система розглядається зарядка 50 електромобілів. Оптимізаційний критерій включає: зниження енергоспоживання шляхом перерозподілу навантаження і скорочення грошової вартості заряджання електромобілів. При оптимізації залучається генетичний алгоритм. Автори досягають зниження енерговитрат на 2 %.

Мінімізації співвідношення пікового споживання потужності до середнього і, відповідно, витрат на електроенергію в енергосистемах зі змінним

тарифом присвячено й пошук [134]. Автори розробили схему перепланування енергоспоживання, що базується на залученні генетичного алгоритму. Досягнуто зменшення грошових витрат кінцевих електроприймачів на придбання ЕЕ. Також схема передбачає класифікацію електрообладнання на те, що має плаваючий або стабільний графік роботи.

У [137] для керування енергоспоживання запропоновано використовувати цілочисельний генетичний алгоритм для оптимізації часу та терміну роботи електрообладнання протягом доби залежно від тарифу на електроенергію. Представлена схема показала зниження грошових витрат на придбання електроенергії за рахунок перенесення часу роботи електроприймачів з годин піку на інші періоди доби.

У [142] пропонується стратегія керування енергоспоживанням в «розумній» електромережі з розподіленою генерацією з високою долею виробництва електроенергії вітрогенераторами. Стратегія передбачає мінімізацію операційних витрат і викидів забруднювальних речовин, мінімізацію витрат, пов'язаних з обмеженнями споживання електроенергії, і мінімізації відхилення між вихідною потужністю вітротурбіни і енергоспоживанням. Автори використовують багатокритеріальний генетичний алгоритм, який, разом з тим, призводить до недомінуючих рішень у допустимій області пошуку. Тому додатково застосовується механізм прийняття рішень для знаходження оптимального розв'язку серед недомінуючих.

Науковий пошук [126] присвячено застосуванню методу рою часток для керування енергоспоживанням побутових електроприймачів, як-то смарт-прилади, електромобілі, пристрої опалення/кондиціонування та накопичувані енергії. Розглянуто основні варіації цього алгоритму. Найбільш ефективним для керування енергоспоживанням автори визначили бінарний і гібридний методи рою часток.

У статті [127] пропонується керувати енергоспоживанням побутових споживачів з залученням методу двовимірною рою частинок (2D-PSO). Схема керування надає можливість планувати роботу електроприладів таким чином, щоб загальні витрати на електроенергію були мінімальними, а також знижує енергоспоживання в години пік. Моделювання показало ефективність методу за обома оптимізаційними критеріями.

Керування енергоспоживанням в розподільчій електричній мережі присвячено пошук [133] на стороні електропостачальної компанії. Схема керування містить дві стадії. Спочатку керування виконується на основі розрахунку оптимального перетоку потужності, щоб забезпечити відповідність графіку електричних навантажень розподільчій мережі заздалегідь заданому графіку на 24 години наперед. Після цього використовується метою рою частинок для оптимізування електроспоживання на тих часових кроках горизонту планування, де потужності є близькою до максимальної.

Окрім, вищезначених загальноновизнаних евристичних методів, для керування енергоспоживанням застосовуються також і інші алгоритми, що імітують поведінку живої природи. Так, у [107] автори використовують алгоритм мурашиної колонії, у [135] алгоритм мурашиного лева, у [122] пошуковий алгоритм зозулі, у [141] оптимізаційний алгоритм полювання сірих вовків, у [129] пошуковий алгоритм симбіотичних організмів, у [120] гібридний генетично-повітряний оптимізаційний алгоритм, а у [128] пошуковий алгоритм китів.

Дослідження [119] присвячене порівнянню якості розв'язання оптимізаційної задачі керування енергоспоживанням за допомогою колонії тарганів, пошукового алгоритму горобців і бінарного алгоритму орієнтування. Окремо виділимо роботи, де запропоновані евристичні алгоритми, що не залучають принципи функціонування біологічних систем. Це наукові пошуки [123] і [117]. У першому розглядається мультиагентна система оптимізації, а у другому - двоетапний ітеративний алгоритм.

Останнім часом поширення набувають також і інші підходи до розв'язання задачі керування енергоспоживанням. Зокрема, ті, що застосовують нейронечіткий принцип при побудові систем, що керують.

У [110] і [145] штучні нейронні мережі використовують, як складову частину системи керування, котра залучається тільки для прогнозування енергоспоживання.

У статті [125] розроблена система керування енергоспоживанням в електромережі з розподіленою генерацією, що живить житлові будинки. Досліджувана система включає локальну сонячну електростанцію з накопичувачами енергії. Система керування складається з двох нейромережевих контролерів, один з яких планує роботу електроприймачів, інший – керує виробленням електроенергії. При чому робота цих контролерів координується в залежності від тарифу на електроенергію і погодних умов.

У [131] пропонується стратегія керування енергоспоживанням, заснована на перерозподілі часу роботи електроприймачів в години пік. Оптимальний графік включення/відключення споживачів визначається штучною нейронною мережею. Ефективність стратегії керування перевірена на прикладі автономної мікромережі у Східній Африці, що має генерацію від фотоелектричних панелей. Запропонований алгоритм зменшує споживання в години піку (на 31,2 %), згладжую графік електричних навантажень до бажаного рівня, і покращує співвідношення між піковим споживанням і середнім (на 7,5 %).

У [113], [121] і [139] розроблено нечітку систему керування енергоспоживанням побутових споживачів, зокрема, приладів для нагрівання/кондиціонування, котра окрім тарифу на електроенергію враховує показник комфортності користування.

У [130] автори розв'язують задачу поставлену ними у роботі [131], яку ми описали вище, заміною системи керування енергоспоживанням на базі штучної нейронної мережі, системою з нечітким регулятором. При плануванні роботи

електроприймачів автори враховують споживачів з низьким енергоспоживанням, які мають незначний вплив на пікові навантаження в системі. За допомогою алгоритму кластеризації K-середніх електроприймачі сортуються, а механізм керування забезпечує електропостачання за пріоритетністю. Результати показали досягнення близько 3,7 кВт зменшення енергоспоживання. При такій стратегії керування можна досягти майже рівномірного графіку електричних навантажень та значної економії електроенергії.

Продовжуючи вищевикладені результати огляду наукових пошуків в аналізуємому спрямуванні доцільно зазначити, а точніше відзначити ряд новітніх досліджень серед яких своїм позитивом вирізняються здобутки викладені в [146, 148, 149]. В цих роботах зроблено спробу реалізації варіанту комплексного рішення.

Підводячи коротке резюме саме до цього варіанту пошуку, зазначено, що саме такої тактики досліджень не достає для комплексного рішення проблеми енергоефективності в умовах вітчизняних підземних залізрудних підприємств.

Аналізуючи результати вищенаведених досліджень та аналізуючи вочевидь реальний стан процесу впровадження заходів з підвищення електроенергоефективності в технологічний процес функціонування гірничорудних підприємств з підземними способами видобутку ЗР в Україні, та оцінюючи висвітлені новітні варіанти проектів, зі значним рівнем позитивного потенціалу поки-що не реалізованих можливостей, в сучасному їх баченні, доцільним та логічним виглядає ствердження про присутність значного дефіциту їх застосування в практику роботи аналізуємих видів гірничих підприємств.

Це в черговий раз визначає як необхідність, так і, в значній мірі, досяжність можливостей вирішення, проблеми підвищення електроенергоефективності в межах існуючих технологій підземних способів видобутку залізної руди.

ДОДАТОК Д

**Превентивні стартовобазисні позиції до розбудови системи керування
режимами роботи споживачів з напругою живлення до 1000 В дільничних
підземних підстанцій**

Тактика цього формату змін полягає в заміні структури СЕП з варіанта централізованого електропостачання на синергетичний. У такому випадку внутрішньошахтний СЕП переформатизовується у структуру з розосередженою генерацією електричної енергії шляхом включення в неї автономних джерел генерації. Максимальний ефект від такого включення буде досягнутий у варіанті розбудови автономних джерел електричної енергії, котрі будуть функціонувати на відновлювальних і, що важливо, використовуючи існуючий на даних видах підприємств власний відповідний паливно-енергетичний потенціал.

Щодо електроенергетичних параметрів вищезазначених комплексів, то тут існують свої системоутворюючі «підпараметри», до яких належить, перш за все, вибір раціональних рівнів потужностей трансформаторів підстанцій, вибір рівнів напруги на всіх рівнях СЕП для живлення споживачів до і більше 1000 В, підвищення якості електричної енергії тощо.

Другою параметричною складовою цього спрямування є вибір рівнів напруги живлення приймачів електричної енергії. Якщо коротко охарактеризувати ефективність існуючих варіантів, то існуючі рівні напруги 6 кВ та 0,4 кВ не відповідають необхідним значенням, оскільки загальні довжини транспортування електричної енергії у внутрішньошахтних мережах сягають десятків кілометрів.

Як факт, втрати електричної енергії у внутрішньошахтних мережах 6 кВ сягають до 25%, а в мережах 0,4 кВ – до 35% []. Остання пов'язана з протяжністю ЛЕП як 6 кВ, так і 0,4 кВ, що є специфічною для залізрудних шахт України, і пов'язана ця специфіка з тим, що у зазначених вітчизняних підприємствах для відпрацювання підземних покладів залізної руди на глибинах більше 1000 м в умовах підвищеного гірничого тиску, вимушено ДПП розміщують на східних за напрямком польових штреках, котрі таким чином розташовуються на значних відстанях від ЦПП, а приймачі дільничних підстанцій – на відповідних відстанях від ДПП.

Вище зазначені драматичні показники для електроенергетики підприємств та їх економіки в цілому. Зміна існуючого формату рівнів напруги відповідно з 6 кВ на 10 кВ та з 0,4 кВ на 0,6 кВ дасть значний ефект у зменшенні втрат електричної енергії в СЕП і тим самим дозволить підвищити рівень якості електричної енергії.

У плані ефективності такого напрямку та його доцільність, свідчить досвід вугільних шахт і ряду інших промислових підприємств. Вагомим доказом цього по відношенню до залізрудних шахт, то тут є результати багаторічних наукових досліджень к.т.н., доцента В.Ф. Щотки і, що особливо, практика реалізації шляхом втілення у процес функціонування ряду видобувних ділянок конкретних шахт Криворізького залізрудного басейну. Особливий ефект у такому варіанті досягається у підземних діляничих електричних мережах з існуючою напругою 0,4 кВ.

Як показують все ті ж результати, тактика впровадження напруги 0,6 кВ замість 0,4 кВ дає можливість поряд зі зниженням втрат електричної енергії (на 20-30%) також забезпечити в цілому збільшення продуктивності на 40% за рахунок введення в експлуатацію нових гірничих машин із більшою одиничною потужністю; зниження на 30% капітальних витрат за рахунок скорочення кількості підстанцій; зниження в півтора рази витрат кольорових металів на магістральні й розподільчі кабелі. Оптимізація конфігурації електричних мереж дозволить збільшити економічний радіус дії діляничих підстанцій у 1,9 рази.

Як додатковий позитив цього спрямування, зазначимо, що економічність напруги 0,6 кВ визначається тим, що вартість трифазних електродвигунів 660/380 В практично однакова з вартістю електродвигунів 380/220 В. Якщо ж вартість окремих нових типів електродвигунів у зв'язку з поліпшенням ізоляції і показників надійності дещо збільшується, то це подорожчання можна не враховувати як незначне. Вартість трансформаторів зі вторинною напругою 0,4

і 0,69 кВ однакова. У порівнянні з напругою 380 В пропускна здатність мережі при напрузі 660 В зростає утричі, а втрати електроенергії зменшуються втричі при однаковій витраті кольорових металів і приблизно вдвічі, якщо переріз тонкопровідних жил, вибраний при напрузі 380 В, знизити на один-два ступеня. Поряд зі зменшенням втрат в електричних мережах до 1000 В, напруга 660 В має дві суттєві переваги:

а) верхня межа номінальної потужності трифазних електродвигунів 380 В може бути підвищена, в крайньому випадку, в $\sqrt{3}$ рази, тобто до 630 кВт, а в окремих випадках ще вище;

б) економічний радіус дій підстанцій збільшується майже вдвічі, в окремих випадках за рахунок невеликого збільшення довжини мережі живлення до 1000 В допустимо підвищити одиничну потужність трансформаторів, скоротити кількість підстанцій, ліній та апаратури напругою вище 1000 В, одночасно знижуються приблизно вдвічі витрати кольорових металів.

При техніко-економічних розрахунках часто обмежуються порівнянням електроустановок напругою до 1000 В, не змінюючи технічні рішення по підприємству в цілому. При цьому ефективність від застосування напруги 660 В виявляється заниженою.

У багатьох випадках достатньо обмежитися порівнянням техніко-економічних показників для основних елементів електроустановки при напрузі 380 і 660 В. Окрім того, повинні враховуватись не тільки економічні, але і технічні переваги, що дає застосування напруги 660 В – поліпшення якості напруги, спрощення схеми, надійність електропостачання.

Таке наведене «під варіанти» вирішення проблеми зменшення втрат електричної енергії у підземних СЕП залізрудних шахт треба брати за стартову основу функціонування сучасної керуючої системи процесом енергоефективності. Таким чином, логічним виглядає ствердження – для завершення формату розбудови електроенергетичного комплексу з достатнім і

досяжним рівнем енергоефективності в масштабах залізорудних шахт є керування процесом електропостачання – електроспоживання на базі вищенаведених рішень.

Тривіально, але беззаперечно та безапеляційно, що керування такого рівня повинно проводитись АСК, а, враховуючи стохастичний вид цього процесу, із залученням до цього штучного інтелекту.

Вочевидь, що згідно вищевикладених аргументів, кінцевий варіант у статусі ефективного вирішення проблеми енергоефективності таких складних за технологією функціонування підприємств, як залізорудні з підземним способом видобутку залізної руди, повинен інтегруватись у формат мега-рішення. Всі інші варіанти не дадуть очікуваного ефекту.

Аналізуючи та викреслюючи основні (на думку автора) причини в затриманні процесу реалізації вищезгаданих ідей, головна – відсутність належної уваги до цієї проблеми з боку власників підприємств.

Впливаючи з головної проблеми:

- відсутність дієвої та апробованої системи енергоменеджменту, в якій по вертикалі управління повинно бути знайдено місце у вирішенні цієї проблеми від генерального директора до прибиральниці;
- відсутність реального обґрунтованого плану підвищення енергоефективності і зниження енерговитрат на одиницю видобутої продукції.

Проте всі вищенаведені аргументи – наслідок двох глобальних проблем:

- людський фактор;
- відсутність науково обґрунтованих оцінок реального стану справ з ефективного використання електричної енергії на кожному конкретному підприємстві, на кожній ділянці видобутку залізорудної сировини і диференційованості потенційних можливостей у напрямку підвищення цієї ефективності.

ДОДАТОК Е

**Системність в оцінюванні енергоефективних режимів постачання
електричної енергії**

Рішення в науці, при проектуванні та технічній експлуатації обладнання повинні прийматись швидко з мінімальним ризиком помилок. Цьому сприяє системний аналіз, системний підхід під час вирішення конкретних наукових, проектних та інших технічних завдань. Системний аналіз відноситься до напрямів сучасної науки управління, яка виникла в період загострення технічних, проблем, що викликали необхідність пошуку та обґрунтування нових рішень.

Існує значна кількість суперечливих визначень терміну «система». В енциклопедії цей термін трактується так: «Система (від грец. *sustema* – ціле, що складається з частин; з'єднання) – безліч елементів, що у відносинах і зв'язках друг з одним, утворюють певну цілісність, єдність».

Системний аналіз є сукупність засобів наукового пізнання та прикладних досліджень, що використовуються для підготовки та обґрунтування рішень щодо складних проблем наукового характеру. При системному аналізі в умовах невизначеності та стохастичності.

У системному аналізі виділяють методологію, апаратну реалізацію, практичні програми. Бурхливе зростання технічного прогресу ставило завдання, для вирішення яких залучалися та розроблялися наукові методи.

Інженерна справа пов'язана зі складними системами, які характеризуються численними та різноманітними за типом зв'язками між окремо існуючими елементами системи та наявністю у системи функції призначення, якої немає у складових її частин.

Природно, що системний аналіз – сукупність процесів та процедур. Тобто, досліджуючи системи електропостачання, ми можемо зазначити, що складна система - система, яка складається з елементів різних типів і має різноманітні зв'язки між ними. Враховуючи сучасний стан та розвиток систем електропостачання і автоматизація процесом керування, зазначимо, що аналізована система - складна система з визначальною роллю двох елементів: технічних засобів і дій людини. Для дослідження системи необхідно провести

декомпозиція або синтез системи, тобто визначити структуру системи. Структура системи – розподілення системи на групи елементів із зазначенням зв'язків з-поміж них, яке є постійне на весь час розгляду і дає уявлення про систему загалом. Розподілення може мати матеріальну, функціональну, алгоритмічну та іншу основу.

Системний аналіз досліджує як організацію таких множин, так і вид окремих процедур, які максимально пристосовують для ухвалення управлінських рішень у складній системі.

Окремі процедури (операції) прийнято класифікувати на формалізовані та неформалізовані. Системний аналіз припускає, що в певних ситуаціях неформалізовані рішення, прийняті людиною, є кращими.

Зовнішнє середовище. Поняття «система» передбачає межу між деяким обмеженим безліччю елементів. Елементи, що залишилися за межами кордону, утворюють безліч, яку називають зовнішнім середовищем. Будь-яка система може розглядатися, з одного боку, як підсистема вищого порядку (надсистеми), а з іншого – як надсистема системи нижчого порядку.

Дослідження такої складної технічної системи як електропостачання підземних гірничорудних підприємств передбачає дефініцію основних авторських понять, на які ми будемо спиратись в процесі дослідження. Таким чином, функціональність - прояв окремих властивостей (функцій) системи при взаємодії із зовнішнім середовищем. Структура системи – спосіб існування системи та вираження її функції. Цілісність – вираження внутрішньої єдності об'єкта, наявності всіх необхідних елементів зі зв'язками між ними, відносної автономності об'єкта у сенсі незалежності від навколишнього середовища. Зв'язки – елементи, які здійснюють безпосередню взаємодію між елементами (або підсистемами) системи, а також з елементами та підсистемами оточення. Зв'язки розрізняють за характером взаємозв'язку (прямі та зворотні) та за видом прояву (детерміновані та імовірнісні). Критерії – ознаки, якими проводиться оцінювання

відповідності функціонування системи бажаному результату (мети) при заданих обмеженнях. Ефективність системи – співвідношення між заданим показником результату функціонування системи та фактично реалізованим.

Технічна система має стабільно виражену цільову функцію. Розрізняють прості технічні системи, у яких підтримання ефективності здійснюється регулюванням процесів, та складні, у яких ефективність підтримується регулюванням параметрів. Функціонально технічна система складається з трьох блоків: вхід – процес – вихід.

На нашу думку для форматизації логістики досліджень проблеми, що аналізується, доцільно виділити три складові як системного елемента: 1) на вході – перевірка ресурсів, необхідних для виконання програми ефективної діяльності об'єкта дослідження; 2) процес – перевірка з виконання програми (в ході можна, наприклад, визначити, чи відповідають реальні процеси раніше розробленому плану, розробці прогнозу); 3) на виході – перевірка результатів програми.

Схема взаємовпливу зовнішнього та внутрішнього середовища відображено на рис. Е.1.

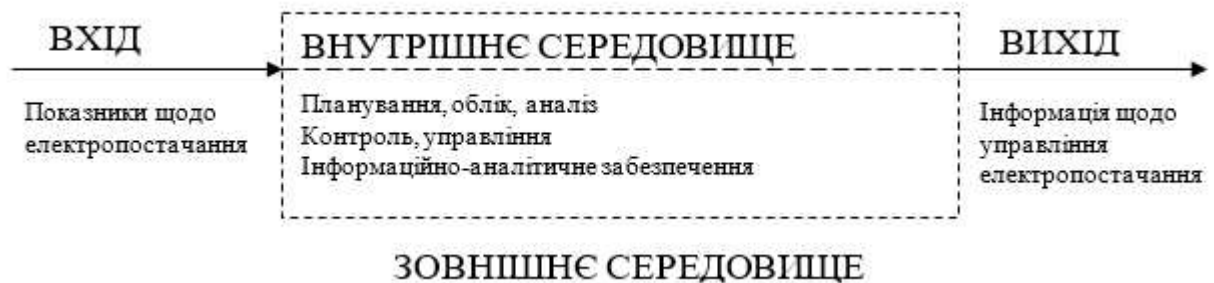


Рисунок Е.1 – Складові системи електропостачання – електроспоживання у взаємодії із середовищем

Вхід – все, що змінюється під час протікання процесу (функціонування системи).

Вихід – результат кінцевого стану процесу.

Процес – перехід входу у вихід.

Вхід і вихід розташовуються на межі системи та виконують одночасно функції входу та виходу попередніх та наступних систем.

Визначення функціонування системи пов'язане з поняттям «проблемної ситуації», яка виникає, якщо є відмінності між необхідним (бажаним) та існуючим (реальним) входом. Проблема – це різниця між існуючою та бажаною системами. Якщо цієї різниці немає, то й немає проблеми. Вирішити проблему – значить скоригувати стару систему чи сконструювати нову, бажану.

Між компонентами множини, що утворюють систему, існують системостворюючі зв'язки та відносини, завдяки яким реалізується специфічна для системи єдність.

Відносини відрізняються від зв'язків тим, що не мають яскраво вираженого речовинно-енергетичного характеру. Проте їх облік важливий для розуміння тієї чи іншої системи. Відносини можуть бути просторові, тимчасові, кількісні.

Стани та фази функціонування важливі для аналізу систем, що діють протягом тривалого часу. Сам процес функціонування пізнається шляхом виявлення зв'язків та відносин між різними станами.

Будь-яка система існує лише в певних межах змін її властивостей, тому зазвичай задаються максимальні та мінімальні значення її змінних. Складна система – це результат еволюції простішої системи. Система може бути вивчена, а то й вивчений її генезис.

Прогресивний розвиток системи супроводжується якісними стрибками. Тому прогрес системи супроводжується не лише кількісним зростанням параметрів, а й зміною її якості. Це дозволяє вводити на розгляд якісні інформаційні критерії розвитку.

Прогресивний розвиток завжди пов'язаний з обмеженням різноманітності. З безлічі можливих сценаріїв еволюції на практиці реалізується лише один. Але цей процес супроводжується збільшенням складності, внутрішньої різноманітності прогресуючих систем. Отже, будь-який процес руху інформації

пов'язаний із знищенням, обмеженням одного виду різноманітності та одночасним збільшенням іншого його виду. Власні властивості залежать тільки від зв'язків (взаємодій) усередині системи, це властивості системи «самої по собі». Зовнішні властивості актуально існують лише тоді, коли є зв'язки, взаємодії із зовнішніми об'єктами (системами). Зв'язки об'єкта, що вивчається, також можуть бути компонентами при його системному аналізі. Зв'язки мають речовинно-енергетичний характер.

У науковців, з урахуванням особистого досвіду, виробляється «своя система». Але застосування системного підходу дозволяє швидше досягнути та вибрати для своєї діяльності оптимальні методи.

Природньо, що удосконалення системи електропостачання – дуже трудомісткий та відповідальний процес. Для знаходження одного вдалого технічного рішення необхідно опрацювати понад півсотні технічних ідей. Скорочення часу та трудовитрат на підвищення якісних показників системи електропостачання забезпечуються, зокрема, застосуванням методів прогнозування та оптимізації технічних рішень.

Системний підхід до удосконалення системи електропостачання полягає в обґрунтуванні закономірностей, основних принципів та тенденцій розвитку, в обліку якісних та кількісних показників, раціональної організації технічної та технологічної експлуатації.

На етапі наукових досліджень в одних випадках ведеться пошук раціонального принципу, в інших – пошук напряму покращення характеристик, у третіх – вивчення можливості використання майбутніх конструкцій, що випускаються промисловістю, у четвертих – перевіряється придатність тих або інших винаходів.

Прогнози розробляють на період, протягом якого прийняте рішення матиме ефективну дію. При цьому прогнозування з електропостачання має ув'язуватись із загальним прогнозом, що характеризує розвиток гірничої промисловості. Для

прогнозування потрібно знати історичні закони розвитку техніки та фактори, що визначають цей розвиток. Чинники, що визначають розвиток техніки, поділяються на зовнішні та внутрішні.

Зовнішні фактори являють собою необхідність розвитку систем електропостачання зумовлюють передумови та умови, темпи розвитку. Вони поділяються на потреби, можливості та обмеження.

Потреби поділяються на потреби гірничої промисловості загалом, потреби конкретної сфери використання виробничого процесу. Потреби промисловості виражаються у тому, що електропостачання має забезпечувати підвищення продуктивності праці, оптимізації використання енергетичних ресурсів. Потреби виробничого процесу – це потреби реалізації тих чи інших раціональних технологічних процесів.

Інша група зовнішніх факторів – це науково-технічні, виробничі можливості промисловості реалізувати напрями розвитку енергоефективності, які визначені потребами електропостачання. Науково-технічні можливості визначаються рівнем науки, техніки, технології, досягнутим на той момент, коли буде необхідна реалізація відповідних напрямів розвитку енергоефективності.

Темпи розвитку техніки багато в чому визначаються рівнем розвитку науки. Нині наука стала провідною ланкою у системі «наука – техніка – виробництво». Значно скоротився період від відкриття (ідеї, формулювання нового технічного принципу) до його практичної реалізації у. Наприклад, ідея двигуна внутрішнього згоряння була запропонована Ф. Лебоном у 1801 році, а перший двигун внутрішнього згоряння, сконструйований Н. Отто і який отримав практичне застосування, з'явився лише у 1878 році, тобто. лаг (розрив у часі) становив майже 80 років. В даний час для техніки цей лаг становить 10 – 15 років і менше.

У будь-якому випадку для практичної реалізації ідеї має бути наукове обґрунтування можливостей її реалізації. Виробничі можливості

характеризуються відповідністю технічного рівня підприємства, рівня кваліфікації його працівників та рівня виробничої потужності.

Зовнішні чинники можуть прискорювати чи уповільнювати розвиток техніки, змінювати тенденції розвитку.

На темпи розвитку впливають і такі фактори, як тривалість періодів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, підготовки виробництва, що передують промислому освоєнню новітніх технологій, впровадженню у сферу застосування.

Внутрішні фактори притаманні самій системі електропостачання. Важливим фактором є природні закони, на яких базується технічний принцип.

Іншим важливим внутрішнім фактором є тривалість життєвого циклу технічного принципу, на якому базується системи електропостачання, та ступінь використання його потенційних можливостей на момент прогнозування. У стадії освоєння технічного принципу розвиток системи йде прискореними темпами, але потім темпи розвитку сповільнюються і, нарешті, розвиток припиняється: технічний принцип вичерпав себе.

Третім фактором, що визначає темпи та тенденції розвитку системи особливо на ранніх стадіях, є відповідність конструктивної форми, що використовується, змісту технічного принципу. Існує певна наступність форми системи електропостачання одного функціонального призначення, але заснованих на різних технічних засадах. Якщо форма відповідає новому принципу, це сприяє прискоренню темпів розвитку, якщо ні, то темп розвитку сповільнюється.

Внутрішні фактори відображають внутрішні технічні протиріччя, вирішення яких є рушійною силою розвитку видів та типів електропостачання. У цьому виявляється дія закону єдності та боротьби протилежностей, що визначає внутрішню логіку розвитку системи. Можна виділити принципові та конструктивні суперечності у розвитку техніки.

Принципові протиріччя можна охарактеризувати як невідповідність між технічним принципом, що використовується в системі електропостачання, і необхідними функціональними властивостями. Вирішення цього протиріччя означає зміну технічного принципу.

На рис. Е.2 показано чинники, що визначають розвиток системи електропостачання промислових підприємств.

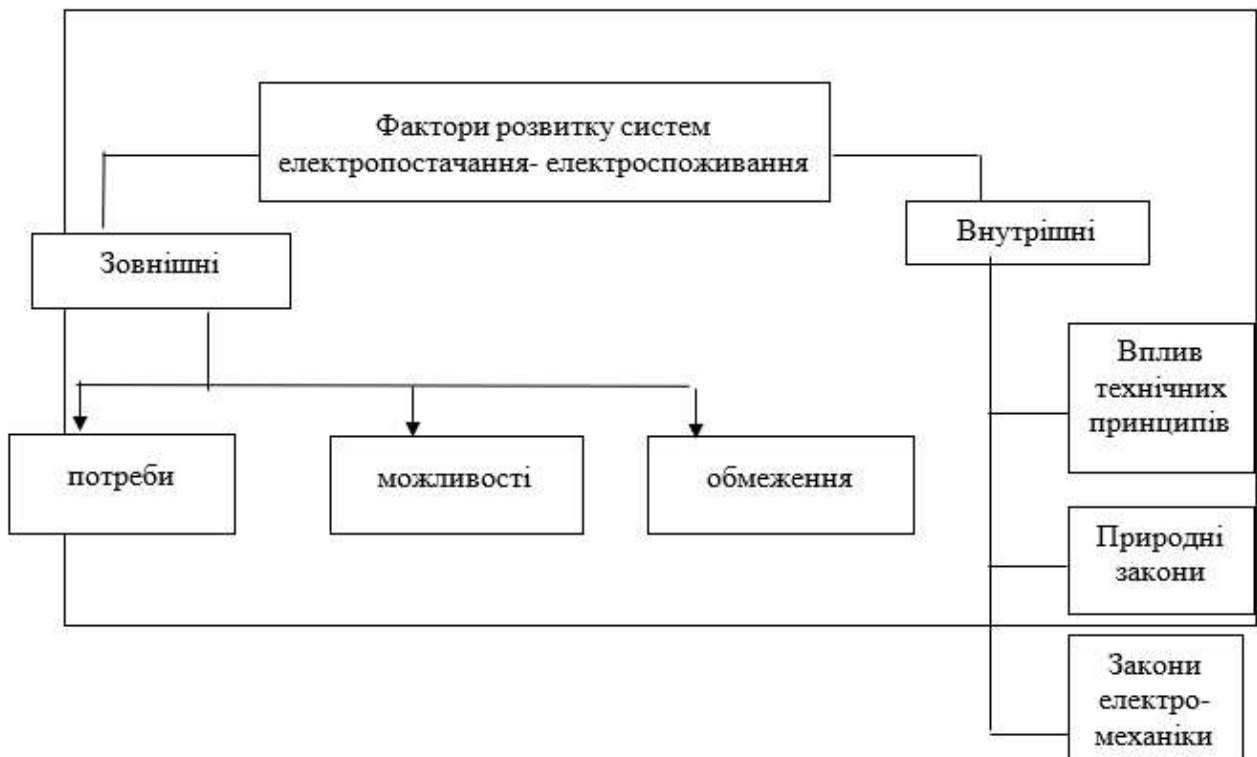


Рисунок Е.2 – Чинники розвитку систем електропостачання – електроспоживання гірничорудних підприємств в сучасному баченні рівня їх системності

Сучасний етап розвитку технічних систем передбачає застосування автоматизації робіт, що полягає у застосуванні САПР (систем автоматичного проектування) та інших програмних засобів. Оптимізаційне проектування передбачає вибір найкращих із усіх можливих рішень. Ресурсне проектування полягає у визначенні ресурсу всіх складових частин електропостачання відповідно до прийнятого нормативного ресурсу. Ресурсне проектування з

трудомісткості можна порівняти з розробкою конструкторської документації і в даний час перебуває в стадії зародження. При оптимізаційному та ресурсному проектуванні використовується математичне моделювання. Наразі використовують типізацію та комплексність. Типізація полягає в тому, що для виробництва розробляються типажі з конкретними параметрами та розмірами. Під типажом розуміється технічно та економічно обґрунтована сукупність типів та типорозмірів, що мають спільність призначення. В основу типових технічних систем закладається базова модель, під якою розуміється конструктивне виконання, яка є основою для ряду подібного типу або його модифікацій. Комплексність полягає у розробці комплексу складових технічної системи для виконання всіх технологічних операцій, узгоджених за продуктивністю та іншими ознаками. Комплексність є основою створення автоматизованих систем.

Автором запропоновано дослідити систему оцінювання процесу споживання електричної енергії виділяючи ієрархічність керованої системи з підсистемами виробничо-виконавчої структури та виробничо-технологічної (рис. Е.3). Сформована трирівнева ієрархія дозволить виділити латентні синергетичні ефекти притаманні складним технічним системам.

Безперечно системний підхід передбачає формування та застосування сукупності принципів, які притаманні системі, яка досліджується. На нашу думку для системи електропостачання доцільно запропонувати наступну систему принципів. Принцип ієрархічності полягає в розподіленні системи електропостачання на складові одиниці, що складаються зі складових одиниць першого рівня, на одиниці другого рівня та наступних рівнів, на системи контролю та управління та на системи, що підтримують роботу технічної системи.

Принцип декомпозиції (блочності, модульний принцип) дозволяє здійснювати незалежне паралельне формування окремих складових одиниць, їх

перевірку, передачу на загальне формування у закінченому вигляді. Цей принцип дозволяє реалізувати блочний метод.



Рисунок Е.3 – Узагальнена структура системи оцінювання процесу споживання електричної енергії залізрудного підприємства

Для забезпечення модульного принципу система повинна мати чіткий поділ на складові одиниці, високий коефіцієнт сумісності, який дорівнює

$$K_c = \frac{K_u}{K_z} \quad (\text{Е.1})$$

де K_c – коефіцієнт сумісності;

K_u – показники, що характеризують частки системи;

K_z – загальні значення показників, що характеризують систему загалом.

Уніфікація та стандартизація полягають у застосуванні в системах електропостачання уніфікованих або стандартних складових частин.

До стандартних належать основні параметри встановлені державними, галузевими стандартами, а також нормами. До уніфікованих належать стандарти підприємства, що використовуються на виробництві.

Уніфікація та стандартизація усувають зайве різноманіття, здешевлюють функціонування системи.

Рівень стандартизації та уніфікації оцінюється коефіцієнтами застосування стандартних $K_{ст}$ або уніфікованих K_y складових частин, що визначаються за формулами

$$K_{cm} = \frac{H_{cm}}{H_{cm} + H_y + H_o} 100 \% \quad (E.2)$$

$$K_y = \frac{H_y}{H_{cm} + H_y + H_o} 100 \% \quad (E.3)$$

де $K_{ст}$ – коефіцієнт стандартизації;

K_y – коефіцієнт уніфікації;

H_{cm} , H_y , H_o – відповідно кількість стандартних, уніфікованих та оригінальних складових частин.

Природно, що наразі окрім кількісних показників використовують якісні. Якісні показники визначають сукупність властивостей, що зумовлюють придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Найважливіша група показників якості технічної системи - показники надійності. Показники надійності –характеризують здатність технічної системи виконувати задані функції в даний час або в межах заданого відрізка часу, зберігати в часі експлуатаційні показники в заданих межах, відповідних заданим рішенням і умовам використання.

Основними показниками надійності є безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереження, а також контролепридатність.

Безвідмовність – властивість зберігати працездатність протягом деякого напрацювання без вимушених перерв (відмов). Характеризується ймовірністю безвідмовної роботи, напрацюванням на відмову, гарантійним напрацюванням.

Довговічність – властивість зберігати працездатність до граничного стану з необхідними перервами для технічного обслуговування та ремонту. Характеризується такими категоріями: ресурсом, міжремонтним терміном служби, терміном служби до першого капітального ремонту та ін.

Ремонтопридатність – пристосованість до запобігання, виявлення та усунення відмов шляхом проведення технічного обслуговування та ремонту. До ремонтпридатності можна віднести контролепридатність, під якою розуміється пристосованість до контролю та діагностування технічного стану під час експлуатації. Збереженість – збереження експлуатаційних показників протягом та після терміну зберігання та транспортування, встановлених технічною документацією.

Важливим показником надійності великих технічних систем є резервування окремих складових.

На нашу думку якість складних технічних систем складає технічне ядро конкурентоспроможності, що визначається також їх вартістю, а також енергоємністю, тобто витратами електричної на одиницю продукції, яка виробляється.

Якщо складові якості, виражені відповідно у відносних або абсолютних величинах. Інтегральний показник якості, характеризує вибір найбільш кращого (з економічної та технічної точок зору) варіанта системи електропостачання. Цей показник є надзвичайно важливим при виборі того чи іншого напрямку технічного розвитку, створення нових систем, оскільки лише сукупність технічної та економічної оцінок дає уявлення про доцільність прийнятого рішення.

Сучасний розвиток науки виділяю окрему складову – системотехніку. На наш погляд доцільно розглядати системотехніку, як сучасну складову системного

аналізу. Взагалі, системотехніка – це особлива діяльність зі створення складних технічних систем, і в цьому сенсі вона є перш за все сучасним видом інженерної, технічної діяльності, але в той же час включає особливу наукову діяльність, оскільки в ній здійснюється також і вироблення нових знань. Таким чином, у системотехніці наукове знання проходить повний цикл функціонування – від його одержання до використання в інженерній практиці. Системотехніка вирішує два основних системотехнічних завдання: інтеграція частин складної системи в єдине ціле та керування процесом створення цієї системи. Системотехніка є продуктом розвитку традиційної інженерної діяльності та проектування, але якісно новим етапом, пов'язаним із зростанням складності проєктованих технічних систем.

ДОДАТОК Є

Акти впровадження результатів досліджень

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

ТОВ «Рудомайн»

Володимир КОЛОС

“ 03 ”

02

2026 рік

**ДОВІДКА****про впровадження результатів дисертації**

Кобеляцького Даніїла Віталійовича

«Енергоефективне керування процесом споживання електроенергії приймачами з рівнем напруги живлення до 1000В залізрудних шахт»
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ТОВ «Рудомайн» є сучасним гірничо-видобувним підприємством, яке спеціалізується на видобутку та переробленню корисних копалин, розглянуло результати дисертаційної роботи Кобеляцького Даніїла Віталійовича, присвяченої питанням енергоефективного керування процесом споживання електроенергії приймачами з напругою живлення до 1000 В у системах електропостачання залізрудних шахт. Актуальність таких досліджень обумовлена значною енергоємністю гірничорудних підприємств, стохастичним характером навантаження підземних споживачів та необхідністю зниження витрат на електричну енергію при збереженні виробничих показників.

Практичний інтерес для ТОВ «Рудомайн» становлять запропоновані в дисертації науково обґрунтовані підходи до керування режимами електроспоживання приймачів дільничних підземних підстанцій напругою до 1000 В як складової загального комплексу «електропостачання – електроспоживання» залізрудних шахт. Запропоновані рішення дозволяють враховувати особливості технологічної невизначеності в часі, нерівномірність добових графіків навантаження та тарифні особливості вартості електричної енергії.

Основну цінність для можливого практичного використання мають розроблені у дисертації: математична модель оцінювання ефективності електроспоживання з використанням кусково-постійної функції залежності вартості електроенергії від часу доби; методика визначення резервів оптимізації рівнів електроспоживання; а також евристична система автоматизованого керування на основі генетичного алгоритму, що дає змогу формувати раціональні графіки роботи споживачів з урахуванням погодинних і добових обмежень потужності. Саме ці результати можуть бути використані ТОВ «Рудомайн» при модернізації систем електропостачання та систем диспетчерського контролю гірничорудних і металургійних підприємств України.

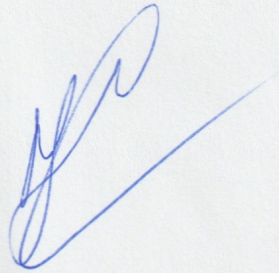
У процесі аналізу результатів дисертаційної роботи встановлено, що запропоновані підходи до оптимізації режимів електроспоживання можуть забезпечити суттєве зниження витрат на придбання електричної енергії без зменшення загального обсягу виробничого електроспоживання. За наведеними в дисертації результатами

модельних досліджень резерв зниження витрат на електроспоживання однієї залізорудної шахти протягом доби може становити до 27,4 %, що свідчить про практичну значущість запропонованих рішень.

Отримані результати доцільно використовувати при формуванні технічних рішень щодо оптимізації графіків електричних навантажень, побудови підсистем керування електроспоживанням приймачів до 1000 В, а також при підготовці рекомендацій із підвищення енергоефективності функціонування електроенергетичних комплексів промислових підприємств. Їх застосування дозволяє підвищити обґрунтованість інженерних рішень, покращити якість керування режимами навантаження та створити передумови для подальшого впровадження інтелектуалізованих систем керування електроспоживанням.

Таким чином, результати дисертаційної роботи Кобеляцького Даніїла Віталійовича «Енергоефективне керування процесом споживання електроенергії приймачами з рівнем напруги живлення до 1000В залізорудних шахт.» є науково обґрунтованими, практично значущими та можуть бути використані ТОВ «Рудомайн» при розробці й реалізації систем електропостачання гірничорудних підприємств.

Головний енергетик



Сергій КОВЕРНИЙ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

Криворізького національного університету

Владислав ЧУБАРОВ



09. 04. 2026 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи

КОБЕЛЯЦЬКОГО Даніїла Віталійовича

«Енергоефективне керування процесом споживання електроенергії
приймачами з рівнем напруги живлення до 1000 В залізрудних шахт»

Комісія у складі голови декана електротехнічного факультету, кандидата технічних наук, доцента Владислава ФЕДОТОВА та членів комісії: завідувачки навчально-методичного відділу Світлани ІВАШУРИ, завідувача кафедри електричної інженерії, доктора технічних наук, професора Олега СІНЧУКА, кандидата технічних наук, доцента кафедри електричної інженерії Олексія МИХАЙЛЕНКО (гаранта освітньо-професійної програми другого (магістерського) рівня вищої освіти), склала цей акт про впровадження у навчальний процес результатів дисертаційної роботи Даніїла КОБЕЛЯЦЬКОГО «Енергоефективне керування процесом споживання електроенергії приймачами з рівнем напруги живлення до 1000 В залізрудних шахт» шляхом упровадження матеріалів цих дисертаційних досліджень до лекційних, практичних та лабораторних занять освітнього компонента фахового спрямування «Сучасні системи електропостачання промислових підприємств і міст» для здобувачів вищої освіти спеціальності G3 Електричної інженерії магістерського рівня. Впровадження відповідає практичному значенню роботи, де зазначено використання результатів у підготовці здобувачів Криворізького національного університету

Для забезпечення впровадження матеріалів дисертаційних досліджень були використані такі складові дисертаційної роботи Даніїла КОБЕЛЯЦЬКОГО:

до лекційних занять:

– обґрунтовано новий формат підвищення електроенергоефективності підземних залізородних підприємств шляхом керованості режимами роботи локальних споживачів електроенергії та централізованого управління рівнями їх електроспоживання;

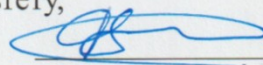
до практичних та лабораторних занять:

– залучено результати моделювання роботи системи автоматизованого керування електроспоживанням, що дозволяють формувати у здобувачів практичні компетентності з аналізу режимів електроспоживання, побудови математичних моделей, оптимізації графіків навантаження та застосування інтелектуальних алгоритмів керування. Впровадження цієї розробки вплине на підготовку здобувачів 2-го рівнів вищої освіти що підвищить якість підготовки фахівці

Комісія встановила відповідність впровадження результатів вимогам проведення учбових занять в Криворізькому національному університеті для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Системи електропостачання промислових підприємств, міст та локальних об'єктів».

Голова комісії:

Декан електротехнічного факультету,
канд. техн. наук, доцент



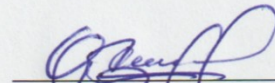
Владислав ФЕДОТОВ

Члени комісії:

Завідувачка навчально-методичного
відділу

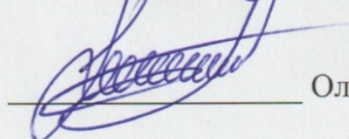
Світлана ІВАШУРА

Завідувач кафедри ЕІ,
д-р техн. наук



Олег СІНЧУК

Доцент кафедри ЕІ,
канд. техн. наук



Олексій МИХАЙЛЕНКО