

«ПРОМИСЛОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

ПРОМЕЛЕКТРО

ISSN 2409-2924
9 772409 292003

PROMELEKTRO.COM.UA



ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЇ
БУДІВНИЦТВА ЛЕП СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ
НА НАДІЙНІСТЬ МЕРЕЖІ

с. 6



РОЗРАХУНОК КОМПОНЕНТІВ РИЗИКУ
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЛИСКОВИХОЗАХИСТУ
ВІДКРИТИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

с. 40



ВІТРОЕНЕРГЕТИКА ЯК РУШІЙ
“ЗЕЛЕНОГО” ВІДНОВЛЕННЯ
ТА ОСНОВА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

с. 60



МІСРОГРІД В УКРАЇНІ: НАГАЛЬНІ ЗАВДАННЯ
СТВОРЕННЯ Й УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ
БАЗИ ПОБУДОВИ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

с. 80

XXI МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА

ЕНЕРГЕТИКА В ПРОМИСЛОВОСТІ '2024

15–17 ЖОВТНЯ

1

2024

травень



С.П. Карелін,
технічний консул-
тант з водопоста-
чання програми
DOBRE USAID,
експерт Громад-
ського об'єднання
"Експертна плат-
форма з енерго-
ефективності"



ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ В РОЗРІЗІ ВПЛИВУ ВИМОГ ДБН В.2.5-74:2013 "ВОДОПОСТАЧАННЯ. ЗОВНІШНІ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ"

Особиста практика виконання досліджень систем водопостачання України в більше ніж 500 населених пунктів — міст, селищ та сіл; досвід реалізації більше 200 проектів реконструкцій об'єктів систем водопостачання із значними економіями енерговитрат дозволили зібрати велику статистичну базу питомих витрат електроенергії, факторів впливу на енерговитрати, в тому числі — питомого споживання води населенням та нерівномірності споживання в різні пори року та часи доби.

Саме від характеристик споживання води населенням та їх відображення на характеристиках підібраних насосних агрегатів, якими укомплектовані насосні станції (далі — НС) різних рівнів підняття, в переважній мірі залежить ефективність роботи насосних станцій та споживання електроенергії.

В даній статті пропонується розглянути вплив на енергоефективність невідповідності характеристик насосних агрегатів характеристикам системи.

Пряма вимога щодо ефективності роботи систем водопостачання від **ДБН В.2.5-74:2013 "Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди"** п.16.3.7 виглядає наступним чином: "... система повинна забезпечувати подачу води з мінімально можливими енергетичними витратами на одиницю поданого об'єму води, не допускаючи перенавантаження окремих агрегатів, роботи їх в зоні низьких ККД..."

Робота в зонах низьких коефіцієнтів корисної дії (далі — ККД) повальної більшості насосних станцій водоканалів України і призводить до надзвичайно великих перевитрат електроенергії, які за власною практикою досліджень та реалізацій проектів можуть становити від 25 до 70%. Доречі, наявність відділів енергоменеджменту на комунальних підприємствах фактично ніяким чином не вплинули на ефективність роботи насосних станцій. На власну думку, скоріше всього це пов'язано із наступними основними факторами:

1. Низький рівень досвідченості фахівців комунальних підприємств в питаннях енергоефективності їх систем.
2. Незацікавленість комунальних підприємств в підвищенні енергоефективності через українську законодавчу базу і вимогу НКРЕКП в зменшенні тарифу за досягнення зменшення енерговитрат.
3. Прийнята в "Законі про Енергоефективність" стратегія, яка полягає в зменшенні абсолютних значень витрат енергії, а не питомих.

Аксиома № 1. Використання перетворювачів частоти (пристрій для регулювання обертів двигунів насосів) для керування насосними агрегатами дійсно зменшує енерговитрати, особливо — в порівнянні із керуванням для підтримання заданого тиску води в напірній мережі шляхом регулювання засувкою (дроселювання).

Аксиома № 2. Використання перетворювачів частоти для керування насосними агрегатами, характеристики яких не відповідають характеристикам системи, може призвести або до незначного зменшення енерговитрат, або до відсутності економії як такої.

Аксиома № 3. Нормативи споживання води, які базово розроблялися в 1930-ті роки (в часи відсутності питань з енергоефективністю) не можуть розглядатися як Аксиома, застаріли та потребують кардинального оновлення.

Чому так відбувається?

На **рис. 1** відображена умовна напірно-витратна характеристика насосного агрегату — залежність напору, який створює насос (H , вимірюється в метрах) від подачі насоса (Q , вимірюється в м³/год). Основною особливістю характеристики є досягнення найвищого ККД насосного агрегату за умов співпадіння робочої точки



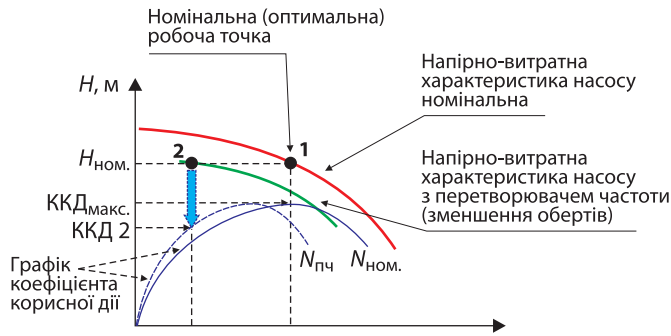


Рис. 1. Вплив роботи перетворювача частоти на ККД

насосу із номінальною. Розташування фактичної робочої точки на напірно-витратній характеристиці визначається перетином напірно-витратної характеристики із характеристикою системи і залежить від режимів споживання (приклад на рис. 1 — точка 1 або точка 2).

На практиці відповідність характеристик насосних агрегатів до характеристик системи водорозподільної мережі (читаємо — характеристик водоспоживання) зустрічаються дуже рідко.

Через це насоси більшість часу доби працюють в зонах низького ККД, а фактичні питомі витрати електроенергії перевищують ті, що можуть бути отримані за умов фахового дослідження та підбору обладнання. В тому числі негативний вплив має зручне постійне використання насосного обладнання улюблених виробників без огляду на особливості їх характеристик та відповідність режимам експлуатації.

На рис. 2–4 наведено графічні зображення розрахунків оптимальності енерговитрат через порівняння питомого споживання електроенергії на прикладах аналізу реально діючих насосних станцій водоканалів України.

На графіках надані приклади аудиту насосних станцій із обсягами подачі води, які вимірюються мільйонами кубічних метрів, відповідно і витрати — мільйонами кВт-год.

Факторів впливу на енерговитрати систем водопостачання велика кількість, але в цій статті ми зупинимось саме на невідповідному дослідженні змін обсягів подачі води під час функціонування НС.

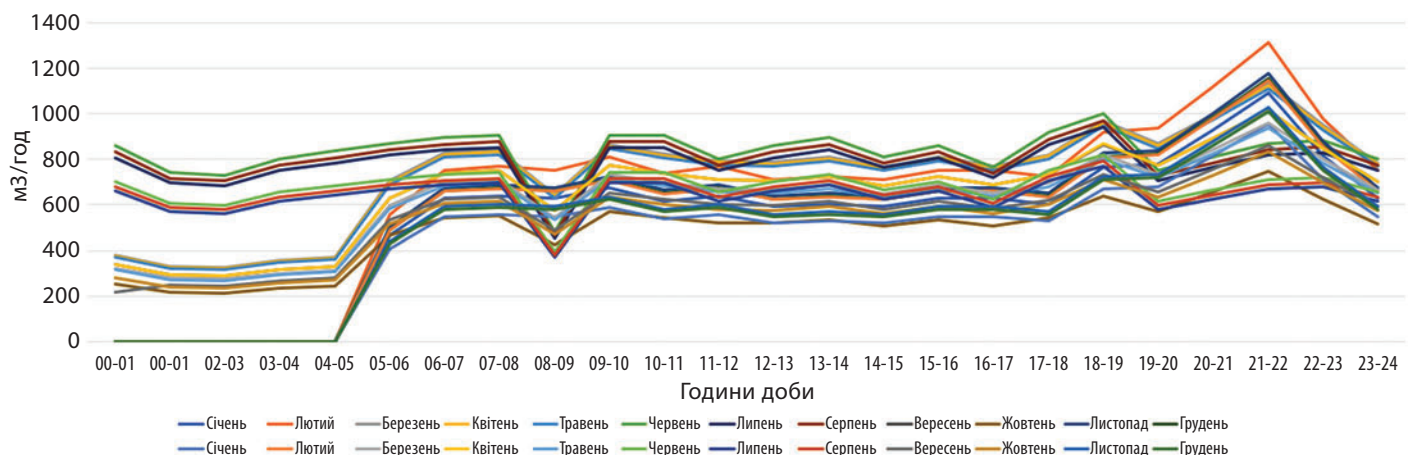


Рис. 5. Погодинна подача води НС

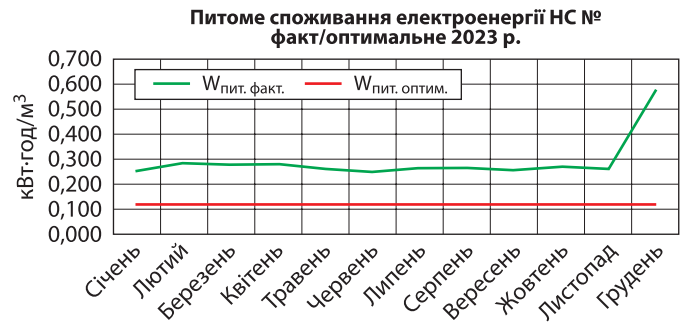


Рис. 2. Аналіз НС із перевитратами електроенергії 57%

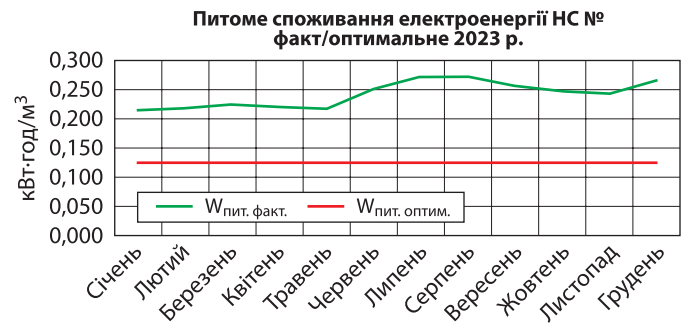


Рис. 3. Аналіз НС із перевитратами електроенергії 48%

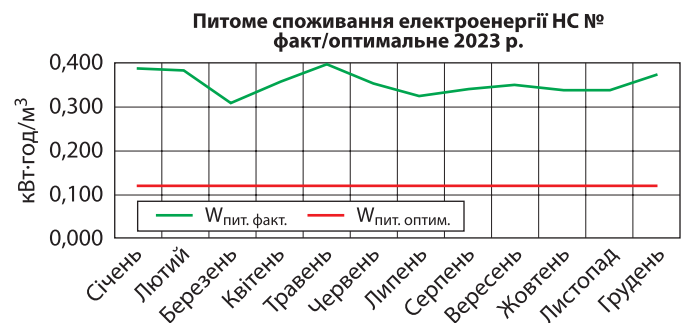


Рис. 4. Аналіз НС із перевитратами електроенергії 66%

Наведемо графічний приклад аналізу діапазонів обсягів подачі води однією з насосних станцій як взірць різноманіття значень протягом різних сезонів, місяців, годин споживання (рис. 5).

З огляду на вищенаведене та особливості відхилення ККД при відхиленні робочої точки насосів від номінальної цілком зрозуміло — чому водоканали не

отримують бажаної ефективності а мають достатньо суттєві зайві витрати електроенергії.

Про те, яким чином впливає ДБН на перевитрати, поговоримо в наступній частині статті.

Нижче наведений приклад розрахунку споживання води однією із частин реального населеного пункту з кількістю населення (споживачів) — 25 000 осіб. Прийняті коефіцієнти, які позначені в таблиці нижче, відповідають вимогам та настановам **ДБН В.2.5-74:2013** пп. 6.1. **“Розрахункові витрати води”** Табл. 1, Табл. 2.

В даному розрахунку була застосована норма водоспоживання 150 л/людину/добу, хоча відповідно ДБН для об’єкту дослідження мала б бути застосована норма — 230–285 л/люд./добу.

На підтвердження норми наведу чималу кількість статистичних даних різних населених пунктів України, які отримані з лічильників води насосних станцій, в тому числі — підвищувальних насосних станцій (ПНС), які подають обліковувану воду безпосередньо групі багатопверхових будинків (табл. 3).

Варто відзначити, що окрім населення до групи споживачів можуть потрапляти в тому числі споживачі — юридичні особи.

З огляду на наведені дані можемо зробити висновок — в більшості випадків питоме споживання води значно відрізняється (найчастіше — в напрямку зменшення) від вимог діючого ДБН. Тенденція до загального зменшення питомого споживання води однією людиною пов’язана, в тому числі, із збільшенням частки населення, послуги для якої вимірюються приладами обліку. Найбільше ця тенденція відслідковується вже після затвердження чергової редакції ДБН. Разом з тим спостерігається значна відмінність між обсягами питомого споживання мешканців міст та сільських територій, особливо в літній період.

Дослідимо наступні статистичні дані споживання, які були отримані за допомогою системи диспетчеризації SCADA в онлайн режимі на одному з водоканалів.

Для аналізу нерівномірностей водоспоживання використаний “Метод часток”, який запроваджений

Таблиця 1. Розрахунок нерівномірностей споживання води відповідно ДБН

Розрахункові витрати води в мережі водопостачання, населений пункт _____				
Розрахункове число жителів	25 000	чол.	$\beta_{\text{макс}} =$	1,08
Норма водоспоживання	150	л/доб. на 1 люд.	$\alpha_{\text{макс}} =$	1,30
З урахуванням неврахованих витрат $Q_{\text{доб. сер. за рік}} = 1,05 \times q_{\text{мешк}} \times N_{\text{мешк}} / 1000$	3 937,5	м³/добу	$\beta_{\text{мін}} =$	0,76
	45,6	л/с	$\alpha_{\text{мін}} =$	0,50
$Q_{\text{доб. макс}} = K_{\text{доб. макс}} \times Q_{\text{доб. сер. за рік}}$	4 725,0	м³/добу	$K_{\text{доб. макс}} =$	1,20
	54,7	л/с	$K_{\text{доб. мін}} =$	0,80
$Q_{\text{доб. мін}} = K_{\text{доб. мін}} \times Q_{\text{доб. сер.}}$	3 150,0	м³/добу	Середня годинна неврахована витрата, м³	
	36,5	л/с		
$K_{\text{год макс}} = \alpha_{\text{макс}} \times \beta_{\text{макс}}$	1,4		Малі середні міста	1,05
$K_{\text{год мін}} = \alpha_{\text{мін}} \times \beta_{\text{мін}}$	0,38		Великі значні міста	1,07
$q_{\text{год макс}} = (K_{\text{год макс}} \times Q_{\text{доб. макс}}) / 24 =$	276,41	м³/год	Найзначніші	1,1
$q_{\text{год мін}} = (K_{\text{год мін}} \times Q_{\text{доб. мін}}) / 24 =$	49,9	м³/год	На строк дії генерального плану те саме:	1,1/1,15/1,2
У час максимального водоспоживання $q_{\text{год макс}}$	76,8	л/с	малі (10–50 тис.), середні (50–250 тис.), великі 250–500 тис.), найзначн. — понад 1 млн	

Таблиця 2. ДБН В.2.5-74:2013, пп. 6.1. Питома середньодобова (за рік) норма споживання питної води

Таблиця 1 — Питома середньодобова (за рік) норма споживання питної води	
Ступінь благоустрою житлової забудови	Питома середньодобова (за рік) норма питного водоспоживання, л/добу на одного жителя
Житлова забудова, обладнана внутрішнім водопроводом і каналізацією:	
	без ванн
	з ваннами і місцевими водонагрівачами
	з централізованим гарячим водопостачанням
	100–135
	150–230
	230–285

Таблиця 3. Характеристики споживання води однією людиною на декількох НС

Місяць	Q, м³/міс				Питоме споживання, л/люд./добу			
	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Січень	9 658	9 275	8 579	10 723	112	107	99	124
Лютий	9 063	9 181	9 075	10 026	112	113	112	124
Березень	8 672	9 012	7 078	8 637	100	104	82	100
Квітень	8 612	8 220	8 225	10 463	103	98	98	125
Травень	9 355	9 655	9 744	10 487	108	112	113	121
Червень	10 926	10 948	8 875	9 551	130	131	106	114
Липень	9 762	10 100	9 343	9 104	113	117	108	105
Серпень	10 432	10 613	10 474	10 302	121	123	121	119
Вересень	10 898	11 033	9 566	9 719	130	132	114	116
Жовтень	9 579	10 229	9 451	9 292	111	118	109	107
Листопад	9 944	9 954	9 784	9 069	119	119	117	108
Грудень	10 188	9 304	8 565	8 513	118	108	99	98

Місяць	Q, м³/міс				Питоме споживання, л/люд./добу			
	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Січень	5 461	5 011	5 151	6 662	108	99	102	132
Лютий	5 265	4 559	5 645	6 388	111	96	119	135
Березень	5 527	4 911	4 576	5 437	109	97	90	107
Квітень	5 681	4 230	5 318	6 439	116	86	109	132
Травень	5 800	6 293	6 331	6 525	115	124	125	129
Червень	6 369	7 382	6 222	5 895	130	151	127	120
Липень	5 222	6 541	6 480	6 153	103	129	128	122
Серпень	5 354	7 291	7 266	6 796	106	144	144	134
Вересень	5 714	7 113	6 473	6 657	117	145	132	136
Жовтень	5 048	6 089	6 183	6 589	100	120	122	130
Листопад	5 146	6 262	6 215	6 339	105	128	127	129
Грудень	4 851	5 573	5 416	5 718	96	110	107	113

Місяць	Q, м³/міс				Питоме споживання, л/люд./добу			
	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Січень	8 298	9 740	5 510	5 844	213	250	142	150
Лютий	6 249	10 009	4 624	4 903	172	275	127	135
Березень	6 939	8 547	1 987	4 410	178	220	51	113
Квітень	5 339	9 379	6 950	5 822	142	249	185	155
Травень	7 213	9 552	6 060	5 327	185	246	156	137
Червень	7 488	11 044	6 003	5 232	199	293	159	139
Липень	7 024	10 714	6 523	6 000	181	275	168	154
Серпень	7 630	14 385	7 446	6 946	196	370	191	179
Вересень	9 495	6 634	7 093	5 219	252	176	188	139
Жовтень	8 992	5 474	6 679	4 673	231	141	172	120
Листопад	10 803		6 234	3 827	287	0	166	102
Грудень	8 298	6 193	6 367	3 474	213	159	164	89

Місяць	Q, м³/міс				Питоме споживання, л/люд./добу			
	2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Січень	5 518	5 286	5 785	4 132	135	129	142	101
Лютий	5 313	5 505	4 687	4 034	139	144	123	106
Березень	5 297	4 708	3 673	3 712	130	115	90	91
Квітень	5 607	4 863	4 137	4 371	142	123	105	111
Травень	5 218	5 432	5 398	4 735	128	133	132	116
Червень	5 849	6 561	5 055	4 227	148	166	128	107
Липень	6 576	5 873	5 202	4 816	161	144	127	118
Серпень	6 205	6 031	6 075	5 053	152	148	149	124
Вересень	5 760	5 569	4 822	4 990	146	141	122	126
Жовтень	5 115	5 596	4 620	4 591	125	137	113	112
Листопад	5 463		4 477	4 570	138	0	113	116
Грудень	5 053		3 682	4 875	124	0	90	119

Таблиця 4. Нерівномірність обсягів подачі води НС протягом місяця

	День									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
м³/добу	162,9	170,2	170,1	172,1	177,1	183,5	164,8	176,0	166,6	164,3
Частка місяць/доба	32,3	31,0	31,0	30,6	29,7	28,7	32,0	29,9	31,6	32,1

	День									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
м³/добу	160,9	161,0	167,9	177,8	178,1	165,9	177,6	174,4	172,1	178,0
Частка місяць/доба	32,7	32,7	31,4	29,6	29,6	31,7	29,7	30,2	30,6	29,6

	День										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
м³/добу	180,7	188,7	147,1	157,8	156,1	164,8	173,1	182,5	177,0	162,3	155,6
Частка місяць/доба	29,1	27,9	35,8	33,4	33,7	32,0	30,4	28,9	29,7	32,5	33,8

та багато років успішно використовується для аналітичних досліджень і практичної діяльності автором статті.

Розглянемо частку добової подачі води однією з НС порівняно з показниками обсягу води за місяць (табл. 4).

У даному випадку частка доби максимальної водоподачі склала 1/27,9 від суми подачі води НС за місяць (рис. 6).



Рис. 6. Графік розподілення часток обсягів подачі води за добу протягом місяця

Наступним етапом розглянемо дослідження частки максимальної (пікової) годинної подачі (споживання) води відносно значення добового споживання на одному із центральних теплових пунктів міста N (подача холодної та гарячої води) (рис. 7, табл. 5).



Рис. 7. Графік погодинного розподілення об'єму подачі води протягом доби

Треба зазначити, що годинна нерівномірність подачі води може коливатися в значних межах. Як приклад наведемо статистичні дані по декільком міським водонапірним насосним станціям водоканалів України (табл. 6).

Наведені дані лише декількох населених пунктів свідчать про значні розбіжності нерівномірності споживання, які знаходяться в межах певної закономірності.

Частка максимального годинного споживання, як правило, коливається в межах 1/12...1/20 від добового.

Частка добового споживання коливається, як правило, в межах 1/27...1/35 від місячного споживання.

Порівняємо розрахунки обсягів водопостачання, які використовуються при підборі характеристик насосного обладнання, в двох варіантах — згідно з ДБН (приклад розрахунку об'єкту наведено вище) і згідно з “Методом часток”, який оснований на опрацюванні статистичної інформації, зібраної протягом останніх 15 років в різних населених пунктах України на насосних станціях різного функціонального призначення.

Для району міста з населенням в 25000 осіб:

- $Q_{\text{доб. макс}}$ (згідно з ДБН) — 4725 м³/добу;
- $Q_{\text{доб. макс}}$ (згідно з “Методом часток”) — 4752 м³/добу;
- $Q_{\text{год макс}}$ (згідно з ДБН) — 276 м³/добу;
- $Q_{\text{год макс}}$ (згідно з “Методом часток”) — 365 м³/добу.

Різниця в методі розрахунку пікового споживання за добу є несуттєвою, за годину — є такою, що кардинально впливає на підбір характеристик насосного обладнання.

Наведений приклад є виключно індивідуальним. Розбіжності між фактичними обсягами подачі води та розрахованими відповідно до вимог ДБН, як правило, достатньо значимі для отримання відхилень робочих точок насосних агрегатів НС від номінальних.

Таблиця 5. Дані погодинних витрат води на ЦТП протягом доби (отримані системою диспетчеризації)

	м³/ год	Частка $Q_{\text{год}}/Q_{\text{міс}}$	Частка доба/година		м³/ год	Частка $Q_{\text{год}}/Q_{\text{міс}}$	Частка доба/година
1	5,5	0,029008	34,5	1	4,4	0,024548	40,74
2	4,0	0,021244	47,1	2	3,5	0,019673	50,83
3	3,3	0,01735	57,6	3	2,5	0,013821	72,35
4	2,7	0,014265	70,1	4	2,3	0,01267	78,93
5	2,2	0,01152	86,8	5	2,4	0,013681	73,09
6	3,0	0,015866	63,0	6	3,3	0,01841	54,32
7	4,3	0,022797	43,9	7	4,1	0,022847	43,77
8	6,2	0,033014	30,3	8	6,0	0,033663	29,71
9	9,8	0,051773	19,3	9	8,9	0,050209	19,92
10	12,1	0,064279	15,6	10	7,9	0,044373	22,54
11	12,1	0,063908	15,6	11	10,4	0,058633	17,06
12	12,9	0,068519	14,6	12	13,9	0,078009	12,82
13	10,7	0,056436	17,7	13	11,0	0,061946	16,14
14	10,0	0,053151	18,8	14	10,5	0,059138	16,91
15	10,5	0,055536	18,0	15	7,9	0,044626	22,41
16	9,5	0,050289	19,9	16	5,9	0,03304	30,27
17	7,7	0,041058	24,4	17	9,8	0,054982	18,19
18	5,7	0,030062	33,3	18	12,0	0,067338	14,85
19	10,5	0,055642	18,0	19	11,6	0,065316	15,31
20	11,8	0,062424	16,0	20	12,3	0,068911	14,51
21	10,9	0,057655	17,3	21	7,7	0,043407	23,04
22	10,4	0,055059	18,2	22	5,6	0,031473	31,77
23	7,9	0,041758	23,9	23	7,9	0,044486	22,48
24	5,2	0,027386	36,5	24	6,2	0,034798	28,74
Доба	188,708			Доба	178,057		

Таблиця 6. Дані погодинних витрат води на ВНС протягом доби (отримані з лічильників води)

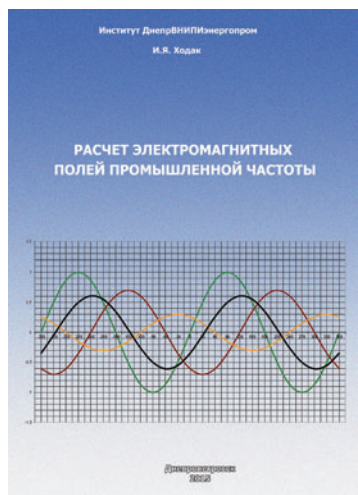
Години доби	$Q_{\text{факт}} \text{ НС,}$ м³/год	Коеф. частки доба/година	$Q_{\text{факт}} \text{ НС,}$ м³/год	Коеф. частки доба/година	$Q_{\text{факт}} \text{ НС,}$ м³/год	Коеф. частки доба/година	$Q_{\text{факт}} \text{ НС,}$ м³/год	Коеф. частки доба/година
0–1	262	38,2	419	33,6	154	34,4	225	42,4
1–2	214	46,8	368	38,3	154	34,4	215	44,4
2–3	196	51,1	359	39,2	155	34,1	215	44,4
3–4	191	52,4	354	39,8	181	29,2	251	38,1
4–5	200	50,1	369	38,2	245	21,6	373	25,7
5–6	258	38,8	437	32,2	222	23,8	380	25,1
6–7	338	29,6	509	27,7	257	20,6	405	23,6
7–8	434	23,1	667	21,1	222	23,8	399	24,0
8–9	507	19,7	729	19,3	212	24,9	389	24,6
9–10	553	18,1	738	19,1	199	26,5	376	25,4
10–11	571	17,5	742	19,0	210	25,2	371	25,8
11–12	548	18,3	734	19,2	317	16,7	470	20,3
12–13	519	19,3	728	19,4	312	17,0	475	20,1
13–14	504	19,9	710	19,8	304	17,4	472	20,3
14–15	490	20,4	511	27,6	216	24,5	448	21,3
15–16	481	20,8	542	26,0	232	22,8	450	21,2
16–17	489	20,5	663	21,3	233	22,7	505	18,9
17–18	507	19,7	683	20,6	236	22,4	602	15,9
18–19	504	19,9	707	19,9	243	21,7	607	15,8
19–20	502	19,9	720	19,6	230	23,0	577	16,6
20–21	495	20,2	702	20,1	182	29,1	438	21,8
21–22	481	20,8	635	22,2	235	22,5	321	29,8
22–23	421	23,8	545	25,9	176	30,1	346	27,7
23–24	345	29,0	518	27,2	161	32,8	250	38,2

ВИСНОВКИ

Наявна потреба перегляду **ДБН В.2.5-74:2013 “Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди”** в розрізі розрахунків споживання із наданням переваги дослідженням фактичних характеристик споживання води, які можуть різнитися не лише в межах населених пунктів, але і в межах насосних станцій одного населеного пункту на різних НС.

Велику увагу потрібно приділити прогнозам споживання води як фактору, який суттєво впливає на характеристики майбутніх проектів.

Будь який розрахунок споживання води та його нерівномірності безпосередньо впливає на ефективність роботи насосних станцій та може призводити до значних перевитрат електроенергії через невідповідність характеристик насосних агрегатів.



РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

В книге главного специалиста-электрика института ДнепроВНИПИЭнергопром кандидата технических наук **И.Я. Ходака** приведены практические методы расчета электрических и магнитных полей, создаваемых воздушными и кабельными линиями электропередач и сухими токоограничивающими реакторами в местах возможного кратковременного или длительного пребывания людей, животных и микропроцессорной аппаратуры. Алгоритмы расчетов позволяют использовать общедоступные офисные программные средства и, при необходимости, выполнить расчеты для контрольных точек вручную.

Книга рассчитана на работников проектных организаций, эксплуатационный персонал служб предприятий электрических сетей, систем электроснабжения предприятий и городов, экологов, работников санстанций и других контролирующих органов.



ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО СБОРУ И ВЫДАЧЕ МОЩНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Книга содержит введение, 12 глав, приложение и заключение. Всего 119 страниц. Формат книги карманный. В ней приведен краткий обзор солнечных и ветровых электростанций: их функциональные и структурные схемы, характеристики основных элементов станции. Приведены схемы присоединения СЭС и ВЭС к энергосистеме, схемы подстанций связи СЭС и ВЭС с энергосистемой, внутристанционные схемы сбора мощности от инверторных подстанций и ветроустановок до подстанций сбора мощности.

Рассмотрены вопросы расчета токов короткого замыкания в близких и удаленных точках короткого замыкания, режимы заземления нейтрали в сети с резисторным заземлением нейтрали, балансы реактивных мощностей. Предложена методика расчета коэффициента несинусоидальности напряжения, вызванной генерацией инверторами и преобразователями частоты токов высших гармоник, в т.ч. с учетом источников гармоник в системе.



**Виконуємо розрахунки рівня електромагнітного поля промислової частоти будь-якої складності на електромережових об'єктах (ЛЕП, РУ ПС та електростанцій, промислових та комунальних підприємствах).
Проводимо відповідні вимірювання.**

**E-mail: krasnozhon08@gmail.com
Тел.: +38 066 612 14 87**

