

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет



ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

За загальною редакцією А. С. Мандрики

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету



Суми
Сумський державний університет
2021

УДК 621.311:620.92]:69(075.8)

Е 62

Авторський колектив:

А. С. Мандрика, кандидат технічних наук, доцент;
С. С. Антоненко, кандидат технічних наук, доцент;
О. Г. Гусак, кандидат технічних наук, професор;
В. О. Панченко, кандидат технічних наук, доцент;
Е. В. Колісниченко, кандидат технічних наук, доцент

Рецензенти:

А. П. Фалендиш – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри рухомого складу транспортних систем ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;
М. І. Сотник – доктор технічних наук, завідувач кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету

*Рекомендовано до видання
вченою радою Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 6 від 16 грудня 2021 року)*

Енергоефективні технології : навчальний посібник /
Е 62 *А. С. Мандрика та ін.* ; за заг. ред. *А. С. Мандрики*. – Суми :
Сумський державний університет, 2021. – 330 с.
ISBN 978-966-657-884-9

У навчальному посібнику розглянуті питання енергоефективності, ощадного використання енергії в будівельних технологіях, наведені заходи щодо підвищення енергоефективності будівель, висвітлені енергоефективні технології в системах опалення, електропостачання й електроспоживання, системах стиснутого повітря, вентиляції та кондиціонування, системах водопостачання, каналізаційних системах.

Навчальний посібник призначений для студентів закладів вищої освіти, що навчаються за спеціальністю «Теплоенергетика» за фаховим спрямуванням «Енергетичний менеджмент», а також студентів інженерних, економічних та екологічних спеціальностей, фахівців різного профілю і сфер діяльності, які бажають одержати початкові знання з ефективного, ощадного використання енергії і застосування їх у практичній діяльності. Може бути використаний для підвищення кваліфікації управлінського і технічного персоналу установ, підприємств різних форм власності з питань енергоефективних та енергоощадних технологій.

УДК 621.311:620.92]:69(075.8)

ISBN 978-966-657-884-9

© Сумський державний університет, 2021
© Мандрика А. С. та ін., 2021

ЗМІСТ

С.

Вступ	9
Розділ 1 Енергозбереження в будівельних технологіях....	13
1.1 Визначальні напрямки з підвищення енергоефективності будівель	13
1.1.1 Характеристика факторів створення тепломасообміну всередині приміщень.....	16
1.1.2 Пасивний тепломасообмін у приміщенні	19
1.1.3 Активний тепломасообмін у приміщенні.....	22
1.1.4 Фактори надходження вологи в будівлю.....	23
1.2 Технології та методи підвищення теплозахисту будівель	25
1.2.1 Нормування теплоізоляції стін житлових будинків .	25
1.2.2 Види та методи визначення зношення будинків	27
1.2.3 Основні принципи підвищення теплозахисту стін ...	29
1.2.4 Принципи утеплення перекриття будинків	32
1.3 Теплоізоляційні матеріали та методи утеплення будівель	33
1.3.1 Характеристика теплоізоляційних матеріалів.....	33
1.3.2 Конструктивно-технологічні рішення додаткового теплозахисту стін	36
1.3.3 Основні етапи проектування додаткового теплозахисту	37
1.3.4 Енергозбережні технології віконних і балконних конструкцій.....	39
1.3.5 Методи модернізації системи опалення будівель	41
1.4 Інноваційні технології в будівельній галузі	43
1.4.1 Зведення енергоефективних будівель	43
1.4.2 Активний будинок	45

1.4.3 Будинок нуль енергії.....	48
1.4.4 Зведення активних будинків в Україні	50
1.5 Аналіз ефективності впровадження проєктів з енергозбереження в будівлях	54
Висновки до розділу 1	55
Контрольні запитання до розділу 1	55
Розділ 2 Ефективне використання енергоносіїв у системах опалення	57
2.1 Існуючі в Україні системи централізованого опалення. Конструктивні схеми. Особливості.....	57
2.1.1 Принципові схеми централізованого опалення	57
2.1.2 Основні проблеми діючих в Україні систем теплопостачання.....	60
2.2 Енергозбережні технології в системах опалення з використанням попередньо ізольованих труб.....	65
2.2.1 Історична довідка.....	65
2.2.2 Основні принципи технології виробництва попередньо ізольованих труб.....	67
2.2.3 Технологія прокладання трубопроводів із попередньо ізольованих елементів.....	69
2.2.4 Системи аварійної сигналізації і виявлення місць витікання теплоносія	70
2.2.5 Основні техніко-економічні показники	71
2.3 Системи централізованого опалення з регульованою подачею теплоносія. Концепції керування тепловим навантаженням	71
2.3.1 Особливості конструктивних рішень сучасних систем опалення	71
2.3.2 Установки кінцевих споживачів теплоти	74
2.3.3 Концепція керування теплого навантаження	75
2.3.4 Облік теплоти	78
2.4 Сучасні системи опалення і гарячого водопостачання	79

2.4.1 Опалювання	80
2.4.2 Опалювальні прилади (радіатори).....	80
2.4.3 Конвектори	81
2.4.4 Трубопроводи	82
2.4.5 Теплі підлоги	82
2.4.6 Котельне устаткування	83
2.4.7 Системи керування котельною	84
Висновки до розділу 2	84
Контрольні запитання до розділу 2	87
Розділ 3 Основні напрямки зниження енерговитрат у системах освітлення.....	89
3.1 Енергозбережні технології в системах освітлення	89
3.1.1 Загальні відомості	89
3.1.2 Деякі поняття світлотехніки і світлові величини.....	90
3.1.3 Світлові та освітлювальні пристрої.....	92
3.1.4 Енергоощадні рішення на стадії проєктування освітлювальних систем.....	94
3.1.5 Економія електроенергії під час експлуатації освітлювальних систем.....	110
3.1.6 Порівняння варіантів освітлювальних систем	118
3.2 Методи підвищення енергоефективності систем освітлення	125
3.2.1 Використання ефективних ламп розжарювання.....	125
3.2.2 Використання флуоресцентних ламп та енергозбережних ламп високої інтенсивності розряду	126
3.2.3 Використання металгалідів та натрієвих ламп	130
3.2.4 Контроль та регулювання освітлення	133
Висновки до розділу 3	135
Контрольні запитання до розділу 3	136
Розділ 4 Енергоощадність та енергоефективність у системах електропостачання, електроспоживання.....	137

4.1 Енергоощадне використання енергії на побутовому рівні	137
4.1.1 Загальні відомості	137
4.1.2 Споживання енергії електроприладами.....	141
4.1.3 Витрати електроенергії на освітлення	149
4.2 Можливості енергозбереження засобами частотно-регульованого електропривода	150
4.2.1 Потенціал збереження енергії в електроприводах..	150
4.2.2 Конструктивні рішення, характеристики перетворювачів частоти	152
4.2.3 Основні переваги регульованого привода.....	156
4.2.4 Сфери застосування регульованого електропривода	157
4.2.5 Оптимізації енергозбереження в частотно-регульованому приводі	159
4.3 Зниження втрат енергії в електричних мережах.....	161
4.3.1 Види втрат енергії в електричних мережах.....	161
4.3.2 Аналіз втрат електроенергії в мережах. Цілі і завдання	163
4.3.3 Заходи щодо зменшення втрат в електромережах..	164
Висновки до розділу 4	173
Контрольні запитання до розділу 4	174
Розділ 5 Підвищення енергоефективності систем стиснутого повітря.....	176
5.1 Методи зниження втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря.....	176
5.1.1 Проблеми енергозбереження в системах стиснутого повітря.....	176
5.1.2 Основні напрями скорочення втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря	178
5.1.3 Зниження енерговитрат методом оптимізації роботи компресорних станцій	182

5.2	Можливості енергозбереження під час постачання та використання стиснутого повітря.....	184
5.2.1	Енергозбереження під час постачання стиснутого повітря.....	184
5.2.2	Зменшення енерговитрат під час використання стиснутого повітря.....	189
	Висновки до розділу 5	197
	Контрольні запитання до розділу 5	199
	Розділ 6 Енергозбереження в системах вентиляції.....	200
6.1	Енергозбереження в системах вентиляції.....	200
6.1.1	Проблеми вентиляції сучасних будівель	200
6.1.2	Класифікація систем вентиляції	201
6.1.3	Устаткування систем вентиляції	207
6.1.4	Роль вікна в системах вентиляції приміщень.....	213
6.1.5	Енергетична ефективність вентиляційних систем..	217
6.1.6	Регулювання вентиляційних систем	221
6.2	Енергозбереження в системах кондиціонування	227
6.2.1	Історія розвитку систем кондиціонування.....	227
6.2.2	Концепція кондиціонування житлових комплексів	233
6.2.3	Класифікація систем кондиціонування.....	237
6.2.4	Можливості енергозбереження в системах кондиціонування	240
	Висновки до розділу 6	247
	Контрольні запитання до розділу 6	250
	Розділ 7 Ефективне споживання енергоносіїв у системах водопостачання, каналізації та водовідведення.....	251
7.1	Основні напрямки зниження енерговитрат у системах водопостачання.....	251
7.1.1	Водопровідне господарство житлового фонду	251
7.1.2	Економія води в структурі водопостачання	254
7.1.3	Підвищення енергоефективності гідросистем	258

7.1.4 Регулювання гідросистеми з метою підвищення їх енергоефективності.....	270
7.1.5 Оптимізація енергоспоживання насосною станцією з кількома паралельно ввімкненими насосами за змінного навантаження	274
7.1.6 Критерії раціонального використання енергії в насосних станціях	278
7.2 Ефективне споживання енергії в системах каналізації та водовідведення.....	286
7.2.1 Загальні відомості про каналізаційні та водовідвідні системи	286
7.2.2 Вимоги до монтажу систем внутрішньої каналізації	290
7.2.3 Енергетичне обстеження систем каналізації та водовідведення.....	301
7.3 Енергозбережні технології й устаткування в системах каналізації і водовідведення	305
7.3.1 Утилізація тепла каналізаційних стоків.....	305
7.3.2 Критерії раціонального використання енергії насосними станціями	309
7.3.3 Енергозбережна модернізація насосних станцій	312
Висновки до розділу 7	316
Контрольні запитання до розділу 7	319
Глосарій.....	321
Список використаної літератури	324

ВСТУП

Історично сталося так, що в Україні, як і в усьому світі, питання енергії розглядалося з погляду можливостей забезпечення енергоресурсами. Це відношення до енергії певною мірою і до цього часу стосується економії енергії, де основна увага приділяється ефективному виробництву енергії і мало уваги приділяється ефективному використанню цієї енергії. Такий підхід призводить до половинчастих результатів. Набагато більш ефективним виявляється підхід, коли економія енергії починається з кінцевих споживачів і, враховуючи мережі енергозабезпечення, доходить до виробничих цехів. Насамперед вивчається енергоспоживання кінцевих споживачів із метою визначення заходів щодо зменшення витрат енергетичних ресурсів. Потім системи енергозабезпечення приводяться у відповідність до потреб транспортування енергії споживачам, виробничі потужності – до більш низьких (менших) потреб.

Ефективне використання енергії має важливе значення для України, оскільки вона є енергодефіцитною країною, а це важкий тягар для економіки країни, що призводить до кризових явищ як в економіці, так і соціальній сфері та обумовлює значну залежність від країн-експортерів енергоносіїв.

Основними стратегічними напрямками підвищення енергетичної ефективності й реалізації потенціалу енергозбереження є технологічна і структурна перебудова економіки та соціальної сфери країни, створення економічних, адміністративних і нормативно-правових механізмів, що забезпечують зростання енергоефективності та обсягів енергозбереження.

Дослідження показали, що серед зазначених напрямів провідну роль відіграє технологічна перебудова

економіки та соціальної сфери країни. За умови досягнення показників енергетичної ефективності, що характерні для промислово розвинених країн, обсяги заощадження енергоресурсів в Україні за рахунок технологічного фактору можуть становити сотні мільйонів тонн умовного палива. Технологічна перебудова економіки країни загалом, її окремих галузей та підприємств передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску енергетично неефективної продукції і впровадження новітніх технологій, обладнання, облікових приладів та систем.

Енергоефективність у нашій країні могла би стати вигідною як ніде у світі. На відміну від ЄС ми досі є країною малозатратних методів підвищення енергоефективності. Наприклад, для того щоб знизити споживання тепла або газу на 20–30 % у нас, зазвичай потрібно відповідним чином утеплити теплотраси та внутрішньобудинкову мережу теплопостачання. Скажімо, в Німеччині для досягнення того самого ефекту необхідно провести капітальний ремонт будинку із заміною вікон або ж інші аналогічні за масштабністю та ціною заходи.

Скорочення споживання енергії в бюджетній сфері повинно бути найважливішим завданням влади на всіх рівнях. Адже це найлегший та найдешевший шлях скоротити споживання імпортного газу.

Ситуацію могли б змінити дії місцевих рад. Потрібно розуміти, що грамотна та продумана політика місцевої влади здатна зекономити дуже значні кошти в місцевих бюджетах без великих капіталовкладень.

Україні властиві ті самі проблеми отримання енергії, що стоять і перед іншими державами світу. До 1986 року пріоритет був відданий розвитку атомної енергетики, її частка в загальному енергозабезпеченні України досягла 17,3 %, а після Чорнобильської аварії, більшою мірою

базувався на теплоелектростанціях, зокрема і на тих, що працюють на природному газі.

Енергетична галузь – одна з основних галузей промисловості, від функціонування якої залежить стан економіки країни. Основна частина електроенергії України (близько 70 %) виробляється на теплових електростанціях за рахунок спалювання викопного органічного палива. Менше ніж 25 % виробленої енергії забезпечується процесами горіння рідкого і газоподібного палива. Інша частина продукції теплоенергетики України визначається процесами горіння твердого палива вугілля, причому спостерігається тенденція до скорочення споживання мазуту і природного газу й зростання частки твердого палива, споживаного теплоелектростанціями.

Теплопостачання населених пунктів України забезпечують 7 500 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується близько 30 000 котелень сумарною потужністю 140 000 Гкал/год на твердому паливі, рідкому паливі та газі.

Основне та допоміжне обладнання значної кількості комунальних котелень вичерпало допустимі терміни експлуатації та істотно перевищує 20 років. У цих котельнях експлуатуються малоефективні, зношені котли з низьким коефіцієнтом корисної дії (70–80 %), застарілою автоматикою і пальниковими пристроями, що обумовлює значні витрати палива (на 20 % вищі від середнього світового рівня), неприпустимо високі забруднення довкілля, і загалом призводить до зниження надійності та якості теплопостачання.

Широке використання вугілля та інших видів викопного палива з метою одержання електричної енергії має явні переваги, оскільки електричну енергію неважко передавати навіть на значні відстані. Нині набуває поширення й електричне обігрівання житла: в будинках не

спалюють ніякого палива і так не утворюється ні диму, ні золи.

Сьогодні теплоенергетику справедливо називають основою технічного прогресу. Але за використання енергії у вигляді електрики ми несемо й певне покарання. За масштабами впливу на довкілля ця галузь займає одне з перших місць. Велика кількість теплових електростанцій спалюють мільйони тонн органічного палива. На їх частку припадає приблизно 1/4 частина всіх шкідливих викидів.

Екологічний вплив теплових електростанцій на середовище залежить від виду палива. Для спалювання в топках використовують 3 групи органічних ресурсів: тверді (вугілля і горючі сланці), рідкі (мазути, дизельне і газотурбінне паливо) і газоподібні (природний газ, біогаз і т. ін.).

Під час спалювання твердого палива на теплових електростанціях в атмосферу викидаються: летка зола з частками палива, що не згоріло, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди вуглецю й азоту, вторинні сполуки та газоподібні сполуки неповного згоряння палива. Побічним продуктом, що утворюється під час згоряння вугілля, є вугільна зола. Золовідвали займають величезні площі землі, які вилучаються з раціонального господарського використання.

Під час спалювання рідких видів палива, зокрема мазуту, з димовими газами в атмосферу надходять сірчистий та сірчаний ангідриди, оксиди азоту, тверді і газоподібні продукти неповного газозгоряння, сполуки ванадію, солей натрію та інші.

Під час спалювання природного газу єдиним найбільш істотним забруднювачем атмосферного повітря є оксид азоту (його утворюється на 20 % менше, ніж під час спалювання вугілля). Природний газ є найбільш екологічно чистим видом енергетичного палива.

РОЗДІЛ 1

Енергозбереження в будівельних технологіях

У першому розділі навчального посібника викладений теоретичний матеріал у вигляді основних понять і положень, який переважно стосується питань підвищення енергоефективності будівель. Наведені ті практичні методики, які найбільш застосовані в будівлях та мають загальнохарактерні риси існуючої різноманітності конструктивних рішень.

Необхідно зазначити, що переважна більшість систем енергозабезпечення будівель житлового фонду, який був зведений у минулому столітті, побудовані на базі типових рішень і характеризуються низькою проектною ефективністю та неприйнятними обсягами витрат щодо споживання енергії порівняно із сучасними показниками енергоефективності. Вибір технічних рішень, що забезпечують збільшення ефективності, аналіз ефективності споживання енергії базується на проведенні відповідного обстеження систем енергозабезпечення будівель.

1.1 Визначальні напрямки з підвищення енергоефективності будівель

На сучасному етапі розвитку технологічних рішень із підвищення ефективності під час використання енергоносіїв основним чинником у напрямку з енергозбереження в будівлях є рівень збереження теплової енергії, тому що кількість матеріальних і фінансових ресурсів, які витрачаються на теплозабезпечення, набагато більші, ніж витрати на системи освітлення, електропостачання та вентиляції. Збереження теплової енергії є основним завданням, вирішення якого впливає на

організацію роботи інших пов'язаних із нею енергетичних систем.

Для вирішення завдання з ефективного використання енергоносіїв у будівлях існує багато інженерних методів, матеріалів, технологій. Убачається за необхідне розглянути теоретичний матеріал, що являє собою загальну фундаментальну інформацію, який формує шляхи самостійного вибору необхідних методів з енергозбереження в будівлях.

Системи теплопостачання є одними з найбільш енергоємних систем. Тому все частіше використовуються програми з енергоощадності, запроваджуються різні енергозберіжні проєкти та технології для зменшення енергоємності в житловому комплексі з метою підвищення енергоефективності систем теплопостачання. Основними заходами, спрямованими на зменшення витрат на теплопостачання будівель є: утеплення огорожувальних конструкцій, горищного й дахового перекриття, підвалів; заміна та модернізація вікон і дверей або їх ущільнення; зменшення площі скління огорожувальних конструкцій; установлення тепловідбивних рефлекторних екранів за опалювальними приладами; запровадження технологій керування внутрішньою температурою приміщень у нічний та неробочий часи, що дає можливість знизити споживання теплоти приблизно на 5–10 %; встановлення ефективного теплообмінного обладнання в тепlopунктах; запровадження системи моніторингу обсягів теплоспоживання та ін.

Необхідно зазначити, що першочерговим заходом із модернізації систем теплопостачання повинно бути встановлення приладів обліку теплової енергії. Зазначена технологія є базовою щодо подальшого обґрунтування запровадження можливих проєктів з енергозбереження, дає технічну можливість для моніторингу споживання

енергоресурсів та можливість виявити факти з їх понаднормативної витрати. Обсяги споживання теплоти на опалення, зафіксовані приладами обліку, залежать від геометричних параметрів будівель, теплозахисних характеристик їх огорожувальних конструкцій та режимів теплоспоживання для підтримання нормативного теплового комфорту в приміщеннях.

Стратегічним напрямком розвитку сучасних технологій у державі, зокрема й у сфері будівництва, є зменшення споживання енергоресурсів. У напрямку енергозбереження будівель велике значення приділяється підвищенню теплозахисту їх огорожувальних конструкцій.

Із загального обсягу споживаної теплової енергії у житлово-будівельній сфері найбільша частка витрачається на опалення, все інше – на виробництво будівельних матеріалів та на саме будівництво. Для зменшення надвеликих обсягів енергоспоживання будинків державними органами введені нові нормативи щодо теплозахисту будівель, які передбачають послідовне зниження енергоспоживання шляхом збільшення в середньому вдвічі величини опору теплопередачі стінових конструкцій і скорочення тепловтрат різних конструктивних елементів.

Найбільшу увагу у вирішенні цієї проблеми приділяють не лише новому будівництву, а й існуючому фонду житлових і громадських будинків, що експлуатуються, теплотехнічні характеристики яких не задовольняють сучасні вимоги з енергозбереження. Зниження величин в енергоспоживанні будинків, що експлуатуються, може бути досягнуте підвищенням вимог щодо теплотехнічних характеристик матеріалів огорожувальних конструкцій, а також улаштуванням опалювальних систем із керованими тепловими режимами.

Не менш важливі архітектурні аспекти в разі модернізації розмаїтості фасадів відновлюваних будинків.

Підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій вимагає істотної витрати фінансових, матеріальних і трудових ресурсів. Тому виконання робіт з улаштування теплозахисту повинно виконуватися після розроблення відповідного проєкту.

У закордонній будівельній галузі практика модернізації будівель й особливо підвищення теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій широко поширене. Це пов'язане з постійним оновленням нормативних показників у бік жорсткості вимог і прискороною їх реалізацією. Розроблені технології спрямовані на відновлення втрачених під час експлуатації будівель теплозахисних властивостей їх огорожувальних конструкцій, а також на удосконалення методів підвищення теплозахисту будівельних елементів і з'єднань, які були закладені в застарілих за технічними вимогами проєктах будівель.

1.1.1 Характеристика факторів створення тепломасообміну всередині приміщень

Середовище приміщень складається з таких основних природно-кліматичних факторів: температури, вологості, руху повітря, сонячної радіації, електромагнітного поля, а також фізичних і хімічних факторів, пов'язаних із виробничою та побутовою діяльністю людини, таких як: теплове випромінювання, шум, вібрація, токсичні пари, гази, які називають шкідливими і небезпечними факторами.

Життєдіяльність людей у приміщеннях будівель вимагає створення і підтримання в них необхідних мікрокліматичних умов, що характеризуються санітарно-

гігієнічними та виробничими вимогами, залежно від призначення приміщення і специфічності виконуваної там роботи.

Мікроклімат усередині приміщень формується під постійним впливом змінних тепломасообмінних факторів із зовнішнім середовищем, а також, антропогенних факторів процесів тепломасообміну, що відбуваються усередині приміщення, таких як: виділення тепла, вологи, пилу, газів і т. ін., тобто тепломасових надходжень, пов'язаних із життєдіяльністю людини.

Формування відповідного мікроклімату в приміщеннях впливає на стан комфорту, що є суб'єктивним почуттям людини, яке виникає у зв'язку зі сприйняттям органами чуттів зовнішніх подразників, таких як: тепла, запахів, кольорової гами, світла, вібрації, звуків і т. ін.

Найефективніше піддаються керуванню фактори, що визначають тепловий комфорт і ступінь енергоспоживання в приміщенні, насамперед температура повітря, відносна вологість та рух повітря. Додаткові фактори керування – це температура поверхонь предметів у приміщенні, тепловіддача і терморегуляція тіла людини, що пов'язано з теплоізолювальною здатністю одягу, її паро- і повітропроникністю.

Перші основні із зазначених факторів називають мікрокліматичними умовами, що визначають рівень енергоспоживання в будинках. Інші фактори пов'язані з пристосованістю організму людини до умов довкілля і з підтриманням його теплового балансу.

Основними фізичними показниками, що впливають на рівень енергоспоживання в приміщенні, є:

- середня температура повітря в приміщенні та її зміна впродовж визначеного періоду;
- усереднена температура всіх внутрішніх поверхонь приміщення;

– вологість і санітарно-гігієнічний стан повітря в приміщенні.

Загалом діяльність людини відбувається в певній частині приміщення, цю частину називають обслуговувальною, або робочою зоною. Усі системи створення мікроклімату разом із технологіями теплозахисту огорожувальних конструкцій повинні забезпечувати комфортні умови в цій зоні приміщення за мінімуму енергоспоживання.

Комфортними умовами вважають такі параметри мікроклімату, за яких людина, яка перебуває в межах обслуговувальної або робочої зони приміщення, не зазнає перегрівання або переохолодження.

На сучасному рівні технологій підтримання комфортних мікрокліматичних умов усередині приміщень будівель здійснюється за допомогою систем забезпечення мікроклімату, такі як системи кондиціонування, системи опалення і системи вентиляції.

Режим тепломасообміну – це сукупність усіх зовнішніх факторів та енерговитратних процесів, які створюють тепломасообмінний стан у закритих приміщеннях. Умовно його поділяють на тепловий, вологісний, повітряний.

Існує класифікація за інтенсивністю тепловиділення всередині приміщень. Відповідно до цієї класифікації більшість приміщень у цивільних будинках (житлові, адміністративні, шкільні і т. д.) відносять до категорії з незначними тепловиділеннями. Зазначені приміщення потребують опалення в холодний період року. Причому з метою економії енергії використовується природна вентиляція таких приміщень. Імовірна нерівномірність розподілу температури за об'ємом у таких приміщеннях у холодну пору року може бути певною мірою компенсована

правильним розміщенням припливних і витяжних вентиляційних отворів.

1.1.2 Пасивний тепломасообмін у приміщенні

Тепломасообмін у будинку між зовнішнім і внутрішнім повітрям відбувається природним шляхом – пасивний обмін, або штучним шляхом – активний обмін (за допомогою технічних засобів і технологій).

За пасивного тепломасообміну повітря надходить у приміщення і видаляється з нього через нещільності або спеціальні отвори в огороженнях або каналами систем природної вентиляції. Створення такого процесу зазвичай не вимагає використання спеціальних енерговитратних технологій. Такий підхід щодо експлуатації будівель необхідно враховувати як на етапі проектування будівлі, так і на етапах реновації будівлі.

Якщо потрапляння повітря відбувається ззовні всередину приміщення, то такий процес називають інфільтрацією, під час руху повітря у зворотному напрямку – ексфільтрацією.

Основними природними факторами, що спричиняють переміщення повітряних мас у будинку, є тепловий режим, гравітаційний і вітровий тиск.

Унаслідок того, що повітрообмін у будинку значною мірою залежить від теплового режиму, то інфільтрація холодного зовнішнього повітря всередину приміщення призводить до додаткових енергетичних витрат на його нагрівання. Втрати тепла на різні види інфільтрації холодного повітря становлять значну частку від основних тепловтрат. Також рекомендується враховувати втрати тепла через масив огорожень при теплотехнічному розрахунку, тому що вони призводять до зниження температури на внутрішній поверхні огорожень.

За пасивного тепломасообміну під час прогрівання нижніх поверхів повітря піднімається в приміщення верхніх поверхів. За температури нижчої від нуля градусів, і різниці тисків, спричиненої сильним вітром, втрати тепла відбуваються як за рахунок теплопровідності стінових конструкцій, так і за рахунок холодної інфільтрації холодного повітря через нещільності огородження. Тому поряд із загальним повітрообміном рекомендується враховувати кількість зовнішнього повітря, що в цьому разі інфільтрується всередину приміщень.

Будова буферних приміщень (тамбурів, застаканованих лоджій або балконів), ущільнення стулок віконних конструкцій, щільна і надійна герметизація з'єднань між окремими елементами огорожувальних конструкцій є в таких випадках тими основними енергозбережними заходами, завдяки яким забезпечується зниження рівня енергоспоживання в будинках.

Нагріті або холодні поверхні є джерелами радіаційного нагрівання або охолодження в приміщенні. Усі внутрішні поверхні стін, технічне обладнання і меблі, а також основна маса повітря є факторами пасивного процесу теплообміну й утворення конвекційних потоків. Вплив зовнішнього середовища на тепловий режим огорожувальних конструкцій будівлі і приміщень визначається спільною дією декількох метеорологічних параметрів – відносна вологість зовнішнього повітря, сонячна радіація, напрямок вітру, кількість опадів та ін. Усе це необхідно враховувати під час визначення втрат тепла через огородження. Для холодного періоду року визначальними параметрами є температура зовнішнього повітря та швидкість вітру. Тривалість опалювального періоду залежить від географічного місця розташування будівлі і вимог щодо підтримання умов комфорту всередині її приміщень.

Для створення найефективнішого пасивного тепломасообмінного процесу в будівлі необхідно максимально враховувати і використовувати природний фактор, такий як сонячна радіація.

Ураховуючи вищезазначене, для підвищення рівня енергетичної ефективності під час експлуатації будівель необхідно використовувати такі проєктні рішення пасивного впливу на режим тепломасообміну в будинках:

а) забезпечення теплонадходження в приміщення від сонячної радіації:

- використання просторової форми будинку;
- вибір орієнтації будинку щодо сторін світу;
- врахування ступеня і характеру скління фасаду будинку;

– вибір кольорів фарбування фасаду і покрівлі будинку;

- врахування ступеня затінення фасаду будинку;
- використання сонцезахисних засобів;

б) застосування теплозахисних властивостей зовнішніх огорожувальних конструкцій:

- використання будівельного матеріалу стін із найменшим значенням коефіцієнта теплопровідності;
- вибір теплозахисної здатності скління;
- використання відповідних теплозахисних вставок або матеріалів з ефектом теплоаккумуляції, що входять до зовнішніх огорожень;

в) вплив на рівень температури повітряного середовища поблизу будинку:

– використання заходів з озеленення прилеглих до будинку територій;

- вибір засобів захисту огорожень від вологи;

г) вибір періоду роботи засобів створення пасивного тепломасообміну:

– відкривання і закриття вікон та інших отворів будинку для регулювання вентиляції.

1.1.3 Активний тепломасообмін у приміщенні

Як було зазначено вище, активний тепломасообмін доводиться застосовувати, якщо методи пасивного тепломасообміну вже не спроможні забезпечити необхідний енергозбережний ефект для підтримання комфортних умов у приміщеннях будівлі.

Створюючи активний тепломасообмін за допомогою енерговикористовувальних пристроїв, необхідно співвідносити його з енергетичними витратами, які повинні зводитися до мінімуму. Цього можна досягти:

– оптимізацією в енергетичному відношенні технічних систем для забезпечення життєдіяльності людей у будівлі;

– контролем за рівнем виділення всередині приміщень забруднення, що потребує для зменшення його концентрації подачі зовнішнього повітря;

– модернізацією систем теплозабезпечення і холодозабезпечення за рахунок використання нетрадиційних джерел тепла і холоду, рекуперації тепла і т. д.;

– удосконалюванням систем забезпечення мікроклімату.

Однаковість температури і відсутність руху повітря в закритому приміщенні небажані. Необхідно керуватися нормативними показниками щодо параметрів кратності повітрообміну, швидкості руху повітря у приміщенні залежно від його призначення.

Якщо на одному боці приміщення є джерело охолодження повітря (наприклад, холодна поверхня вікна), то близько до нього повинно розміщуватися джерело

випромінювання тепла (наприклад, опалювальний прилад) для того, щоб компенсувати втрати тепла.

Існують такі шляхи активного впливу на тепломасообмінний режим у будинках, що призначені для контролю та підтримання необхідного стану повітряних мас усередині приміщень:

а) регулювання повітрообміну в приміщенні:

– визначення розташування будинку щодо напрямку «панівних» вітрів;

– визначення прийнятної схеми провітрювання;

– вибір аеродинамічної якості будинку;

б) контроль за процесом проникнення повітря через зовнішнє огороження:

– вибір конструкції зовнішніх огорожень із повітропроникними властивостями;

– використання засобів захисту від інфільтрації зовнішнього повітря.

Необхідно зазначити, що в разі запровадження методів пасивного та активного тепломасообміну в будівлях із метою створення в них комфортних умов для життєдіяльності людини, необхідним є виконання вимог зі збереження енергії. Визначені заходи повинні бути спрямовані не лише на зниження потреби в енергії, а й на зменшення забруднення зовнішнього середовища і збільшення періоду використання поновлюваних природних ресурсів: сонячне тепло, геотермальне тепло, природний рух повітря і т. д. Водночас витрати високопотенціальної енергії повинні бути зведені до мінімуму.

1.1.4 Фактори надходження вологи в будівлю

На технічний стан матеріалів огорожувальних конструкцій будівлі і на ефективність процесу підтримання

комфортних умов переважно впливає рівень вологості. Волога є першим й основним «ворогом» самої будівлі та періоду її використання, так і всіх видів витрат на її експлуатацію.

Основними факторами надходження вологи в конструктивні елементи будівлі є:

- будівельна волога – вона потрапляє на поверхні та всередину огорожень під час зведення будинків, ремонту або виготовлення самих будівельних матеріалів;

- ґрунтова волога – вона потрапляє за відсутності водоізолюваного захисту і може проникати в стінові огороження з ґрунту завдяки процесу капілярного всмоктування, і підніматися по мікротріщинах огорожень на висоту до 2–2,5 м від рівня землі;

- метеорологічна волога – вона проникає в огороження під час випадання опадів;

- гігроскопічна волога – вона потрапляє в стінові огороження будинків унаслідок здатності будівельних матеріалів поглинати вологу з повітря (сорбційні властивості будматеріалів);

- волога, що конденсується, – процес конденсації водяної пари з повітря на внутрішній поверхні огорожень і у їх товщі, що пов'язано з тепловим режимом самих огорожень і відбувається у разі, якщо їх температура дорівнює або нижча від температури точки роси.

У перші роки експлуатації нових будинків відзначається підвищений вологовміст більшості огорожувальних конструкцій. Особливо це належить до конструкцій, виконаних із бетонів, цегляної кладки, деревини. У зв'язку із цим у більшості зведених будинків значна частина огорожувальних конструкцій несе надлишок хімічно не зв'язаної вологи й у початковий період їх експлуатації віддає її повітряному середовищу приміщень. Це зі свого боку призводить до значних

тепловтрат через холодні огорожувальні конструкції, що прямо впливає на рівень енерговитрат для забезпечення рівня комфорту в приміщеннях, а саме їх збільшення порівняно з нормативними вимогами.

Крім загального повітрообміну, значний вплив на вологість повітря в приміщенні має розміщення джерел виділення вологи, а також особливості її поширення по будинку або комплексу суміжних неізолюваних приміщень. Перенесення вологи пов'язане з нерівномірним розподілом тиску в окремих зонах приміщення і природними течіями повітря, спрямованими в бік меншого тиску.

1.2 Технології та методи підвищення теплозахисту будівель

1.2.1 Нормування теплоізоляції стін житлових будинків

Проблема поліпшення теплозахисту експлуатованих будинків виникла як наслідок енергетичної кризи, що посилюється за період останніх років. Це пов'язане з більшим споживанням енергоресурсів, які йдуть на опалення будинків, що становить у деяких країнах найбільшу частину із загальної витрати енергії. Такі обставини привели до того, що в більшості зарубіжних країн нормовані величини теплозахисту огорожувальних конструкцій, а саме, величини необхідних опорів теплопередачі залежно від призначення будинку, збільшилися в 2–3,5 раза.

У разі визначення економічно доцільного рівня енергоефективності під час модернізації будівель або нового їх будівництва, враховуються основні види втрат тепла, вартість теплової енергії, вартість матеріалу теплоізоляційного шару багат шарової конструкції,

відпускні ціни на огорожувальні конструкції, вартість їх транспортування і монтажу.

Невеликі помилки, що допускаються під час конструювання, виготовлення, монтажу та експлуатації огорожувальних конструкцій призводять до зниження температури на внутрішній поверхні стін нижче від припустимої, що найчастіше призводить до їх зволоження, що зі свого боку зменшує величину опору теплопередачі стін до неприйнятних значень.

Вимоги щодо підвищення енергетичної ефективності будинків, які є основним кінцевим споживачем енергії, стають однією з важливих складових законодавства в більшості країн світу. Основне завдання, сформульоване під час створення системи нормативних документів, полягає в реалізації потенціалу енергозбереження в будівельному комплексі за рахунок поліпшення енергетичної ефективності нових, відновлювальних та експлуатованих будинків і систем їх енергозабезпечення.

Зниження енергоспоживання в будівельному секторі – проблема комплексна: і тепловий захист опалювальних будинків, і її контроль є найважливішою частиною загальної проблеми. Передбачається поетапний перегляд існуючих норм із теплозахисту в бік більш жорстких їх показників. Також паралельним питанням є вирішення проблем із теплого захисту для будинків із системами охолодження внутрішнього повітря в теплу пору року. Це означає, що для різних кліматичних зон держави нормативні показники з рівня теплового захисту будуть різнитися за умовами енергозбереження на опалення та на охолодження.

Сучасні нормативні показники з теплового захисту будинків відповідають тенденціям підвищення рівня

енергоефективності будівель на світовому рівні, і методи їх контролю визначені:

- установленням числових значень нормованих показників енергоефективності будинків;
- класифікацією нових та експлуатованих будинків за енергетичною ефективністю;
- створенням можливості виявлення груп експлуатованих будинків, які необхідно терміново реконструювати з погляду енергоефективності;
- розробленням правил проектування теплового захисту будинків під час використання показників енергоефективності;
- розробленням методів перевірки відповідності нормованим показникам теплового захисту й енергетичної ефективності, як під час проектування і будівництва, так експлуатації будинків (сертифікація будівель);
- обмеження або недопущення проектування будинків із витратами енергоресурсів, які перевищують установлені нормовані показники енергоефективності.

Зміна в нормуванні теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій дає значний ефект в економії енергетичних ресурсів, які витрачаються на опалення будинків. Але це досягається лише в тому разі, якщо впроваджуються нові конструктивні і технологічні рішення зовнішніх стін, які пристосовані не лише до кліматичних умов, а й до будівельної бази.

1.2.2 Види та методи визначення зношення будинків

У процесі улаштування додаткового теплозахисту значна увага приділяється різним видам зношення окремих елементів і систем будинків загалом. Величини зношення житлових будинків визначають стан житлового фонду, черговість проведення теплозахисних заходів, їх обсяги,

фінансові витрати і взагалі ступінь енергетичних витрат на їх експлуатацію. Стосовно житлових та громадських будинків розрізняють два види зношення – фізичне і моральне.

Фізичне зношення житлових будинків – це втрата ними за весь період експлуатації рівня первісних матеріальних витрат, а також експлуатаційних якостей і технічних властивостей: міцності, твердості, теплозахисних та експлуатаційних властивостей, а також і зовнішнього вигляду.

Зазначений метод визначення рівня зношення будівлі полягає в тому, що за результатами обстеження технічного стану конструктивних елементів установлюють відсоток зношення кожного елемента. Достовірне визначення розмірів фізичного зношення як окремих конструктивних елементів і конструкцій (систем, видів устаткування), так і будинків загалом має принципове практичне значення, оскільки знання цих величин необхідне для визначення економічної доцільності проведення теплозахисних заходів і здійснення якісного проектування додаткової теплоізоляції.

Моральним зношенням житлових будинків є невідповідність будинків існуючим на момент оцінювання нормативним об'ємно-планувальним, архітектурно-конструктивним, санітарно-гігієнічним та іншим вимогам. Причини, що спричиняють сам процес морального зношення, мають яскраво виражений соціальний характер. На практиці житлові та громадські будинки, які були зведені на одному рівні комфортабельності, через якийсь проміжок часу перестають відповідати сучасним критеріям їх оцінювання. Історично склалося так, що моральне старіння житлових будинків настає значно раніше, ніж їх фізичне зношення.

1.2.3 Основні принципи підвищення теплозахисту стін

Підвищення теплозахисних властивостей стінових огорожувальних конструкцій полягає в збільшенні їх опору теплопередачі. Це досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами, які повинні захищатися від зовнішніх впливів захисно-декоративним шаром, здатним за необхідності зберегти або поліпшити архітектурно-художній вигляд будинку або приміщення.

Термомодернізація будинків – це дії, спрямовані на термоізоляцію перегородок і ущільнення помешкань. Але без попереднього функціонального аналізу приміщень такі заходи будуть необґрунтованими. Втручання у вологісно-термічну рівновагу будинку може призвести до погіршення показників комфортності, навіть до неможливості проживання в модернізованому помешканні.

Причини промерзання перегородок можуть бути різними:

- неправильно спроектована теплоізоляція перегородки в конструкційних вузлах;
- невдала заміна спроектованого ізоляційного матеріалу на інший, із вищою теплопровідністю, або незаповнення пустот ізоляційним матеріалом, як передбачає проєкт;
- недостатня вентиляція приміщень, унаслідок неправильного проєктування, виконання або експлуатації (герметизація приміщень і вікон, закриття витяжних решіток);
- неправильна експлуатація приміщень, як за проєктними вимогами, так і за їх призначенням.

Для додаткового теплозахисту стін існують два основних способи його розміщення: із зовнішнього або внутрішнього боку стіни. У деяких випадках за певного обґрунтування, виконують теплозахист будинків із

розміщенням утеплювача із зовнішнього і внутрішнього боків стіни одночасно. Цей спосіб можна назвати комбінованим.

Нанесення теплоізоляційного матеріалу на внутрішній поверхні стіни має такі позитивні якості:

- теплоізоляційний матеріал, який не має достатньої здатності до опору впливам зовнішнього середовища, перебуває в сприятливих умовах і не потребує додаткового захисту із застосуванням дорогих засобів підмащування;

- здійснення робіт з улаштування теплозахисту може здійснюватися в будь-яку пору року незалежно від способу кріплення.

Недоліки нанесення теплозахисту на внутрішній поверхні стіни з боку приміщення такі:

- зменшення площі приміщення за рахунок збільшення товщини стіни;

- необхідність улаштування (з метою виключення випадання конденсату) додаткового теплозахисту в кутових місцях прилягання плит і перекриттів до зовнішніх стін;

- необхідність улаштування пароізоляційного шару перед теплоізоляційним матеріалом із боку приміщення з метою захисту стіни від зволоження;

- перебування матеріалу стінової конструкції в зоні низьких температур, що знижує теплову інерцію огороження;

- неможливість захистити конструктивні стінові стики будинків від протікань;

- неможливість змінювати архітектурно-художній вигляд фасаду;

- необхідність відведення мешканців;

- складність установа теплоізоляції в місцях розміщення приладів опалення, а також у межах товщини підлоги.

Розміщення теплозахисту із зовнішнього боку стіни має істотні позитивні якості, такі як:

- створення захисної термічної оболонки, яка виключає утворення «містків холоду»;
- виключення необхідності устрою пароізоляційного шару;
- можливість захисту стиків від протікань у великопанельних будівлях;
- можливість створення нового архітектурно-художнього вигляду будинку;
- можливість одночасно з установами теплоізоляції виправляти дефекти стіни;
- перебування матеріалу стінової конструкції в зоні позитивних температур;
- під час встановлення теплоізоляції із зовнішнього боку стіни не зменшується площа приміщень.

Ураховуючи всі зазначені переваги, нормативними документами, які регламентують технологію виконання теплоізоляції будівель, однозначно стверджується, що виконання теплоізоляційного покриття необхідно виконувати лише на зовнішній поверхні огорожувальних конструкцій. І лише в окремих випадках дозволяється виконувати теплоізоляцію з внутрішнього боку стіни, наприклад, коли будівля визначена архітектурно-історичною пам'яткою.

Установлення теплозахисту із зовнішнього і внутрішнього боків стіни одночасно майже не використовується, тому що цей спосіб має велику трудомісткість робіт. Він застосовується в особливих випадках, коли неможливо забезпечити відповідний рівень теплозахисту методом нанесення теплоізоляції лише з одного боку стіни.

1.2.4 Принципи утеплення перекриття будинків

Дахове перекриття – це один з основних конструктивних елементів будинку, який забезпечує його схоронність і функціональність. Експлуатаційні якості покриття даху значно впливають на умови проживання на верхніх поверхах будинку, а також на фізичний і технологічний стан зовнішніх стін, горищного перекриття, балконів верхніх поверхів. Особливо важливим є підтримання дахового перекриття в технічно справному стані в зимовий період, оскільки будь-які порушення такого стану в цю пору року часто призводять до ушкоджень огорожувальних конструкцій будинку та погіршення параметрів внутрішнього мікроклімату.

Теплоізоляційний матеріал має потребу в захисті від зовнішніх впливів, тому конструктивне виконання утеплення дахового перекриття повинно являти собою багат шарову конструкцію (так званий «покрівельний піриг»).

Для умов теплозахисту мансардного поверху або опалювального горищного поверху принцип виконання утеплення такий: зовнішнє дахове покриття, вентиляційний контур, шар захисту від вітру та вологи, шар теплоізоляції, шар пароізоляції.

Для умов теплоізоляції суміщеного перекриття принцип виконання утеплення такий: зовнішнє захисне покриття, технологічна стяжка з будівельних розчинів, шар теплоізоляції, дахове перекриття.

В умовах, коли проводиться утеплення горищного перекриття, необхідно додатково виконувати теплоізоляцію трубопроводів, вентиляційних каналів, витяжних труб, виключення надходження тепла зі сходової клітки, забезпечення природної вентиляції горищних приміщень створенням спеціальних душників.

1.3 Теплоізоляційні матеріали та методи утеплення будівель

1.3.1 Характеристика теплоізоляційних матеріалів

Конструкція додаткового теплозахисту в період експлуатації зазнає зовнішніх і внутрішніх впливів.

До зовнішнього впливу відносять: сонячну радіацію, атмосферні опади, змінні температури, вологість повітря, звукові хвилі, повітряний потік, гази, хімічні речовини, біологічні шкідники.

До внутрішніх впливів відносять: силові навантаження (постійні, тимчасові та короткочасні), коливання температури, вологість, морозне обдимання і сейсмічні хвилі.

Термін служби визначає довговічність. Правильна і довгострокова робота теплозахисту будівлі забезпечується в тому разі, якщо він буде здатний протистояти даним впливам і відповідати конструктивним, технологічним і естетичним вимогам.

Для досягнення надійності захисних конструкцій необхідно, щоб вони були вогнестійкими, обмежували або не допускали проникнення вологи всередину конструкції і були стійкі до актів вандалізму.

Для досягнення технологічних вимог конструкція додаткового теплозахисту повинна бути індустріальною, транспортабельною, технологічно не складною під час монтажу, ремонтпридатною.

Теплоізоляційний матеріал для утеплення будинку зберігає тепло, втримуючи в собі повітря в нерухомому стані, завдяки його комірчастій структурі, яка характеризується різною щільністю. Чим щільніший за такою структурою матеріал, тим менш рухливе повітря в ньому. За дуже низької щільності комірчастої структури

матеріалу різко зростає повітрообмін і тепло йде з утеплювача. У такому разі необхідно збільшувати його товщину, а це економічно та технологічно не вигідно для споживача. Крім того, зі зменшенням щільності зростає стисливість матеріалу і зменшується термін служби теплоізоляції.

У сучасній будівельній практиці застосовують різноманітні теплоізоляційні матеріали, основні з яких:

- легкі бетони (керамзитобетон, перлітобетон, шлакобетон, газо- і пінобетон та ін.);

- «теплі» розчини (цементо-перлітовий, гіпсо-перлітовий, поризований та ін.);

- вироби з органічних матеріалів (плити деревостружкові, фібролітові, комишитові та ін.);

- мінераловатні та скловолокнисті матеріали (мінераловатні мати, мінераловатні плити м'які, напівтверді, тверді і підвищеної твердості, плити зі скловолокна та ін.);

- полімерні матеріали (пінополістирол, пінопласт, пінополіуретан, піноскло або газоскло та ін.);

- композиційні матеріали і вироби з них (перлітопластобетон та ін.).

Використання того чи іншого конкретного матеріалу для теплозахисту стін залежить від цілої низки визначальних чинників, серед яких: довговічність, необхідна товщина шару теплоізоляції, технологічна прийнятність розміщення матеріалу на стіні, маса теплоізоляційної конструкції, вартість матеріалу, трудомісткість устрою, можливість транспортування матеріалу на будівельний майданчик.

На сьогодні найбільш поширеними під час установа додаткової теплоізоляції є полімерні матеріали (пінополістирол, пінополіуретан) та вироби з мінеральної вати і скловолокна; в разі виконання

теплоізоляції з цих матеріалів маса всієї конструкції теплозахисту буде найменшою.

Наявність у будівельній галузі великої кількості теплоізоляційних матеріалів, які мають різну технологію монтажу, вартість і коефіцієнт теплопровідності, виникає проблема вибору найбільш економічно доцільного матеріалу. Для цього необхідно керуватися величиною повної собівартості встановлення одного квадратного метра утеплювача, а для умов термомодернізації будівель ще й розрахунковим показником терміну окупності робіт із нанесення теплоізоляції. Для теплоізоляційних матеріалів існує тенденція збільшення вартості квадратного метра утеплення в разі збільшення щільності й міцності теплоізоляційного матеріалу. Але використання більш міцних теплоізоляційних матеріалів, призводить до збільшення терміну служби теплозахисту. Це пов'язане з тим, що більша міцність та щільність за своєю комірчастою структурою теплоізоляційних матеріалів є найбільш повними показниками, які характеризують їх довговічність.

Питання гарантованої довговічності на період експлуатації теплоізоляційного матеріалу в конструкціях додаткового теплозахисту на цей час є маловивченим. Тому доводиться користуватися приблизними статистичними даними про довговічність теплоізоляційних матеріалів.

Для утеплення стін існуючого житлового та суспільного фонду будівель найбільш доцільно застосовувати теплоізоляційні матеріали з пінополістиролу, мінеральної вати і скловолокна. Товщина утеплювача визначається розрахунком.

Для узагальнення наявних даних і полегшення вибору конкретного варіанта додаткової теплоізоляції складена нормативна класифікація технічних рішень теплозахисту стін. Технічні рішення теплозахисту загалом можуть бути класифіковані за трьома основними ознаками:

за місцем розміщення (із внутрішнього і зовнішнього боків стіни); за видом матеріалу утеплювача; за видом матеріалу захисного шару.

1.3.2 Конструктивно-технологічні рішення додаткового теплозахисту стін

Приблизно з початку ХХІ століття в нашій державі склалася розгалужена галузь будівельної індустрії, завданнями якої є виготовлення та встановлення теплозахисту стін будинків.

Вибір технологічного методу нанесення теплоізоляційного і захисно-декоративного шарів характеризується трьома основними ознаками:

- за походженням компонентів, які входять до їх складу (органічні, неорганічні);
- за умовами виготовлення (будівельні, серійні заводські);
- за способами кріплення (механічні, клейові, комбіновані та пошарове нанесення).

Способи встановлення і закріплення теплоізоляційних матеріалів класифікують такими конструктивно-технологічними рішеннями:

- нанесення за технологією штукатурення та будівельної кладки – пінополіуретан, «теплі» розчини, легкі бетони та ін. Теплозахист із легких бетонів має два варіанти будови: шляхом пошарового нанесення на стіну і подачею бетону між стіною і опалубкою;
- навішення за допомогою будівельних монтажних стрижнів – скловолкнисті плити напівтверді і підвищеної твердості, пінополістирольні плити, пінопласти та ін.;
- закріплення на напрямних – мінераловатні плити, плити зі скловолкна;

– клейове кріплення з навішенням – плити з піноскла, скловолокнисті плити, пінополістирольні плити, пінопласти та ін.

Установлення утеплювача з внутрішнього, зовнішнього або одночасно з внутрішнього і зовнішнього боків стіни може здійснюватися з повітряним прошарком (вентильованої або невентильованої) або без нього.

Захисно-декоративне покриття теплоізоляційного матеріалу може виконуватися за технологією пошарового нанесення цементного, полімерного та ін. складу оздоблення, або за технологією механічного чи клейового кріплення облицьовувальних панелей із керамічних, бетонних плиток, тонколистового металу, дерева, полімерів та інших матеріалів. У цей час найбільше використовують способи штукатурення з теплоізоляції та способи облицьовування теплозахисту штучним матеріалом.

1.3.3 Основні етапи проєктування додаткового теплозахисту

Проєктування додаткового теплозахисту житлових будинків зазвичай складається з чотирьох основних етапів.

Перший етап проєктування починається з моменту первісного визначення передбачуваного характеру і орієнтовних обсягів майбутніх заходів щодо теплозахисту.

На другому етапі проєктування обстежують об'єкт теплоізоляції, аналізують принципово можливі способи підвищення додаткового теплозахисту. Уточнення завдання дозволяє скласти алгоритм обстеження певних частин утеплюваного будинку, що передбачає такі складові:

– безпосередній огляд стінових конструкцій (загальний огляд конструкцій, обмірювання елементів і вузлів, виявлення дефектів та ушкоджень візуально й за допомогою інструментів і приладів);

- установлення характеру та величини діючих навантажень і впливів (установлення технологічних навантажень, визначення атмосферних навантажень, виявлення характеру і ступеня агресивності зовнішніх впливів на стінові конструкції, а також природно-кліматичних факторів);

- оцінювання фізико-механічних характеристик матеріалів і конструкцій (виявлення на основі проєктної і виконавчої документації характеристик матеріалу, визначення механічних характеристик матеріалів неруйнівними методами і випробування їх у лабораторіях);

- аналізування результатів обстеження.

Третій етап проєктування складається з виконання перевірних розрахунків, варіантного аналізу конструктивних рішень, можливих способів ведення робіт, використання різних матеріалів для теплоізоляції. З розроблених варіантів вибирають той варіант, що задовольняє побажання замовника і є доцільним з погляду проєктної організації.

До четвертого етапу виконання робіт теплоізоляції огороджувальних конструкцій будівлі можна віднести здійснення авторського нагляду й участь у комісії з приймання закінчених етапів утеплення і теплозахисту будинку загалом.

Повноцінну економію енергетичних ресурсів, які йдуть на опалення будинку, можна одержати лише в комплексі із заходами щодо скорочення втрат тепла через огороджувальні конструкції, які не відповідають нормативним вимогам з опору теплопередачі, і модернізацією інженерного устаткування (опалення й вентиляції).

1.3.4 Енергозберіжні технології віконних і балконних конструкцій

Віконні та балконні конструкції є невід'ємною частиною фасадів, за своєю сумарною площею вони становлять майже половину від площі зовнішніх стін житлових будинків і призначені для забезпечення необхідної природної освітленості приміщень і можливості контакту з довкіллям.

У зв'язку з цим світлопрозорі огороження житлових будинків повинні відповідати певним вимогам.

Теплозахист узимку – тепло повинне залишатися в приміщенні, однак вікна не повинні перешкоджати проникненню всередину сонячного випромінювання, а також температура внутрішньої поверхні скління повинна бути якнайближче до температури внутрішнього повітря (умова комфорності).

Теплозахист влітку – захист приміщень від надмірного нагрівання сонцем.

Захист від непогоди – дощ і вітер не повинні проникати всередину приміщень.

Освітленість – забезпечення приміщень повною інсоляцією.

Прозорість – максимальна прозорість ізсередини назовні та обмеження видимості ззовні всередину.

Звукоізоляція – забезпечення шумової ізоляції ззовні та зсередини.

Вентиляція (припливна і витяжна) – забезпечення необхідної інфільтрації свіжого повітря з додержанням усіх вимог до стану повітря у приміщенні.

Функціональність і технологічність – простота і надійність в експлуатації, монтажу і виготовленні.

У зимовий період тепловтрати через вікна житлових будинків можуть досягати до 30 % від загальних втрат тепла

будинком. Це свідчить про те, що яким би гарним не був додатковий теплозахист стін, без проведення заходів щодо скорочення тепловтрат через віконні та балконні конструкції, він не дасть очікуваного ефекту.

Фактично значення опорів теплопередачі вікон застарілої конструкції в будинках існуючого житлового фонду відрізняються від нормативних більше ніж утричі. Основною причиною такого відхилення є їх повітропроникність, спричинена проникненням холодного повітря в повітряний прошарок між двома скляними стінками вікон (відповідно і всередину приміщень). Це спричинює посилену конвекцію повітря в міжскловій порожнині і призводить до неприйняттого зниження теплозахисної здатності. Опір теплопередачі вікон із деревини застарілої конструкції зі щілинами в стулках плетінь і штапикових кріпленнях доходить до $0,2-0,17 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Водночас високий ступінь ущільнення віконних конструкцій негативно впливає на умови мікроклімату в житлових приміщеннях, що приводить до необхідності проведення певних заходів із реконструкції системи вентиляції. Від ущільнення більшою мірою, ніж теплозахисту, залежить ізоляція приміщень від шуму.

Таким чином, теплозахисні властивості вікон – це не лише проблема економії енергії, а й забезпечення комфортних умов усередині приміщень.

Поки що вимоги, які ставляться до вікон (за винятком вимог до зовнішнього вигляду), забезпечуються використанням трьох основних видів матеріалів – деревини, пластмаси й алюмінію, а також їх комбінації. Кожний матеріал характеризується специфічними властивостями, які можуть сприяти як перевагам, так і недолікам конструкції.

Базовими елементами сучасних віконних і балконних конструкцій є склопакети. Основою для їх широкого використання стало застосування нових недорогих технологій із використанням надійних герметиків і термолірованого скла. Варіюючи різними видами скла з тепловідбивними (й іншими) покриттями, відстанями між склом, кількістю повітряних камер і складом газонаповнення склопакетів, виготовляють вікна з будь-якими заданими енергозбережними параметрами. Найвищий термічний опір мають конструкції із застосуванням газонаповнених двокамерних склопакетів (заповнення інертними газами) із теплозахисним склом.

Для забезпечення надходження свіжого повітря в приміщення крізь віконні отвори розроблені і застосовуються деякі технічні пристрої. Зокрема, на сучасні вікна ставлять так звані «вентиляційні клапани», які забезпечують оптимальний за швидкістю повітрообмін у приміщеннях.

1.3.5 Методи модернізації системи опалення будівель

Старі, зношені системи опалення – один із визначальних факторів зниження енергоефективності будівель. Модернізація застарілих опалювальних систем дає можливість значно зменшити витрати на енергоресурси для обігрівання будинків. Але перш ніж її розпочинати, необхідно обстежити системи опалення загалом та її елементи з одночасним визначенням величин тепловтрат зовнішніх стін будинку.

Покращити енергоефективність системи опалення будівлі можна під час виконання такої послідовності заходів з енергозбереження, як:

- термореновація будинку – заходи із додаткового утеплення зовнішніх стін; установлення сучасних вікон; ущільнення входних і балконних дверей;

- модернізація джерела тепла – встановлення в тепловому вузлі регулювальної автоматики (за технологією індивідуального теплопункту), що дає можливість регулювати температуру теплоносія залежно від температури довкілля з обов'язковим установленням лічильника теплової енергії, а це дасть можливість контролювати витрату тепла в будинку; встановлення регуляторів тиску, які утримують на необхідному для вузла і теплообмінника рівні тиск на подавальному і зворотному трубопроводах; установлення регулятора витрати теплоносія залежно від режиму теплоспоживання; використання очисних фільтрів;

- ліквідація корозії та інкрустації – використання труб із полімерів; виконання хімічного промивання системи;

- герметизація та модернізація системи – встановлення напірного розширювального бачка; використання безсальникових насосів; установлення регуляторів витрати на стояках, щільних відсікальних кульових кранів;

- модернізація або заміна приладів опалення;

- встановлення сучасних контрольно-вимірювальних приладів із можливістю дистанційного передавання інформації;

- заміна способу прокладання трубопроводів системи – застосування поквартирної системи опалення, яка дає можливість виконати розведення трубопроводів у межах однієї квартири, що забезпечує підтримку заданої температури повітря в приміщеннях цієї квартири.

1.4 Інноваційні технології в будівельній галузі

Сьогодні великі сподівання покладають на енергоефективні будинки та енергію з відновлюваних джерел, яку можна отримати від вітру, сонця, а також у результаті спалювання деревини та біопалива. Будинки можуть і повинні бути більш екологічними та енергоефективними.

В усьому світі можна спостерігати, як відмова від викопного палива стає трендом. Насамперед це стосується житлово-комунальної сфери і досягається модернізацією старих будівель та за рахунок упровадження енергоефективних технологій.

Розвиток будівельних технологій не стоїть на місці. А отже, незабаром людство перестане будувати малоефективні будівлі, оскільки відповідно до Директиви щодо енергетичних показників будівель, яку прийняли країни Євросоюзу в грудні 2009 року, з 1 січня 2020 року вимагається будівництво щонайменше пасивних будівель.

1.4.1 Зведення енергоефективних будівель

До 2021 року країни Євросоюзу планують перейти на принципово нові будівельні стандарти, що дозволяють зводити енергоефективні будинки, здатні за рахунок поновлюваних джерел виробляти енергії більше, ніж споживають самі. Нові стандарти можна звести до принципу «трьох нулів» – нульове споживання енергії з міської енергосистеми, нульові викиди забруднювальних повітря речовин, нульові обсяги відходів. Цього, зокрема, вимагає Директива ЄС з енергоефективності будівель. Поки активні будинки здебільшого експериментальні, ціна яких помітно вища, ніж в аналогічних звичайних будинків, у середньому на 20–30 %.

Нульове енергоспоживання досягають за рахунок ефективного використання поновлюваних природних джерел енергії, яка трансформується в електрику: сонце, вітер, біопаливо, енергія річок, припливів та відпливів тощо. Наразі існує низка реалізованих проєктів, у рамках яких будинки впродовж багатьох місяців споживають електроенергії менше, ніж виробляють.

Значний економічний ефект можна одержати за допомогою використання сучасних енергозбережних технологій та якісної теплоізоляції будівель. Концепція нульового енергоспоживання не виключає можливості під'єднання до міської електромережі в моменти пікових навантажень або під час дефіциту енергопотужності від поновлюваних джерел. Однак після цього в міську мережу із залишком повертається вся спожита енергія.

Використання енергоефективних і біокліматичних технологій в активних будинках до мінімуму зводить шкідливі викиди для людей та довкілля (вуглекислий газ, леткі органічні речовини тощо). Після завершення терміну експлуатації будинку його можна легко демонтувати, а всі конструкції піддати вторинному переробленню. Такі будинки не залишають після себе ніяких відходів.

Активні будинки з'явилися в Україні завдяки Закону про «зелений» тариф. Уже є багато будинків, на дахах яких встановлені фотопанелі потужністю до 10 кВт і здатні впродовж 1 року перекрити свої витрати електроенергії, ще й подати значну частину енергії до загальної електромережі.

Варто відзначити, що на сьогодні вартість будівництва енергоефективних будинків вища, ніж аналогічних за розмірами будівель, побудованих за традиційними технологіями. Переважно різниця у витратах визначається вартістю необхідного енергогенерувального обладнання: вітряки, фотогальванічні панелі, теплові

насоси тощо. Крім того, як будівельні матеріали використовують дорожчу і якісну екологічну речовину – дерево, камінь, склобетон тощо.

На сьогодні у світі налічується більше ніж 100 реалізованих проєктів активних будинків. Так, у Європі побудовано 33 будинки, у США – 30 будинків, у Латинській Америці – понад 20, в Канаді – понад 10 і приблизно стільки само в Азії та Австралії разом узятих.

1.4.2 Активний будинок

Активний будинок із позитивним енергобалансом – це будівля, яка отримує енергію з довкілля за допомогою альтернативних джерел кількістю, що перевищує власні потреби. Для мінімізації енерговитрат і економії ресурсів застосовують кращі технології пасивних і розумних будинків. Так, перші технології, пов’язані з використанням у житловому будівництві особливостей довкілля і ландшафту, з’явилися в американського архітектора Френка Ллойда Райта. Він заклав основи нового напрямку в будівництві – органічної архітектури. Її ключовий постулат – будинок повинен доповнювати природу і рельєф, причому доповнювати і плануванням, і матеріалами.

Принципи побудови активних будинків

Проектування активного будинку починають із вивчення місцевості, зокрема: рельєфу, клімату (вологості, світлового режиму, напрямів і швидкостей повітряних потоків), складу повітря і наявності в ньому хімічно агресивних речовин.

Потім відбувається вибір технології будівництва. Енергозбережні будинки, як активні, так і пасивні, дуже різноманітні – по суті, кожний такий будинок створюють із нуля. Типових екобудинків не буває. Найчастіше вибір припадає на каркасне будівництво, яке сторіччями

використовували в холодних регіонах світу – Канаді та Ісландії. Каркасні конструкції відносно дешеві і дозволяють гнучко варіювати планування житла, а багатошарові панелі, що утворюють поверхні, забезпечують хорошу теплоізоляцію. Інша перспективна технологія – сітчасті оболонки. Її поки що рідко використовують для побудови енергоекономічних будинків цілком, але часто застосовують для створення секцій сонячних батарей.

Планування будинку з позитивним енергобалансом

Вибір технології будівництва обумовлюється переважно рельєфом і характером ґрунтів, на яких стоятиме будівля. Зважаючи на специфіку клімату, архітектори розробляють модель будинку. Споруду орієнтують таким чином, щоб площа поверхонь, повернених до сонця, була максимальною. Це забезпечує природне нагрівання та освітлення, а також можливість використання пристроїв сонячної енергетики і теплонакопичувачів.

Віконні отвори є основним каналом енергообміну будинку й вулиці. Тому відкриття та закриття жалюзі, від яких залежить освітлення, поглинання і віддавання тепла, багато в чому здійснюється автоматично. За це відповідають інтелектуальні системи керування – спадок «розумних» будинків. Наприклад, якщо в приміщенні нікого немає і, отже, немає необхідності в освітленні, смужки жалюзі розгортаються «поглинальним» темним боком до скла. Зрозуміло, самі вікна активних будинків – це склопакети з якісною теплоізоляцією.

Джерела енергії

На сьогодні існує безліч альтернативних джерел енергії, по-справжньому ефективні лише деякі з них. Під час будівництва будинків із позитивним енергобалансом найбільш використовуваними є сонячні батареї, мініатюрні

вітряні електростанції, геотермальні свердловини, теплові насоси.

Перші два джерела енергії сильно залежать від клімату і застосовні не скрізь. Проте, к. к. д. сучасних сонячних панелей достатній, щоб забезпечувати будівлю електрикою навіть у високих широтах і країнах із малою кількістю ясних днів. Геотермальні свердловини можуть використовуватися, якщо є допустим глибинне буріння. Їх закладають одночасно з фундаментом. На відміну від сонячних і вітряних установок перепланування геотермальних джерел енергії практично неможливе. Теплові насоси – установки, які безпосередньо використовують другий закон термодинаміки. Вони дозволяють «викачувати» тепло прямо із землі і повітря, причому необов'язково теплих. Незважаючи на простоту принципу, ефективність теплових насосів не надто висока і їх застосування має швидше експериментальний характер.

Перспективи активних будинків

Перші пасивні (в сучасному розумінні) будинки почали будувати у 80-х роках минулого століття, а вже в 90-х з'явилася ідея активного будинку. Особливий інтерес до проєкту виявили Данія та Німеччина, країни, що виділяють серйозні кошти на екологічні дослідження.

Саме в Данії був уперше побудований будинок, який виробляє енергію. Подальші розробки проводять як у сфері вдосконалення технологій спорудження екобудинків, так і сфері проєктування цілих міст, що забезпечують себе енергією за відсутності окремих енергостанцій. Такі міста задалегідь отримали назву «стабільних» – за задумом вони не лише економлять енергію, а й взагалі не мають негативного впливу на довкілля.

1.4.3 Будинок нуль енергії

Будинок нуль енергії, або **будинок із нульовим споживанням енергії**, – будівля, яка має високу енергоефективність, здатна на місці виробляти енергію з поновлюваних джерел і споживати її рівною кількістю впродовж одного року. За умови вироблення кількості енергії меншої, ніж необхідно для споживання, будівлю називають будинком із майже нульовим споживанням.

Будинки з нульовим споживанням енергії не використовують викопне паливо й отримують необхідну енергію з поновлюваних джерел. Вони можуть бути традиційними будівлями, але з великим сонячним колектором, сонячною батареєю чи вітрогенератором.

Більшість таких будинків будують за такими принципами:

- зменшення необхідної енергії;
- використання надлишків енергії;
- зменшення необхідності в штучному охолодженні (опаленні);
- забезпечення високоефективними системами керування мікрокліматом та іншими системами, зокрема освітлення;
- забезпечення поновлюваними джерелами енергії сонця, вітру тощо.

На практиці термін «будинок нуль енергії» може мати різні значення:

– **будівлі з нульовим чистим споживанням енергії із загальної мережі**, які подають в енергомережу впродовж року таку саму кількість енергії, яку вони отримують із цих мереж;

– **будівлі з нульовими викидами вуглецю**, які не використовують енергію, що призводить до викидів CO₂, або які впродовж року компенсують використану енергію

викопного палива за рахунок власного виробництва достатньої кількості енергії без викидів CO₂;

– *окремо розміщені будівлі з нульовим споживанням енергії із загальної мережі*, які не вимагають під'єднання до будь-яких мереж, крім резервних. Такі будівлі можуть зберігати енергію для використання в нічний час доби або в зимовий період;

– *будинки з позитивним енергобалансом або активні будинки*, які подають у системи енергопостачання більшу кількість енергії, ніж використовують. За 1 рік ці будівлі виробляють більше енергії, ніж споживають.

Переваги:

– власники таких будинків можуть не турбуватися про майбутнє подорожчання енергоносіїв;

– підвищений комфорт за рахунок рівномірного розподілу тепла в будинку;

– немає потреби в жорсткій економії енергії;

– знижується загальна щомісячна вартість життя;

– вища вартість перепродажу будинку, оскільки попит на такі будинки більший, ніж пропозиція.

Недоліки:

– витрати на будівництво значно вищі;

– дуже мало архітекторів та будівельників мають необхідні знання, щоб зводити такі будинки;

– хоча будинок упродовж 1 року може отримати та віддати в мережу однакову кількість енергії, але якщо він братиме енергію в час пік, то це не знизить необхідної потужності електростанцій;

– будинок не може ефективно використовувати енергію сонця, якщо південна (для північної півкулі) сторона будинку перебуває в тіні.

1.4.4 Зведення активних будинків в Україні

Українці найчастіше використовують у будівництві цеглу, метал і бетон, однак на ринку існують компанії, що пропонують енергоефективні помешкання. Перший в Україні серійний енергоефективний дім звели під Києвом у 2015 році.

Компанія «ВЕЛЮКС» (Україна) є одним з організаторів першого проєкту енергоефективного будинку, створеного на основі концепції «Активний дім». Енергоефективний будинок побудували в селі Микуличі (20 км від Києва) на ділянці 0,06 га розміщеній на території котеджного містечка. OptimaHouse – це сучасний будинок загальною площею 128 м² із мансардним поверхом і терасою, розрахований на проживання сім'ї з 3 осіб. На двох поверхах, урахувуючи мансарду, розміщені вітальня, кухня-їдальня, 2 спальні, загальна гардеробна, санітарний вузол із душовою, простора ванна кімната з пральнею, технічне приміщення з усіма інженерними системами. В OptimaHouse встановлено 9 мансардних вікон лінії Premium. Переважна частина вікон із дистанційним керуванням та живленням від сонячної батареї для більшого ефекту енергозбереження. Усі вікна оснащені загартованим зовнішнім склом і внутрішнім склом «триплекс» для безпеки та комфорту мешканців будинку. Обов'язковим елементом конструкції є клапан для провітрювання зі змінним фільтром. У відкритому вигляді він сприяє проникненню свіжого повітря в приміщення навіть за закритого вікна. А фільтр надійно захищає від потрапляння пилу та комах.

Отже, для опалення будинку можна використати систему теплового насоса в поєднанні із сонячними панелями і сонячними колекторами для підігрівання води, які встановлені на даху із західної та східної сторін будівлі.

Економити на електроенергії дозволить також продумана система природного освітлення і прозорі конструкції (фасадні і мансардні вікна, двері), які також забезпечать надходження природного тепла.

В окремому приміщенні будинку встановлено інвенторне обладнання, з'єднане з акумулятором, який дозволяє перетворювати енергію сонця на електричну, а також накопичувати її на випадок непередбачуваних відключень у мережі.

Завдяки використанню енергоефективних технологій, сонячним батареям, високому рівню автоматизації керування енергоспоживанням, а також теплоізоляції і системі природного освітлення, річне споживання енергії будинком OptimaHouse буде на 65 % нижче, ніж у звичайних будинків аналогічного розміру.

Таким чином, річне споживання енергії для опалення будинку становитиме до $40 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ (загальне споживання енергії – до $60 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$).

Вартість такого будинку становить до $1\,000 \text{ \$}/\text{м}^2$ з внутрішнім обробленням. Проект призначений для споживачів із середнім доходом. За словами розробників OptimaHouse, мешканці стандартних будинків щомісяця за енерго- і водоспоживання платять близько 96 \$, а мешканці OptimaHouse будуть платити 14 \$ за 1 місяць.

У Дніпрі придумали спосіб швидкого будівництва екобудинків – за допомогою панелей із соломи. Солома – доступний природний матеріал. Процес дуже простий: на дерев'яний каркас пресом утрамбовують соломку. Краї підрівнюють і отримують рівну панель. Таким способом можна «побудувати» солом'яний будинок лише за 2 місяці. Переваги солом'яного матеріалу – це його теплохарактеристики, які вдвічі більші за необхідні.

Компанія «Екопан» для створення будинку використовує панельно-каркасну технологію, яку ще

називають SIP-технологією (Structural Insulated Panel – структурна ізоляційна панель): будівлю збирають як конструктор із готових елементів. Економно та швидко. Для будівництва використовують панелі завтовшки 20 см. За температури ззовні 12 °С для опалювання будинку площею 200 м² потрібно лише 10 м³ газу на 1 добу, що майже у 9 разів менше, ніж для опалювання кам'яного будинку такої самої площі.

Вартість будинку – близько 500 \$/м² з урахуванням внутрішнього оброблення.

Будинки такого самого типу дуже поширені в Канаді, Норвегії, на Алясці та в інших країнах із суворим кліматом. Навіть без опалення і в сильний мороз будинок не промерзне.

Будинок-термос, який ефективно економить тепло, побудував своїми силами житель Івано-Франківська. За словами господаря, влітку будинок відмінно зберігає прохолоду, а взимку майже не потребує опалення.

Пасивний будинок

Навесні 2016 року в Україні запустили стартап PassivDom, що передбачає створення не просто пасивних будинків, а повністю автономного житла. Будинок, який не потребує підключення до комунікацій, можна побудувати навіть високо в горах.

Каркас будинку створено на 3D-принтері і не містить стиків, що гарантує хорошу теплоізоляцію.

Житло збирають із модулів по 36 м², на даху будинку встановлюють сонячну електростанцію. Для очищення не дуже забрудненої води (наприклад, із душу) та її повторного використання є спеціальна система.

PassivDom – це «розумне» житло: система сама регулює температуру в приміщенні за даними прогнозу погоди, контролює заряд акумуляторів та багато іншого. За

допомогою програми на смартфоні функціями будинку можна керувати.

Створення будинків за модульною технологією застосовують і в Португалії. Компанія Gomos System «будує» житло лише за 3 дні.

Компанія Neoasce будує пасивні будинки з герметичним прошарком, що забезпечує теплоізоляцію високої якості. Компанія додержується німецьких принципів Passivhaus.

Енергію для будинку виробляють сонячні батареї і колектори, теплові насоси. Будинок не потребує під'єднання до електромережі або до системи опалення. Вартість будинку – 1 000 \$/м² з урахуванням внутрішнього оброблення, комунікацій та сантехніки.

Для порівняння в таблиці 1.1 наведені витрати теплової енергії за видами будинків в Україні.

Таблиця 1.1 – Витрати теплової енергії за видами будівель в Україні

Індивідуальний житловий будинок (загальна площа – 140 м²)	Річна витрата тепла, кВт · год/м³	Питома витрата тепла, Вт · год/м²
Будинки старої забудови (до середини 90-х років минулого століття)	600	125
Будинки згідно з ДБН В 2.2-15-2005	150	70
Будинки низького енергоспоживання	70	14–32
Будинки ультранизького споживання	30–15	14–7
Сучасний пасивний будинок	Менше ніж 15	Менше ніж 7

1.5 Аналіз ефективності впровадження проєктів з енергозбереження в будівлях

Розроблені проєкти та виконані роботи з енергозбереження в житлових і громадських будівлях зазвичай є самоокупними. Економія коштів, досягнута за рахунок скорочення споживання теплової енергії, забезпечує повернення вкладених у запровадження проєктів фінансових витрат.

Вихідною величиною щодо розрахункового аналізу економії від упровадження проєктів щодо заощадження енергії є визначення базового рівня теплоспоживання будівель до початку реалізації заходів з енергозбереження.

Базовий рівень встановлюється індивідуально для кожної будівлі на основі аналізу фактичних обсягів теплоспоживання за попередні роки (за приладами обліку або договорами з тепlopостачальною організацією). Визначають теплову потужність будівель за питомою опалювальною характеристикою як попередній розрахунок для подальшого порівняння розрахункової величини з базовим тепловим навантаженням.

Економію теплової енергії розраховують як різницю між базовим та проєктним розрахунковим теплоспоживанням будівель. Її величина залежить від різниці погодних умов між базовим та розрахунковим роком: чим більша різниця температурних показників відповідних періодів року, тим розрахункова величина економії буде меншою і навпаки. З метою уникнення значної похибки у визначенні реальної енергоефективності запропонованих заходів необхідно приводити показники теплоспоживання до стандартних умов.

Потрібно зазначити, що для визначення економії теплоенергії необхідно розділити загальне базове теплоспоживання на його складові обсяги – на опалення

(теплову вентиляцію) та гаряче водопостачання (ГВП), які визначаються за показниками приладів обліку.

Запровадження об'єднаної електронної системи моніторингу та керування споживання обсягами енергоресурсів, особливо в будівлях бюджетної сфери, дозволить максимально об'єктивно оцінити рівень економії від запровадження можливих енергозберіжних технологій щодо зниження витрат на опалення чи гаряче водопостачання в адміністративних і громадських будівлях.

Висновки до розділу 1

На сучасному етапі розвитку технологічних рішень із підвищення енергоефективності визначальним фактором є рівень збереження теплової енергії в будівлях, що є основним завданням, вирішення якого пов'язане з організацією робіт в інших енергетичних системах – гарячого водопостачання, електропостачання, вентиляції, кондиціонування, освітлення.

Основними напрямками теплозбереження в будівлях є регулювання пасивного та активного тепломасообміну всередині приміщень і використання різних теплоізоляційних матеріалів для підвищення теплозахисту будівель. Під час виконання зазначених напрямів із підвищення енергоефективності особливу увагу необхідно приділяти не лише новому будівництву, а й фонду житлових та громадських будинків, що перебувають в експлуатації, і теплотехнічні характеристики яких не задовольняють сучасні вимоги з енергозбереження.

Контрольні запитання до розділу 1

1 Які фактори, що визначають тепловий комфорт і ступінь енергоспоживання в приміщеннях, найбільше піддаються керуванню?

2 На які види поділяють вологу, яка надходить до огорожувальних конструкцій?

3 Які існують основні види пасивного впливу на режим тепломасообміну в будинках?

4 Які існують основні види активного впливу на режим тепломасообміну в будинках?

5 Що таке режим тепломасообміну, і на які типи його поділяють?

6 У чому полягає основне завдання нормативних документів з енергозбереження в будівельному комплексі?

7 Що означає поняття «фізичне зношування житлових будинків»?

8 Що означає поняття «моральне зношування житлових будинків»?

9 Які існують основні способи додаткового теплозахисту стін будівель?

10 У чому полягають заходи щодо створення нормативного температурно-вологісного режиму в будівлях?

11 Які складові характеризують зовнішній та внутрішній вплив на теплозахист будівлі?

12 Які основні теплоізоляційні матеріали застосовують під час утеплення будівель?

13 Яка основна класифікація технологій нанесення теплоізоляційних матеріалів на стіни будівель?

14 Назвіть основні вимоги, яким повинні відповідати світлопрозорі огороження житлових будинків.

15 Перелічить послідовність основних методів модернізації системи опалення будівель.

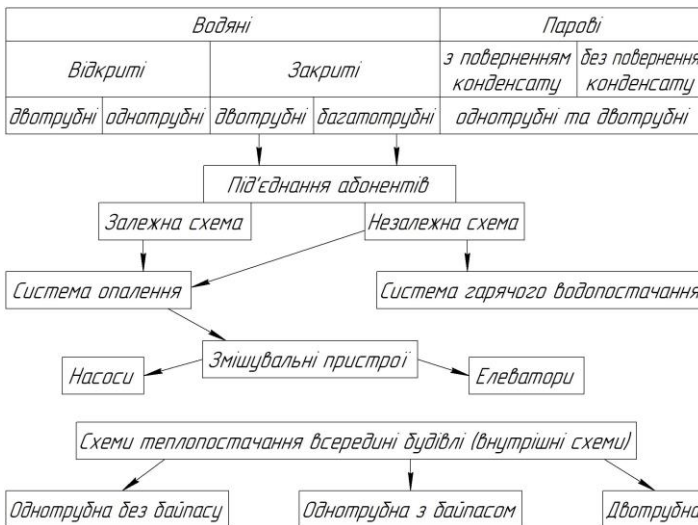
16 У чому полягає суть визначення економії витрат на теплову енергію під час термомодернізації будівель?

РОЗДІЛ 2

Ефективне використання енергоносіїв у системах опалення

2.1 Існуючі в Україні системи централізованого опалення. Конструктивні схеми. Особливості

2.1.1 Принципові схеми централізованого опалення



**Рисунок 2.1 – Класифікація схем централізованого
опалення**

**Основні переваги схем централізованого
опалення:**

Водяна система:

- технологічні переваги на ТЕЦ;
- висока акумулювальна здатність;
- можливість кількісного і якісного регулювання.

Парова система:

- можливість передавання, транспортування енергоносія;
- більш високі температури;
- низька густина теплоносія, що важливо під час витоків і в сильно рельєфній місцевості.

Відкрита:

- можливість використання однотрубних схем;
- простота абонентських введів;
- можливість використання низькотемпературних енергоносіїв.

Закрита:

- відсутність втрат мереженої води;
- використання в системах гарячого водопостачання водопровідної води;
- стабільність гідравлічного режиму внаслідок незмінності витрати теплоносія у зворотних лініях.

Однотрубна:

- економія труб;
- зменшення експлуатаційних витрат.

Двотрубна:

- можливість використання різних схем теплопостачання, приєднання абонентів та різних способів регулювання.

Багатотрубна:

- можливість забезпечення різних споживачів теплотою істотно різних характеристик.

Залежна схема приєднання абонентів:

- простота та економічність.

Незалежна (ізольована) схема приєднання абонентів:

- відсутність гідравлічного зв'язку між мережею та абонентом;
- відсутність впливу тиску в мережі на абонента;

- відсутність впливу статичного тиску в абонента на параметри мережі.

Елеватори:

- простота;
- надійність;
- економічність.

Електричні насоси:

- плавність регулювання;
- незалежність від потрібного напору;
- простота автоматизації системи місцевого регулювання.

Навіть наведений фрагментарний огляд систем централізованого теплозабезпечення свідчить про наявність різноманітних способів забезпечення споживачів теплом. Водночас кожний елемент системи має свої переваги та недоліки, які роблять їх використання доцільним за тих або інших обставин.

Найбільш широко використовують у житловому секторі України двотрубні водяні системи централізованого теплопостачання з центральним регулюванням температури й елеваторним вузлом на ввіді в будівлю. У середині будівлі зазвичай використовується однотрубне розведення по поверхах із байпасним клапаном або без нього. За однотрубного розведення та однакового споживання теплоносія кінцеві споживачі повинні мати більшу поверхню тепловіддачі, ніж початкові.

Безумовною перевагою такої системи є її простота і дешевизна. Але вона має недоліки щодо якості регулювання теплоспоживання, тому що важко піддається як груповому, так і індивідуальному регулюванню.

Аналогічні переваги та недоліки мають системи гарячого водопостачання. У закритих системах централізованого теплопостачання вода для системи

гарячого водопостачання підігрівається в теплообмінниках поверхневого типу. Водночас використовують як одноступеневий, так і двоступеневий підігрів води. Максимальне спрощення систем дало можливість знизити їх собівартість і витрати на обслуговування. До того ж у системах не передбачені компенсатори пікових навантажень, за які зазвичай можна використовувати акумуляційні баки. У відкритій системі теплопостачання з використанням принципу зв'язаного регулювання пікові перевитрати теплоти в системі гарячого теплопостачання компенсуються зменшенням витрат у системі опалення. Використання як акумулятори теплоти елементів конструкції будівель енергетично виправдано, але не завжди доцільно в умовах зниження обсягів теплоспоживання.

Дуже негативно на споживання теплоти впливає недостатня кількість, а інколи й повна відсутність вимірювальних приладів не лише в індивідуальних, а й у групових споживачів тепла.

2.1.2 Основні проблеми діючих в Україні систем теплопостачання

На сьогодні основною проблемою в системах теплопостачання, як і в інших галузях економіки, є відсутність необхідного фінансування. У відмежуванні від цієї проблеми вирішення інших технічних завдань здається утопією. Спроба перекласти ці проблеми на плечі політиків, на жаль, не приносить бажаного результату.

З іншого боку, робота системи лише «на виживання», вирішення лише сьогоденних проблем створює замкнене коло, в результаті якого технології виробництва, транспортування енергії старіють,

енергетичні втрати й енергоємність виробництва ростуть, а для задоволення цих додаткових потреб необхідні додаткові фінансові «вливання» (витрати).

Ця ситуація простежується в останні роки і не влаштовує ні виробників енергії, ні споживачів.

Тому вважається доцільним розглянути не лише економічні проблеми, а й технічні.

Як вже відзначалося, системи теплопостачання повинні відповідати низці вимог, серед яких можна особливо виділити:

- економічність;
- надійність;
- регульованість;
- екологічну чистоту.

Цілком зрозуміло, що окремі положення можуть суперечити один одному, тому завдання повинне вирішуватися комплексно, з урахуванням усіх вимог. До того ж пріоритет може бути наданий тим чи іншим вимогам, залежно від вимог споживачів енергії та інших обставин (наприклад, законодавчих актів).

Економічність. Діюча система теплопостачання створювалася і розвивалася в умовах жорсткої планової економіки і нормативного розподілу. Цим багато в чому визначаються її особливості, переваги та недоліки. Основна концепція розвитку системи теплопостачання будувалась на максимальному її спрощенні та здешевленні. У разі використання нормативних показників цього можна досягти попереднім налаштуванням систем таким чином, щоб для однорідних споживачів споживання теплоти було пропорційним.

У цьому разі нескладно з прийнятною точністю підрахувати індивідуальне і навіть місцеве теплоспоживання, що дає можливість відмовитися від великої кількості не лише лічильників теплоти, а й від

регуляторів. За відсутності індивідуального регулювання найбільш економічним і обґрунтованим у будівлях є однотрубна система опалення.

Використання залежних систем приєднання абонентів до теплових мереж, а також використання відкритих систем гарячого водопостачання дозволяє скоротити до мінімуму кількість поверхневих теплообмінників.

Регулювання температури води в системах опалення за допомогою елеваторів, а подачі – за допомогою діафрагм дає можливість знизити не лише вартість обладнання, а й витрати на його обслуговування.

Проблема пікових навантажень добових графіків теплоспоживання в житлових будинках пов'язана з інтенсивним споживанням гарячої води в ранкові і вечірні години. Найбільш очевидним і простим шляхом вирішення цієї проблеми є застосування акумуляторів теплоти, за які зазвичай використовують баки гарячої води. Однак споруда самого бака і приміщення для нього потребують додаткових фінансових витрат.

З погляду економіки більш ефективно використовувати як акумулятори теплоти конструкційні елементи будівлі, що дозволяє в години максимального водозабору знизити теплове навантаження в системах опалення.

Одним із найбільш простих і дешевих способів є безканалне прокладання теплових мереж. Однак ще недавно була відсутня високоефективна тепла ізоляція з тривалим терміном старіння. Ізоляція, створена в галузевій лабораторії Міненерго, добре себе зарекомендувала в місцях із сухим нейтральним ґрунтом, а в інших місцях термін її безремонтної експлуатації був недостатнім для повсюдного впровадження.

Тому значного поширення в містах України набула технологія підземного прокладання трубопроводів у непрохідних каналах. Канали захищають трубопроводи й ізоляцію від впливу ґрунту. Крім того, вони полегшують проведення ремонтних робіт, які за відсутності якісної ізоляції доводиться проводити доволі часто. Незважаючи на додаткові витрати, пов'язані з виготовленням бетонних коробів, використання каналів виявилось економічно доцільним.

Найбільш вигідним з економічної та енергетичної точок зору джерелом тепла є ТЕЦ. Комбіноване виробництво теплоти й електроенергії зменшує вартість не лише електричної, а й теплової енергії.

В окремих випадках теплова енергія є «дармовою» в тому розумінні, що за відсутності утилізації нею б довелося гріти докільця або перетворювати на електроенергію, але з дуже низьким к. к. д. Переважно це стосується енергоємних виробництв, зокрема металургійних підприємств, де витрати теплоти на власні потреби значно менші, ніж виділяється в технологічних процесах.

Надійність. Скорочення до мінімуму в системах контрольно-вимірювальної апаратури, регульованих приладів і обладнання, поверхневих теплообмінників, електричних насосів та іншого допоміжного обладнання підвищує надійність теплової системи. Позитивно відбивається на надійності й централізація виробництва, яка забезпечує достатньо високий рівень виробництва і розподіл теплоти.

Найбільш слабким ланцюгом у системах теплопостачання, мабуть, необхідно вважати теплові мережі. В діючих теплових мережах великі труднощі викликає не лише їх ремонт, а й діагностування трубопроводів та ізоляції, що негативно впливає на прогнозування ремонтних робіт.

Регульованість. Найбільш широко використовуваним в Україні способом централізованого регулювання теплових мереж є регулювання зміною температури теплоносія. Цей спосіб добре себе проявив за умов, коли навантаження збалансоване й однорідне. Таке регулювання дає можливість планово змінювати теплове навантаження, але водночас тепла мережа стає дуже інерційною. У разі великої довжини мережі споживач може відчувати зміни лише через кілька годин. За централізованого регулювання зміною температури теплоносія виникають проблеми в разі використання кількох джерел теплоти.

Раніше відзначалося, що індивідуальне регулювання теплопостачання в житлових будинках, найімовірніше, не передбачене, і через це опалювальні прилади повинні передавати чітко визначену кількість теплоти.

Рекламоване використання обладнання можна було б очікувати за чітко розрахованої і відрегульованої системи опалення (інколи виникає проблема змінити параметри теплоносія навіть у цьому випадку; наприклад, за відсутності в зимовий період людей у квартирі можна було б обійтися лише вартим режимом опалення). На практиці часто відбуваються заміни радіаторів, нарощення батарей і таке інше, що призводить до розрегулювання опалювальної системи. До того ж інші споживачі отримують теплоти менше, ніж заплановано. У підсумку вони використовують або додаткові джерела теплоти (електрообігрівачі, газ і т. ін.), або нарощують потужності опалювальних приладів (поглиблюючи ситуацію), або залишаються у дискомфортних умовах. Останнім часом у зв'язку зі зниженням обсягів постачання теплоти ця обставина стала ще більш актуальною. Необхідно підкреслити, що в цьому разі має місце і соціальна несправедливість, тому що відбувається перерозподіл цін на тепло: плата здійснюється за проєктними величинами, а споживання не відповідає цим

величинам. Негативно на якість регулювання впливає використання на стояках будівель елеваторів, а не насосів.

Екологічні показники. Будь-яке виробництво теплоти з хімічного палива шкідливе для довкілля. Спалення палива супроводжується появою оксидів азоту, оксидів і двооксидів вуглецю та сірки. Тому неможливо вести розмову про екологічно чисте спалювання палива. Потрібно зазначити, що системи централізованого теплозабезпечення порівняно з іншими способами отримання тепла є більш екологічно чистими. Пояснюється це тим, що:

- за рахунок високої ефективності зменшується кількість спалюваного хімічного палива, а отже, зменшується кількість шкідливих викидів у довкілля;
- ТЕЦ обладнані високоякісними очисними спорудами. Малі виробники не можуть використовувати таке обладнання.

Негативно впливають на умови життєзабезпечення людини також відкриті системи тепlopостачання.

2.2 Енергозбережні технології в системах опалення з використанням попередньо ізольованих труб

2.2.1 Історична довідка

Зазвичай за нормально функціонуючої економіки в умовах міста з високим рівнем теплоспоживання централізоване тепlopостачання з погляду економіки більш вигідне порівняно з децентралізованим або автономним (за рахунок більш високого коефіцієнта використання палива на ТЕЦ за сумісного виробництва електроенергії і тепла). Тому в центральній і північноєвропейських країнах, зокрема й країнах колишнього СРСР, набула значного

поширення розгалужена система трубопроводів від центральних джерел до кожного споживача.

За даними статистики, в Україні налічується 40 тис. км теплових мереж (у Польщі, наприклад, близько 25 тис. км) у своїй більшості підземних, належних різним відомствам. Із загальної кількості тепла, що виробляється в Україні, близько 70 % розподіляється тепловими мережами.

Для підземних тепломереж традиційною є канална прокладка в прохідних або непрохідних залізобетонних каналах. Практика будівництва та експлуатації показала такі недоліки такої технології:

- високу вартість будівництва;
- складність будівництва (ремонту) в тісних міських умовах;
- недостатню щільність від проникнення ґрунтових і зливових вод;
- необхідність обслуговування (очищення, відкачування, ремонт сальникових компенсаторів і т. ін.);
- схильність до електрокорозії;
- близько 20 % тепла втрачається під час транспортування.

Тому наявність високих ґрунтових вод, розриви суміжних комунікацій призводять до заливання каналів водою, швидкої зовнішньої корозії і прискореного виходу трубопроводів із ладу.

Сама по собі ідея безканалної прокладки трубопроводів тепломереж із труб із попередньо нанесеною (в заводських умовах) тепло- і гідроізоляцією не нова і налічує десятки років.

Свого часу в СРСР повсюди й широко впроваджували ізоляцію трубних секцій армопінобетоном і бітумперлітом та існувало масштабне виробництво.

Однак згадані технології мали низку істотних недоліків, одним із яких була відсутність надійного способу

ізоляції стиків і фасонних частин, а головне – така технологія не забезпечувала гідроізоляції труб.

Це призводило до того, що в тих місцях, де підземний трубопровід піддавався впливу ґрунтових вод, труба швидко виходила з ладу.

Причиною того була корозія, яка часто ускладнювалась електрокорозією.

2.2.2 Основні принципи технології виробництва попередньо ізольованих труб

Ідея ізолювати труби і фасонні частини пінополіуретаном і захищати оболонкою з поліетилену виникла близько 30 років у Данії, і з того часу значно поширена в західних країнах. На сьогодні десятки заводів випускають кілька кілометрів на 1 рік ізольованих труб та фасонних частин. Основні виробники труб об'єднались у Європейську асоціацію виробників труб, яка відповідає за розроблення, застосування нормативної документації, упровадження інновацій.

Технологія виробництва попередньо ізольованих труб полягає в такому. Труби, що надходять із трубопрокатних заводів, проходять гідравлічні випробування і піддають зовнішньому дробоструменевому обробленню. Поліетиленові труби для зовнішнього покриття піддають внутрішньому електроерозійному обробленню. Після розрізу на окремі куски 6, 12, 16 або 24 м відбувається складання трубної секції. Для центрування сталевих труб в середині оболонки застосовують спеціальні вставки. Складену таким чином секцію закривають заглушками з обох сторін і подають на нахилений стіл під заливку. Заливають рідкою сумішшю поліізоціанату і поліолетану з необхідними добавками під

тиском. Залита суміш розширюється і затвердіваючи заповнює повністю внутрішній простір між трубами, створюючи тверду, пористу зв'язку з низьким (близько $0,028 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$) коефіцієнтом теплопровідності. Дробоструменеве і електроерозійне оброблення виконують для покращання зчеплення пінополіуретану зі сталлю і поліетиленом так, щоб труба, ізоляція й оболонка становили одне ціле.

Кінці труб залишаються неізольованими на відстані 220 мм з кожного боку під зварювання.

Фасонні частини (коліна, трійники і т. ін.) ізолюються аналогічно із залишками 220 мм під зварювання.

На сьогодні виготовляють труби і їх елементи, ізоляція яких може постійно працювати за температури 144°C з можливістю короткочасового (до 20 діб на 1 рік) підвищення до 1500°C , що відповідає розрахунковому графіку температур теплоносія для кліматичних умов України.

Для ізоляції стиків прямих секцій та приєднання фасонних частин випускаються стандартизовані складені муфти з електронагрівачем. Для виконання поворотів поставляються складені колінчасті муфти (до Ду 200) з кутом 90° , 45° , 15° і $7,5^\circ$ градусів. Для великих діаметрів труб повороти виконуються з попередньо ізольованих колін.

Після монтажу і зварювання стиків місця з'єднання ізолюються відповідними муфтами, і утворені пустоти заповнюються рідким пінополіуретаном, який поставляється в спеціальних пакетах дозованого об'єму.

Для теплових мереж, де теплоносієм може спричинити швидку внутрішню кисневу корозію

сталю труби, використовують оцинковані, мідні або пластикові труби, ізолювані за таким самим принципом.

2.2.3 Технологія прокладання трубопроводів із попередньо ізолюваних елементів

Існують чотири варіанти прокладання (монтажу) попередньо ізолюваних трубопроводів:

1-й – так званий холодний монтаж, коли труби укладають у ґрунт без попереднього нагрівання. Це найбільш простий і широко використовуваний спосіб. Його недоліком є більш висока порівняно з іншими способами напруга стискання за початкового нагрівання. Для великих діаметрів (більш ніж 500 мм) і температур теплоносія використання обмежене;

2-й – укладання і попередній підігрів трубопроводу (наприклад, гарячою водою або повітрям) перед його засипанням ґрунтом. Достатньо доступний, хоч і більш складний спосіб. Дає можливість зменшити осьову напругу в трубопроводі, що виникає під час початкового нагріву (тобто за першого максимуму температури енергоносія);

3-й – створення попередньої напруги трубопроводу за допомогою спеціальних одноразових сильфонних компенсаторів. Спосіб також дає можливість знизити початкову напругу, однак більш складний;

4-й – використання компенсувальних кутів повороту (Z-, L-, U-подібних) або попередньо ізолюваних компенсаторів. Спосіб доволі простий, значно зменшуючи напругу, однак вимагає більшої кількості фасонних частин, ніж інші способи.

Для стикування прямих трубних секцій на кутах повороту трубопроводу і для відгалужень використовують два типи виробів:

– попередньо ізольовані коліна, трійники, переходи;

– з'єднувальні фасонні частини.

Найбільш простими, хоча й більш дорогими, є попередньо ізольовані елементи труб.

Більш дешевими і простими у використанні є з'єднувальні фасонні елементи. Однак їх застосування обмежене малими і середніми діаметрами труб (до 300–350 мм).

Однією з важливих переваг з'єднувальних (сполучних) муфт є можливість їх застосування для швидких ремонтів трубопроводу.

2.2.4 Системи аварійної сигналізації і виявлення місць витікання теплоносія

Для швидкого й точного визначення місця розриву або неякісно звареного з'єднання трубопроводу застосовують систему сигналізації. Вона складається з двох проводів, закладених у товщу теплоізоляції кожної трубної секції або фасонної частини і з'єднаних під час монтажу, та виявлювача витоків, постійно вимірювального опору ланцюга проводів й ізоляції. Система дозволяє об'єднати не лише прямі ділянки трубопроводу, а й усі відгалуження. За появи вологи в ізоляції, наприклад, у разі витікань через неякісно зварний стик, опір ланцюгів змінюється, і прилад фіксує аварію і місце її виникнення. Стандартний шукач має 1–4 канали, кожний з яких може обслуговувати до 1 км теплотраси і відгалужень.

Випускається спрощена модифікація виявлювача, так званий детектор, який не зазначає місце витікання, а лише видає сигнал про її виникнення. У такому разі аварійна служба, встановивши на місце детектора переносний

виявлювач встановлює точне місце аварії. Водночас немає необхідності використання дорогих стаціонарних виявлювачів на кожній теплотрасі, достатньо лише детекторів.

Показання великої кількості детекторів можуть бути виведені на диспетчерський пункт.

2.2.5 Основні техніко-економічні показники

Порівняння каналного і безканалного способів прокладання теплотрас показують, що для найбільш поширених діаметрів (у межах 100–400 мм) безканална технологія довговічніша і дешевша, витрати на її експлуатацію значно нижчі від каналної. Для великих діаметрів трубопроводів початкові капітальні витрати на нове будівництво можуть виявитися для безканалної технології дещо вищими, однак порівняння зведених витрат за 3–5-річний період експлуатації свідчить на користь безканалної технології. Крім того, наявність високих ґрунтових вод у зоні прокладання теплотраси надає безканалній технології додаткову перевагу навіть у разі великих діаметрів.

2.3 Системи централізованого опалення з регульованою подачею теплоносія. Концепції керування тепловим навантаженням

2.3.1 Особливості конструктивних рішень сучасних систем опалення

Джерела теплоти. Типовою для більшості великих європейських централізованих систем теплопостачання є наявність кількох джерел теплоти для забезпечення однієї

системи опалення. Джерела теплоти можуть бути поділені на дві категорії:

- установки базового навантаження;
- установки пікового й аварійного навантаження.

Установки для покриття базового навантаження характеризуються не лише високими капітальними витратами, а й низькою вартістю первинного палива. Тепловими установками базового навантаження є:

- установки комбінованого виробництва теплоти і електроенергії;
- установки зі спалювання твердих відходів;
- промислові теплоутилізаційні установки;
- установки з утилізації побічних продуктів сільського господарства (спалювання соломи).

Установки для покриття пікових навантажень характеризуються відносно низькими капітальними витратами і високою вартістю споживаного палива.

Такими установками пікового навантаження є:

- котельні установки, що працюють на природному газі;
- котельні установки, що працюють на світлих нафтопродуктах.

Типовою рисою пікових установок є здатність плавно змінювати теплове навантаження. У цьому сенсі котлоагрегати, що працюють на твердому паливі (вугілля, тверді відходи і т. ін.), важко використовувати як установки пікового навантаження. Діапазон і темп зміни навантаження можуть не збігатися з вимогами споживачів.

Для типової західноєвропейської системи централізованого теплопостачання проектна потужність установки базового навантаження становить приблизно 60 % від максимального навантаження системи. Така потужність дає можливість установкам базового

навантаження покривати близько 90 % річного споживання тепла.

Системи передавання та розподілу. Великі системи централізованого тепlopостачання гідравлічно поділяють на систему передавання і розподільну систему. Система передавання з'єднує базову установку з низкою підстанцій. На підстанціях теплота за допомогою теплообмінників передається в розподільні мережі. Гідравлічне розділення систем передачі і розподілу відкриває можливості використовувати комбінації характеристик цих систем.

Проектні тиск і температура для систем передавання, найімовірніше, становлять 2,5 МПа і 130 °С, однак трапляються системи з розрахунковою температурою від 150 °С до 180 °С.

Проектні тиск і температура для розподільних мереж дорівнюють 0,1 МПа і 100 °С для систем із безпосереднім під'єднанням споживачів. За непрямого під'єднання споживачів ці величини зазвичай становлять 1 МПа і 120 °С.

Котлоагрегати для покриття пікових навантажень гідравлічно приєднуються до розподільних систем, інколи вони можуть приєднуватися до передавальної системи.

Типові розрахункові значення температури в межах від 100 °С до 130 °С дають можливість використання в системах передачі і розподілу попередньо ізольованих труб. Альтернативними є сталеві труби в бетонних коробах з ізоляцією із мінеральної вати. Широке використання попередньо ізольованих труб на теплотрасах західноєвропейських країн здебільшого пов'язане зі зменшенням будівельних витрат і трудомісткості робіт.

Підстанції. Типова підстанція складається з теплообмінників, які передають тепло із системи передавання в систему розподілу, і технологічного

обладнання розподільної системи, наприклад, насоси, обладнання для водопідготовки, регулювання тиску і т. ін.

Оскільки великі централізовані системи тепlopостачання часто утворюються в результаті з'єднання кількох уже існуючих менших систем, то підстанції – часто старі котельні, призначені для постачання первинних невеликих систем централізованого тепlopостачання. У цьому разі котли можуть бути використані як резервні установки для пікового або аварійного тепlopостачання.

2.3.2 Установки кінцевих споживачів теплоти

Системи опалення. За централізованої системи тепlopостачання найбільш зручним типом систем опалення для установки кінцевих споживачів є двотрубна система, яка має низку переваг над однотрубною. Це більш повне охолодження і менші витрати води, більш проста і економічна система регулювання теплового навантаження в установках споживачів. Кожний радіатор постачається водою однакової температури.

Регулювання теплового навантаження радіатора здійснюється зміною витрати вручну або за допомогою встановленого радіаторного вентиля чи термостатом. Основною функцією термостата є зменшення теплового навантаження радіатора, коли існує додаткове нагрівання радіатора від сонця або за рахунок інших факторів. Для забезпечення розрахункових значень теплових потоків і витрат усі частини установок, такі як радіатори, стояки і т. ін. повинні бути урівноважені за допомогою балансованих вентилів. Налаштування теплового навантаження, перепадів температури і витрат у радіаторах однотрубною системи здійснюється (на основі розрахунку

однотрубного контуру) за допомогою байпасних і радіаторних вентилів.

Окрім теплообмінників, термостатних і балансових вентилів, основними елементами сучасної схеми установок споживачів є циркуляційний насос, система підтримки перепаду тиску, регулювальний клапан із приводом, регуляторами і датчиком; розширювальна система, лічильник (система обліку) енергії, контролер опалення.

Модернізація існуючих в Україні установок опалення будівель пов'язана з відмовою від гідроелеваторів. Перший етап реконструкції, спрямований на регулювання витрати первинного потоку, може бути пов'язаний із заміною гідроелеватора на моторизований клапан і насос. Однак з урахування можливого збільшення тиску в трубопроводах, які подають теплоносій, установлені всередині будівлі радіатори повинні бути гідравлічно відокремлені (за допомогою теплообмінників) від розподільних мереж. Конструктивно модернізація може бути проведена за допомогою компактного змонтованого на рамі (за заказним проектом) теплового пункту будівлі, який замінить систему опалення і гарячого водопостачання.

2.3.3 Концепція керування теплового навантаження

У типових європейських системах централізованого теплопостачання використовується концепція регулювання теплового навантаження, що базується на керуванні витратою теплоносія за фіксованої температури у подавальному трубопроводі. Альтернативою є концепція регулювання температури теплоносія в подавальній мережі за фіксованої витрати води.

Концепція керування витратою теплоносія виявилася дуже вдалою для сучасних систем централізованого теплопостачання, де здебільшого споживання теплоти регулюється автоматично в установках споживачів.

Основними елементами системи керування витратою є:

- насоси з регульованою швидкістю обертання;
- один або кілька регуляторів перепаду тиску, розміщених на трубопроводах централізованої системи.

Швидкість обертання насоса і відповідно подача і напір, створений насосом, контролюються шляхом зміни перепаду тиску в системі. подача води здебільшого контролюється споживачем. Якщо споживачам потрібне тепло, вентиля радіаторів відкриваються (що досягається вручну або за допомогою автоматизованих систем регулювання температури) і потік води в системі збільшується. Збільшення потоку води (подачі) спричиняє збільшення перепаду тиску в системі та, як наслідок, збільшення швидкості обертання насоса.

Системою керування подачею успішно користуються за швидких змін теплового навантаження. Принципово, зміна навантаження відбувається з тією самою швидкістю, з якою перепад тиску у системі трубопроводів, тобто зі швидкістю звуку у воді (приблизно 1 000 м/с). Для порівняння, система з регульованою температурою здатна здійснити зміни теплового навантаження зі швидкістю порівняною зі швидкістю води в трубопроводі (становить 1–2 м/с). Таким чином, зміни теплового навантаження в системах з регульованою температурою часто будуть відбуватися впродовж кількох годин.

Системи керування подачею не лише підвищують технічний рівень регулювання, а й збільшують можливості енергозбереження. Під час використання насосів зі змінною

швидкістю обертання також зменшується споживання електроенергії, що пов'язано зі зміною напірної характеристики насоса за зміни швидкості обертання.

Стратегія керування при сумісній роботі в теплосистемі установок базового і пікового навантаження полягає в максимально повному використанні установок, що забезпечують найбільш дешеве постачання теплоти.

Керування обладнанням. Контролери опалення регулюють температуру в подавальному трубопроводі залежно від зовнішньої температури і керують нічним зниженням температури.

Контролери гарячої води підтримують необхідну температуру води за різних подач.

Програмовані контролери можуть мати такі типові функції керування:

- зовнішня поправкова крива для регулювання температури в подавальному трубопроводі;
- обмеження потужності й подачі;
- нічне зменшення температури в подавальному трубопроводі;
- облік енергії;
- регулювання витрати гарячої води;
- подавання сигналів тривоги за температурами, ушкодженням насосів, високою потужністю тощо.

Вільно програмовані контролери забезпечують більш високий рівень пристосованості і можуть виконувати різні додаткові функції, наприклад, контролювання змінної швидкості обертання насосів, подавання сигналів тривоги у разі крадіжки зі зломом і т. ін.

Центральні системи управління і контролювання компонує за вимогою споживача. Можуть використовуватися різні комунікації, наприклад, радіо-модеми. Дають інформацію у заданій формі з теплопунктів почергово або сумовано в одному повідомленні. Мають

кілька рівнів захисту, що дозволяє різним категоріям персоналу користуватись лише їх розділами.

2.3.4 Облік теплоти

Сучасні установки тепlopостачання будівель обладнані лічильниками, які враховують усю теплову енергію, підведену до будівлі, зокрема і для опалення, гарячого водopостачання.

Розподіл оплати за опалення базується на квартирному обліку, який може здійснюватися на основі непрямих вимірів. Для цього кожний радіатор обладнують лічильником-розподільником теплоти, за допомогою якого визначається відносна частка використаної теплоти. Оплата за гаряче водopостачання здійснюється на основі показань витратоміра або лічильника-розподільника, встановленого на квартирному вводі.

Вимірювання споживання теплоти в системах централізованого тепlopостачання базується на двох принципах: вимірювання об'єму води, що проходить через установки споживачів, і вимірювання енергії.

Для вимірювання енергії, споживаної установкою, необхідне вимірювання потоку води, що проходить через установку споживача і вимірювання різниці температур між подавальним і зворотним потоками, а також розрахунок (інтегрування) кількості споживаної теплоти.

Вимірювачі витрати води за принципом дії можна поділити на:

- механічні, що використовують обертання крильчатки або турбіни;
- магнітно-індукційні, що базуються на законі Фарадея (індукційна електрична напруга пропорційна швидкості (витраті) води;

– ультразвукові, що базуються на вимірюванні різниці часу передавання ультразвукових хвиль у напрямку і проти напрямку течії води.

Метою установлення вимірювачів є створення технічної бази для розподілу експлуатаційних витрат між індивідуальними споживачами.

Такий підхід базується на установленні лічильника в будівлі і використанні лічильників-розподільників для визначення розподілу теплоти між окремими споживачами. Використання розподільників регулюється законодавствами Франції, Німеччини; ними оснащені 75 % будівель у Данії з централізованими системами опалення. Розподільники бувають випарного тиску й електронні, їх використовують також для обліку витрат гарячої і холодної води.

2.4 Сучасні системи опалення і гарячого водопостачання

Під час будівництва замиського будинку часто більша увага приділяється обробленню і інтер'єру, водночас мало уваги звертається на внутрішні інженерні комунікації й мережі, хоча насправді оброблення і інтер'єр є лише зовнішньою складовою затишку і комфорту приміщення, зокрема і будівлі загалом. Насправді, як можна говорити про затишок у приміщенні, якщо температура приміщення вища або нижча від комфортної; як можна говорити про комфорт, якщо приміщення погано вентильоване або кондиціонер установлений таким чином, що замість того, щоб створити прохолоду в жаркий день, в усьому приміщенні дає струмінь холодного повітря в якусь одну точку приміщення. Не в'яжеться з поняттям затишку і комфорту запахи і шуми із системи каналізації. Не секрет, що вартість інженерних систем будівлі становить від 10 %

до 25 % загальної вартості будівництва, і, враховуючи зацікавленість тих, хто задумав будівництво та облаштування свого родового гнізда, ми спробуємо розповісти, на що варто витратити гроші і чого (у сенсі затишку і комфорту) можна очікувати від тих або інших витрат.

2.4.1 Опалювання

Від того, наскільки якісно і грамотно спроектована і виготовлена система опалення, залежить, чи будуть люди, які мешкають у будівлі, згадувати про те, що опалення існує. Водночас однаково неприємна як дуже висока, так і дуже низька температура приміщень. Важливе значення для оформлення інтер'єру відіграє і тип опалювальних приладів, і наявність видимих ділянок труб системи опалення. Значний вплив на комфортність приміщення має наявність або відсутність теплої підлоги. Достатньо важливий тип використовуваного котла і системи автоматики.

Розглянемо ці складові частини системи опалення детальніше.

2.4.2 Опалювальні прилади (радіатори)

Існує декілька видів опалювальних приладів, що розрізняються за технологією виготовлення і використовуваного матеріалу.

Чавунні секційні радіатори (ЧСР)

Цей тип опалювальних приладів відомий усім. Основні позитивні якості ЧСР – це довговічність матеріалу (слабо схильний до корозії), відносно низька ціна (4–5 \$ за 1 секцію) і можливість роботи приладів за високого тиску в тепломережі (до 16 кгс/см²). Недоліки – це громіздкість

приладів, достатньо непоказний зовнішній вигляд, відсутність хорошого обробного забарвлення і ймовірність розгерметизації стиків між секціями. Потужність радіаторів щодо тепловіддачі достатньо низька. Зараз на ринку з'явилися імпорتنі ЧСР, практично позбавлені перелічених недоліків, але ціна на них така сама або вища, ніж у біметалічних радіаторів.

Біметалічні секційні радіатори (БСР)

БСР є секціями з легких сплавів із вбудованими каналами з неіржавіючої сталі. БСР мають усі позитивні експлуатаційні якості ЧСР, робочий тиск підвищений до 25 кгс/см^2 та позбавлені негативних якостей, властивих ЧСР.

Алюмінієві секційні радіатори (АСР)

АСР відрізняються від БСР тим, що тіло секції є литтям із легкого сплаву, канали в якій не підсилені сталлю. Робочий тиск – до 16 кгс/см^2 .

Сталеві панельні радіатори (СПР)

СПР є нерозбірною зварною конструкцією з декоративним покриттям, добре вписуються в інтер'єр приміщення, мають високу тепловіддачу. Недоліком СПР є достатньо низький робочий тиск (до 10 кгс/см^2), що дещо звужує коло застосування. СПР не можна застосовувати у висотних будинках на нижніх поверхах.

2.4.3 Конвектори

Хоча всі вищеперелічені опалювальні прилади працюють за конвективним принципом, окремо прийнято розглядати як конвектори опалювальні прилади, що конструктивно є трубою для теплоносія, на яку нанесене обрешення. Уся конструкція закривається декоративним кожухом. Конвектори працюють під тиском, на який розраховані труби основи. Вартість може коливатися в

значних межах залежно від виробника приладу і матеріалів, вживаних під час виготовлення.

2.4.4 Трубопроводи

Трубопроводи для підведення теплоносія до опалювальних приладів можуть бути виготовлені із сталевих водогазопровідних труб, із мідних труб і з полімерних матеріалів (металопластикові труби, поліпропіленові труби і труби з поперечно шитого поліпропілену). Порівняльне оцінювання труб із різних матеріалів – це тема для окремої розмови, а зараз досить сказати лише, що магістралі із сталевих труб не підходять для прихованого підведення до радіаторів. Решту всіх труб можна «ховати» під обробними матеріалами з додержанням певних технологій монтажу системи. Ще необхідно відзначити, що не допускається монтаж системи опалення з мідних труб, якщо як опалювальні прилади вибрані алюмінієві секційні радіатори.

2.4.5 Теплі підлоги

Істотну роль у підвищенні комфорту в приміщенні відіграють так звані «теплі підлоги» або підлоги з підігрівом.

На цей час на ринку пропонують два види теплої підлоги (ТП):

- підігрівання підлоги за рахунок циркуляції теплоносія по трубах, прокладених у підлозі (водяні ТП);
- підігрівання підлоги за рахунок тепла, що виділяється струмопровідним джгутом (електричні ТП).

З визначення типів теплої підлоги бачимо, що різниця полягає лише у вигляді енергії, вживаної для підігрівання. Комфорт під час використання теплої підлоги

досягається за рахунок перерозподілу тепла в опалювальному приміщенні.

Необхідно зазначити, що використання теплої підлоги не виключає застосування радіаторів для відсічення холодних потоків від вікон.

2.4.6 Котельне устаткування

Зазвичай опалювання міського житла забезпечується від централізованих котелень і міських тепломереж, тоді як опалювання заміських будинків переважно здійснюється від власних (автономних) джерел тепла і лише зрідка від котельної, що працює на групу будівель.

Ринок котельного устаткування в Україні достатньо насичений. Практично всі провідні західні фірми, що виробляють котельне устаткування, мають у нас свої представництва. Вітчизняні котли хоч і широко представлені на ринку, але конкуренції з імпортними зразками за споживчими якостями поки не витримують, у той самий час практично всі закордонні виробники розробляють і поставляють на український ринок котли, адаптовані для наших умов.

Багатопаливні котли

Практично всі фірми випускають котли, що працюють на рідкому паливі й газі, а деякі фірми додають опцію твердого палива. Необхідно відзначити, що багатопаливні котли з огляду на конструкції пальника досить шумні.

Газові котли, що працюють без електрики

Зараз основна маса котлів призначена для роботи в системах опалювання з примусовою циркуляцією теплоносія, і в типовому для України випадку вимкнення електроенергії котел просто зупиняється і не працює, поки немає електрики. Такі фірми, як «Беретта», «Юнкерс» і

«Протерм», розробили і поставляють на ринок котли, що працюють у гравітаційних системах опалювання. Ці котли без будь-яких переробок системи можна ставити замість вітчизняних АОГВ. Негативною якістю котлів, що працюють на гравітаційному принципі, є мала продуктивність за гарячою водою і відключення контурів теплої підлоги (якщо вони є) під час вимкнення електрики.

2.4.7 Системи керування котельною

Система керування котельним устаткуванням залежно від призначення котельної (лише опалювання однієї будівлі, опалювання і гаряче водопостачання, наявність контурів теплої підлоги, опалювання і ГВС декількох будівель), може варіюватися від простої, виконаної на термостатичних регуляторах, до складної з мікропроцесорним регулюванням. Усе залежить від бажання господаря і від фірми-виробника котельного устаткування. Вибір устаткування й алгоритму керування відбувається на етапі проектування.

Висновки до розділу 2

Найбільш поширеними в Україні є системи централізованого теплопостачання. У діючих системах практично відсутні індивідуальні тепломіри, лічильники гарячої води, регулятори теплоспоживання, акумулювальні ємності. Недостатня кількість теплообмінників, групових тепломірів, насосів із регульованою частотою обертання та іншого вимірювального і регульовального обладнання. Однотрубна система опалення ускладнює використання систем індивідуального регулювання теплопостачання. Теплові мережі є найбільш слабким ланцюгом у системах теплопостачання.

Системи тепlopостачання повинні відповідати вимогам економічності, надійності, регульованості, екологічної чистоти тощо.

Безканальне прокладання теплотрас із використанням попередньо ізольованих труб має значні економічні і технологічні переваги порівняно з традиційним канальним прокладанням тепломереж у прохідних або непрохідних залізобетонних каналах.

На сьогодні необхідне розроблення оптимальних схем і визначення структури енергетичного балансу тепlopостачання міст, окремих районів, підприємств тощо. Це дає можливість:

- перерозподілити теплові навантаження для максимально можливого завантаження найбільш економічних теплогерел;

- здійснювати переведення в резерв, консервацію або ліквідацію найбільш неефективних джерел;

- переводити частину котельнь на роботу в піковому режимі, розробляти схеми їх спільної роботи з базовими джерелами;

- удосконалити схеми теплових мереж для забезпечення можливості повного завантаження ефективних теплогерел, а також розумно поєднати надійність та мінімальні теплові втрати;

- визначити райони й окремі будівлі, тепlopостачання яких доцільно здійснювати від децентралізованих джерел;

- розробити заходи щодо зростання енергоефективності;

- оптимізувати температурний графік для кожного теплогерела, визначити необхідність зміни схеми тепlopостачання (з відкритої на закриту, із залежної на незалежну) і методу регулювання (якісне, кількісне, ступінчасте);

- визначити резерви теплової потужності в районах міста;
- визначити роботи для нетарифного фінансування з бюджетів і можливих інвестиційних проєктів.

Структура енергетичного балансу багато в чому визначає можливості енергозбереження в різних напрямках і оптимальне поєднання енергоощадних заходів. Знання цієї структури дає можливість ухвалювати економічно обґрунтовані інженерні рішення для зниження енергоспоживання і досягти максимального енергозбереження за мінімальних капітальних та експлуатаційних витрат. Енергоощадні заходи в житлових будинках повинні бути такими, щоб споживач отримував реальне зниження розміру оплати за теплову енергію та теплоносій, і водночас в усіх приміщеннях квартир додержувалися комфортні умови проживання, передбачені державним стандартом щодо параметрів мікроклімату в приміщеннях житлових будинків та санітарними правилами і нормами для житлових будівель і приміщень. Ідеологія Постанови Кабінету Міністрів України від 27.06.2000 р. № 1040, якою затверджені «Невідкладні заходи щодо виконання «Комплексної програми енергозбереження України» та проєкту «Цільової програми стабілізації роботи та розвитку комунальної теплоенергетики», розробленого Держбудом України, ґрунтується на стимулюванні діяльності лізингодавців із постачання енергоефективного обладнання та матеріалів, гарантованого повернення коштів за рахунок економії енергоносіїв, накопичення таких коштів на окремих рахунках підприємств та використання їх постійно для енергоощадних заходів «револьверним» ефектом.

Контрольні запитання до розділу 2

1 Які системи централізованого опалення найбільш поширені в Україні?

2 Джерела теплоти в системах централізованого теплопостачання.

3 Енергоносії в системах опалення.

4 Назвіть недоліки і переваги парової системи опалення.

5 Які переваги водяної системи опалення порівняно з паровою?

6 Однотрубна система опалення, принцип роботи, опалювальні прилади.

7 Чим відрізняються між собою відкрита та замкнена системи централізованого опалення?

8 Назвіть переваги багатотрубною централізованою системою опалення порівняно з іншими системами опалення.

9 Що таке елеватор в системах гарячого водопостачання? Принцип роботи.

10 Назвіть переваги двотрубною опалювальною системою над однотрубною.

11 Сутність технологій каналного та безканалного прокладання теплотрас. Недоліки і переваги.

12 Що таке попередньо ізолювані труби? Матеріали, які використовують під час виготовлення таких труб.

13 Технології виробництва попередньо ізолюваних труб. Підприємства-виробники.

14 Які переваги попередньо ізолюваних труб над неізолюваними з погляду їх використання в теплових мережах?

15 Системи аварійної сигналізації та виявлення місць витікання теплоносія в теплотрасах. Принципи роботи.

16 Що ви розумієте під концепцією керування тепловим навантаженням теплосистеми?

17 Які ви знаєте вимірювачі витрат теплоносія (лічильники) в системах тепlopостачання? Принцип їх роботи.

РОЗДІЛ 3

Основні напрямки зниження енерговитрат у системах освітлення

3.1 Енергозбережні технології в системах освітлення

3.1.1 Загальні відомості

Понад 95 % інформації про довкілля людина одержує за допомогою органу зору, ефективна робота якого можлива лише в умовах світлового поля необхідної інтенсивності та якості.

Створення необхідного світлового клімату для ефективного сприйняття зорової інформації – це основне завдання освітлення, зокрема штучного електричного освітлення.

На освітлення витрачається значна частка вироблюваної електроенергії. В останньому десятилітті двадцятого століття освітлювальні установки споживали таку частку виробленої електроенергії: ФРН – 9 %, Франція – 11 %, Великобританія – 12 %, Італія – 13 %, Україна – 13 %. Японія – 18 %, США – 20 %. Тому освітлювальні електроприймачі є важливим об'єктом і полем діяльності для заощадження енергетичних ресурсів.

Багато з існуючих освітлювальних установок дуже далекі від вимог енергоощадності й економічності. Існує багато можливостей модернізації таких установок застосуванням ефективного устаткування для забезпечення такого самого чи навіть кращого освітлення за одночасного зменшення споживання електроенергії й видатків на її оплату.

За останні роки значні успіхи були досягнуті в розробленні систем регулювання освітлення. Нерідко забувають про найпростіший і доступний чинник

покращання освітлення – це обслуговування, особливо очищення ламп і світильників. Нижче ці аспекти буде розглянуто детальніше, включаючи відповідні економічні питання.

3.1.2 Деякі поняття світлотехніки і світлові величини

Оптичну область електромагнітних хвиль становлять хвилі з довжиною в діапазоні від 10 нанометрів ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) до 1 000 мікрометрів ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$). Нижню частину частотного діапазону області займають інфрачервоні промені (довжина хвиль 760–1 000 мкм), верхню – ультрафіолетові промені (довжина хвиль 10–380 нм). Оптичні випромінювання в межах довжин хвиль від 380 нм до 760 нм спричиняють в органах зору людини відчуття світла – це видимі промені. До кількісних показників освітлення належать світловий потік, сила світла, освітленість, світність і яскравість.

До якісних показників освітлення віднесені: показник засліплюваності; показник дискомфорт; спектральний склад випромінювання, рівномірність освітлення поверхні чи простору, насиченість простору світлом та інші.

Одним з основних понять у системі світлових величин є світловий потік, який оцінюється за його дією на селективний приймач світла – око. Іншими словами, світловий потік – це потужність світлового випромінювання, оцінювана за реакцією очей. Одиницею світлового потоку є люмен (лм). Люмен – це світловий потік, який у просторовому куті 1 стерадіан створює точкове джерело із силою світла 1 кандела. Сила світла – це кутова просторова густина світлового потоку (потужності світлового випромінювання). Для випадку рівномірного просторового розподілу світлового потоку

$$I = \frac{\Phi}{\Omega},$$

де Ω – просторовий кут із вершиною в точці розміщення джерела світла.

У загальному випадку

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}.$$

Одиницею сили світла I є кандела (кд).

Кандела – це сила світла, що випромінюється в перпендикулярному напрямі з поверхні абсолютно чорного тіла площею $\frac{1}{6} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, яке має температуру твердіння платини ($T = 1\,045 \text{ }^\circ\text{C}$) за тиску $101\,325 \text{ Па}$. (Слово кандела походить від латинського *kandela* – свічка).

Наступною світловою величиною є освітленість E .

Освітленість – це відношення світлового потоку, що падає на поверхню, до площі цієї поверхні. Іншими словами, освітленість – це густина світлового потоку на освітлювальній поверхні:

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Одиницею освітленості є люкс (лк). Люкс – це освітленість поверхні площею 1 м^2 , на яку падає рівномірно розподілений світловий потік випромінювання 1 люмен ($1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/1 \text{ м}^2$). (Слово люкс походить від латинського *lux* – світло сонця).

Світність M – це густина випромінюваного поверхнею світлового потоку. Одиницею світимості є «люмен із квадратного метра» ($\text{лм}/\text{м}^2$).

Яскравість L – це густина сили світла стосовно площі проекції в заданому напрямі тіла, що випромінює (відбиває) світло. Одиницею яскравості є «кандела з квадратного метра» ($\text{кд}/\text{м}^2$).

Експозиція Q – це світлова величина, що визначається як добуток світлового потоку на тривалість його дії. Одиницею експозиції є «люмен-секунда» (лм · с).

3.1.3 Світлові та освітлювальні пристрої

Світловими називають пристрої, що містять у своєму складі джерело світла і світлову арматуру, яка складається з оптичної системи і допоміжної апаратури. Світлові пристрої поділяють на:

- освітлювальні, зокрема, ближньої дії – світильники, і дальньої дії – прожектори;
- світлоінформаційного призначення – проектори;
- світлосигналізаційні;
- опромінювальні.

Освітлювальні пристрої призначені для освітлення робочих поверхонь, приміщень і територій. Основною функцією світлової арматури є перерозподіл світлового потоку джерела світла в потрібних напрямках оточуючого її простору.

Додатковими функціями апаратури є:

- забезпечення комутації (ввімкнення-вимкнення) та стабілізації режиму джерел світла;
- захист джерела світла від механічних пошкоджень:
 - ізоляція джерела світла від вибухонебезпечних, пожежонебезпечних, вологих, хімічно агресивних і заповнених середовищ;
 - зміна за необхідності спектрального складу випромінювання джерела світла:
 - зменшення яскравості для захисту в разі необхідності від засліплювальної дії джерела світла;
 - кріплення пристрою в місці експлуатації;

– виконання специфічних функцій, наприклад, для підводного чи космічного освітлення, технологічного опромінювання.

Основними показниками освітлювальних пристроїв є гранична потужність джерела світла, напруга мережі живлення, габаритні розміри, крива світлорозподілу.

Освітлювальні пристрої повинні задовольняти відповідні технічні стандарти. Їх можна класифікувати за ступенем захисту від проникнення порошку і вологи, за характером світлорозподілу, за середовищем використання.

Світловий к. к. д. освітлювального пристрою. Конструкція освітлювального пристрою тією чи іншою мірою поглинає частину світлового потоку джерела світла (лампи).

Відношення світлового потоку, що виходить з освітлювального пристрою ($\Phi_{O.P.}$) до світлового потоку лампи освітлювального пристрою (Φ_L) називають світловим к. к. д. освітлювального пристрою:

$$\eta = \frac{\Phi_{O.P.}}{\Phi_L}.$$

Світловий к. к. д. більшості вітчизняних освітлювальних пристроїв знаходяться в межах 60–75 %. У країнах європейської спільноти, а також в Україні, використовують поняття коефіцієнта корисної дії світильника (як джерела світла), який є відношенням світловіддачі освітлювального пристрою до світлової віддачі лампи (ламп) H_L .

$$\eta_c = \frac{H_{O.P.}}{H_L}.$$

3.1.4 Енергоощадні рішення на стадії проєктування освітлювальних систем

Правильно розрахована освітлювальна установка повинна насамперед забезпечувати нормативи освітлення на конкретному об'єкті.

Енергоощадні освітлювальні системи повинні використовувати зазвичай найефективніші джерела світла й освітлювальні пристрої з раціональним їх розміщенням та врахуванням умов експлуатації.

У проєкті повинно бути передбачене ручне чи автоматичне керування освітлювальною системою відповідно до режиму роботи об'єкта.

Під час проєктування можуть виникати специфічні питання, пов'язані з керуванням випромінювання джерела світла чи із застосуванням особливих видів освітлювальних пристроїв.

Принципи нормування освітлення. Норми промислового освітлення базуються на класифікації робіт, основною ознакою яких є найменший розмір розрізнявальних деталей.

Роботи виносяться до I розряду, якщо розмір деталей менший 0,15 мм (відстань до ока 0,5 м). У разі більших розмірів – відповідно до розрядів II–VI (для останнього розмір розрізнявальних деталей перевищує 5 мм). До VII розряду віднесені роботи, де освітленість необхідна для зменшення контрасту між деталями, що світяться, та фоном. Розряд VIII стосується робіт, де необхідне лише загальне спостереження за виробничим процесом.

До показників якості освітлення, які враховуються під час проєктування, належать показник засліплюваності – для виробничих приміщень, відкритих майданчиків та показник дискомфорту для громадсько-адміністративних будівель.

Показник засліплюваності не повинен перевищувати 20 одиниць для I і II розрядів робіт у разі постійного перебування людей у приміщенні, 40 одиниць – для робіт III, IV, V, VII розрядів за умови постійного перебування людей та 60 одиниць за умови періодичного перебування людей, 60 одиниць – для VI і VIII розрядів робіт за умови постійного перебування людей і 80 одиниць за умови періодичного перебування людей.

Що стосується показника дискомфорту, то для більшості приміщень громадських будівель він не повинен перевищувати значення 40–60 одиниць.

Коефіцієнт пульсації для освітлення приміщень газорозрядними лампами, що живляться змінним струмом із частотою 50 Гц, не повинен перевищувати 10 % для робіт I і II розрядів, 15 % – для робіт III розряду, 20 % – для робіт IV–VII розрядів. Допускається підвищення коефіцієнта пульсації до 30 % в приміщеннях із VI і VIII розрядами за відсутності в них умов виникнення стробоскопічного ефекту.

Нижче для інформації наведені значення коефіцієнтів пульсації деяких типів ламп залежно від способу увімкнення.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів пульсації світлового потоку

Джерело світла	Спосіб увімкнення		
	1-ша фаза	2-га фаза	3-тя фаза
Люмінесцентні лампи типу ЛБ	24	10	3
Люмінесцентні лампи типу ЛДЦ	41	17	5
Дугові ртутні лампи високого тиску	65	31	7

Вимоги рівномірності освітлення регламентуються граничним співвідношенням максимальної освітленості до її середнього значення.

Нормовані рівні освітленості. Нормовані значення освітленості наводяться для робочої поверхні (горизонтальної, вертикальної чи похилої площини), на якій розміщуються візуальні об'єкти вирішуваного зорового завдання. За відсутності конкретної інформації за робочу поверхню можна розглядати горизонтальну площину, що знаходиться на рівні 0,8 м від підлоги (умовна робоча поверхня).

Зазвичай норми освітленості визначають найменшу допустиму освітленість. За час нормальної експлуатації освітлювальної установки в точках робочої поверхні освітленість не повинна бути меншою за встановлені норми найменших значень.

Нижче в таблицях наведені нормовані рівні освітленості для України та рекомендовані рівні освітленості для країн Європейської спільноти.

Таблиця 3.2 – Нормовані в Україні рівні освітленості та вимоги до якості освітлення

Приміщення	Освітленість, лк	Показник дискомфорту, не більше одиниць	Коефіцієнт пульсації світлового потоку, %, не більше
Робочі кімнати, проєктні кабінети	300	40	15
Машинописні і комп'ютеризовані бюро	400	40	10
Читальні зали	300	40	15
Конференц-зали, зали засідань	200	60	15

Продовження таблиці 3.2

Лабораторії	300	40	10
Фойє	150	90	–
Вестибюлі	150	–	–

Таблиця 3.3 – Рекомендовані рівні освітленості та показники якості освітлення країн Європейської спільноти (ЄС)

Приміщення	Освітленість, лк	Граничний показник засліплюваності
Офіси:		
– загальний офіс	500	19
– зал моніторів	300–500	19
Конструкторські бюро:		
– загальні приміщення	500	16
– креслярські дошки	750	16
Банки та будівельні компанії:		
– офісні приміщення, бухгалтерії	500	19
– приміщення для відвідувачів	300	19

Критерії вибору джерела світла. Під час вибору джерела світла враховують їх відповідність наведеним нижче критеріям.

Передавання кольорів. Відчуття відповідності кольорів поверхонь у разі освітлення їх заданим джерелом світла формується в людини свідомими чи мимовільним порівнянням зі сприйняттям кольорів у разі освітлення деяким еталонним джерелом. Під «добрим поданням кольорів» розуміють близькість зі сприйняттям, яке має місце в разі стандартного джерела світла, наприклад, денного світла.

Температура кольору. Температура кольору – це температура абсолютно чорного тіла (повного випромінювача), яке дає випромінювання того самого спектрального складу, що й заданий конкретний випромінювач.

Наявні номінали потужностей. Деякі типи ламп, наприклад, металогалоїдні та натрієві високого тиску, мають дуже високе значення світлового потоку. Це дозволяє використати меншу кількість ламп (і освітлювальної арматури) для досягнення заданого рівня освітленості і відповідно дозволяє зменшити видатки на створення освітлювальної установки. Однак лампи з великим світловим потоком зазвичай вимагають установлення їх на значній висоті, щоб обмежити засліплювальність і забезпечити рівномірність освітленості.

Фізичні розміри і конфігурація. У деяких випадках необхідні малогабаритні лампи, наприклад, для підсвічування дисплея, чи лампи особливої конфігурації з певною конструкцією цоколя.

Робочі характеристики. Деякі з цих характеристик, які потрібно враховувати під час вибору джерел світла, наведені нижче:

- час розгорання та інтервал часу до повторного ввімкнення;
- мерехтіння в процесі запалювання;
- пульсації світлового потоку під час нормальної роботи;
- зменшення світлового потоку та зміна інших характеристик із часом експлуатації;
- температура колби лампи і температура довкілля в конкретних умовах експлуатації;
- сумісність із наявними патронами.

Вибір ефективних джерел світла. Здоровий глузд підказує, що необхідно використовувати той тип ламп, який

за умови забезпечення інших вимог дає максимальну світловіддачу.

Нагадаємо, що світловіддача (H) – це відношення світлового потоку джерела світла до його потужності ($H_{Л} = \Phi_{Л} / P_{Л}$). Світлова віддача кожного типу ламп може бути визначена на основі доступних даних про лампу та схему її увімкнення. Потрібно враховувати, що для розрядних ламп, де мають місце втрати енергії в пускорегулювальній апаратурі, об'єктивнішим показником є світловіддача схеми. Вона визначається як відношення світлового потоку до суми потужностей, що споживаються власне лампою та втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі:

$$H_{СК} = \frac{\Phi_{Л}}{P_{Л} + \Delta P_{ПРА}}$$

Під час проєктування нової освітлювальної установки необхідно порівнювати світлові віддачі ламп і вибирати з них ті, що мають найбільшу світловіддачу.

Під час вибору освітлювальних установок потрібно з'ясувати тип використовуваних ламп. Якщо цей тип має низьку світловіддачу, можна замінити їх на ефективніші лампи. В окремих випадках це не вимагатиме ніяких додаткових змін, в інших – можуть знадобитися деякі зміни в освітлювальній установці.

Енергоощадні типи ламп. У таблиці 3.4 наведені основні характеристики поширених типів ламп та рекомендовані випадки їх застосування. Поряд із типом ламп (перша колонка) наведемо їх позначення латинським шрифтом, прийняті в країнах Європейської спільноти (ЄС).

Таблиця 3.4 – Основні характеристики поширених типів ламп та рекомендовані випадки їх застосування

Тип лампи	Світловіддача, лм/Вт	Передавання кольорів, Ra	Температура кольору, К	Термін служби, години	Типові застосування
1	2	3	4	5	6
Розжарювання звичайна (GLS)	14	99	2 856	1 000	У побуті
Розжарювання рефлекторна (PAR)	10	99	2 856	1 500	Підсвічування дисплея
Розжарювання галогенна з вольфрамовою ниткою (LV)	18	99	–	2 000	Підсвічування дисплея, прожекторне освітлення
Розжарювання галогенна з вольфрамовою ниткою (V)	22	99	–	2 000	Підсвічування дисплея – вузький промінь
Компактна люмінесцентна (с. f. e.)	60	87	2 700	12 000	У побуті (заміна ламп типу GLS)
Люмінесцентна трубчаста	75	60–85	2 700–7 500	10 000	Офіси, магазини, підприємства
Люмінесцентна трубчаста (ВЧ керування)	100	65–90	–	14 000	Офіси, магазини, підприємства (можна зменшувати освітленість)
Ртутні високого тиску, ДРЛ (MBF)	40	–	–	6 500	Підприємства

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Метало-галогідні ДРИ (МН/МВІ)	73–96	65–92	Різна	8 000	Магазини, підприємства, прожекторне освітлення спортивних арен
Натрієві високого тиску (SON)	50–140	23–80	Тепла	10 000	Підприємства, прожекторне освітлення
Натрієві низького тиску (SOX/SLI)	100–175	Незадовільна (спотворена)	–	10 000	Загальні площі, автотраси, тунелі, автостоянки, охоронне освітлення

Ефективність використання освітлювальних установок. Комплексна ефективність освітлювальних установок, що використовуються для загального рівномірного освітлення в приміщеннях, може бути оцінена коефіцієнтом використання освітлювальної установки $K_{O.V}$:

$$K_{O.V} = \frac{\Phi_{P.П}}{\Phi_{C.B}}$$

де $\Phi_{P.П}$ – світловий потік на робочій поверхні;

$\Phi_{C.B}$ – світловий потік, що випромінюється світильником.

Під час проектування освітлювальної установки, крім коефіцієнта використання, необхідно враховувати також й інші чинники, – зокрема виникнення відблисків (тобто полисків окремих ділянок робочої зони).

Коефіцієнт використання освітлювальної установки для окремих типів світильників розраховують за

спеціальними таблицями, в яких, крім прийнятого типу світильника, враховують відбивальну здатність поверхонь приміщення і показник приміщення R , який визначають за формулою

$$R = \frac{A \cdot B}{(A + B) \cdot H},$$

де A, B, H – відповідно довжина, ширина і висота приміщення.

Необхідно підкреслити, що в широкому розумінні освітлювальна установка має світлову частину (освітлювальний пристрій, приміщення, робочі поверхні) і електричну частину (електропроводка, комутаційна апаратура тощо).

Для підвищення коефіцієнта використання освітлювальної установки необхідно фарбувати поверхні приміщень у світлі тони і застосовувати високоефективні відбивачі (рефлектори).

У високоефективних відбивачах використовують покриття сріблом поверхню, яка має дуже високу здатність відбиття, що забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоефективні відбивачі забезпечують підвищення коефіцієнта ефективності світильника за рахунок того, що з їх застосуванням більша частина світлового потоку, який випромінює лампа, досягає робочої поверхні. Цим можна значно підвищити ефективність роботи старих освітлювальних установок, дозволяючи скоротити майже вдвічі кількість ламп, які використовувалися раніше, за умови збереження чи навіть збільшення рівня освітленості.

Відбивачі можуть бути виконані на спеціальне замовлення для задоволення потреб конкретних приміщень, і можуть забезпечити підвищені рівні освітлення без збільшення витрат на електроенергію.

У тих випадках, коли наявна освітлювальна арматура застаріла, можливо, економічним буде варіант її заміни, що вимагає спеціального оцінювання в кожному окремому випадку.

Особливі випадки освітлення. Якщо робочі площі не займають значної частини освітлювальної площі, можна застосувати локальне освітлення, яке вимагає менших витрат енергії порівняно із загальним освітленням. У цьому разі необхідне ретельне узгодження розміщення місць виконання окремих робіт. Зміна розміщення робочих місць може стати проблемою, якщо система локального цільового освітлення є недостатньо гнучкою. Важливо також забезпечити освітленість інших площ на рівні, не меншому за третину від освітленості цільових площ, де виконуються конкретні робочі завдання.

Світильники відбитого і переважно відбитого світла характерні тим, що скеровують більшу частину світлового потоку на стелю і верхні частини бокових стін для освітлення робочої поверхні відбитим світлом. Ефективність такої системи, порівняно зі світильниками, що скеровують світло вниз, є меншою (ступінь цього зменшення залежить від коефіцієнта відбиття поверхні стелі, стін), однак світильники зі скеруванням світла вверх можуть забезпечувати високу гнучкість освітлювальної системи і створювати зоровий комфорт.

Освітлення поверхонь, на яких установлені дисплеї, вимагає великої уваги, щоб уникнути появи блисків і неприємних відбиттів. У таких випадках застосовують спеціальні рефлекторні системи для верхнього люмінесцентного освітлення. Тут можуть виявитися ефективними також системи відбитого чи переважно відбитого світла.

Урахування умов експлуатації освітлювальних систем. Під час проектування освітлювальних систем

необхідно враховувати такі три основні фактори, пов'язані з експлуатацією систем:

- фактор зміни характеристик ламп (зменшення світловіддачі внаслідок старіння);
- фактор технічного обслуговування світильників, (ступінь забруднення світильника і періодичність очищення);
- фактор технічного обслуговування освітлюваних поверхонь приміщення (ступінь втрати відбитого світлового потоку, обумовлений забрудненням стін).

Дію цих трьох факторів ураховують на стадії проектування за допомогою коефіцієнта запасу (K_3), який являє собою відношення передбачуваного світлового потоку (Φ_{Π}) до реального (Φ_P):

$$K_3 = \frac{\Phi_{\Pi}}{\Phi_P}.$$

Отже, якщо проектувальник освітлювальної системи прогнозує зниження освітленості за рахунок старіння системи впродовж певного часу на 25 %, він повинен урахувати, що необхідний рівень освітленості повинен бути забезпечений і в кінці згаданого проміжку часу, використовуючи під час розрахунків коефіцієнт запасу $K_3 = 1,25$. На час уведення в дію після монтажу освітлювальної установки рівень освітленості становитиме 125 % від необхідного. Про що це свідчить для енергоменеджера? Це означає, що оскільки передбачається слабке технічне обслуговування, капітальні і експлуатаційні видатки на освітлення будуть на 25 % більшими, ніж вони повинні бути. Якщо планується технічне обслуговування з періодичним очищенням ламп і їх своєчасною заміною, значна частина цих додаткових

видатків може бути заощаджена, оскільки проєктувальник зможе використати менше значення коефіцієнта запасу.

Раціональне розміщення світильників. Існують два способи розміщення світильників загального освітлення: нерівномірне й рівномірне. У локалізованій системі загального освітлення вибір місця розміщення світильників вирішуються в кожному конкретному випадку індивідуально.

Рівномірне розміщення світильників призначене для створення рівномірно розподіленої освітленості на всій площі освітлювального приміщення. Це забезпечується вибором відстані між світильниками залежно від форми кривої сили світла світильника.

Люмінесцентні світильники зазвичай розміщують рядами паралельно до стін із вікнами, а в проїмах виробничих приміщень – паралельно до поздовжньої осі приміщення. Залежно від необхідного рівня освітленості лампи можуть утворювати неперервні ряди чи ряди з розривом.

У разі використання світильників відбитого світла необхідно додержуватися певних відстаней від світильника до стелі, що забезпечують рівномірність розподілу яскравості на стелі.

Необхідно також регламентувати відстань від крайнього ряду світильників до стін, що залежить від наявності робочих поверхонь біля стін приміщення.

Під час розміщення світильників загального освітлення враховують також зручність їх монтажу і обслуговування.

Раціональні схеми приєднання світильників до джерела живлення. У випадках досить глибоких внутрішніх частин приміщень із двома чи більше рядами світильників, розміщених паралельно до стіни з вікнами,

доцільно передбачити незалежне ввімкнення (вимкнення) кожного ряду залежно від рівня природного освітлення.

Групи світильників потрібно рівномірно розподіляти за фазами джерела живлення, що забезпечує мінімальні втрати і створює умови зниження пульсацій світлового потоку в разі використання газорозрядних ламп.

У нічний час у зв'язку зі зменшенням електричного навантаження напруга підвищується на 15–20 % порівняно з номінальною, що зумовлює додаткове споживання енергії і різко скорочує термін служби ламп. У цьому разі можна змінити схему з'єднання світильників із паралельної, якщо лампи паралельно ввімкнені на фазну напругу джерела, на послідовну схему з'єднання ламп, коли дві послідовно з'єднані лампи ввімкнені на лінійну напругу. Це рішення застосовують у міських освітлюваних мережах. У цьому разі на кожний світильник припадає напруга:

$$(1,15 - 1,20)U_K / 2 = (1,15 + 1,20)\sqrt{3}U_\phi / 2 - (0,99 - 1,04)U_\phi.$$

Ця рекомендація має обмежений характер, оскільки рівномірний розподіл лінійної напруги між послідовно з'єднаними світильниками має місце лише за їх однакової потужності.

Засоби керування освітленням. Своєчасне ввімкнення і вимкнення освітлення може значно зекономити електричну енергію.

Система часового керування, що вимикає всі вибрані заздалегідь світильники в певний час, але дає можливість локального індивідуального ввімкнення, може мати час окупності півтора-два роки. Якщо така система запроваджується під час реконструкції системи освітлення, час окупності може зменшитися до одного року, а інколи й менше. Цей загальний принцип керування освітленням добре підходить для приміщень із великою кількістю працівників, наприклад, для спільного офісного приміщення, однак його потрібно обережно застосовувати

в школах, на підприємствах, у складських приміщеннях тощо.

Існують також системи керування освітленням, які, крім згаданого принципу, можуть реалізувати також варіант фотоелектричного керування залежно від рівня природного освітлення. Це дає більші заощадження. Тут також передбачена можливість індивідуального локального керування освітленням присутньою в приміщенні особою. Для реалізації локального керування можливе використання дистанційного вмикання чи вимкнення, наприклад, за допомогою інфрачервоних чи ультразвукових пристроїв.

Використання ламп, що працюють на високій (близько 30 кГц) частоті, сприяє впровадженню відносно дешевого регулювання світлового потоку люмінесцентних ламп. Це, ймовірно, повинно привести до розроблення систем гнучкого керування світловим кліматом інтер'єрів приміщень, наприклад, плавним регулюванням штучного освітлення залежно від рівня природного, чи розробленням конструкцій зі стабільним світловим потоком, де зниження світловіддачі внаслідок старіння ламп компенсувалося би збільшенням їх потужності.

Ручне керування освітленням. Метою ручного керування освітленням є забезпечення потрібної інтенсивності освітлення в потрібному місці впродовж потрібного інтервалу часу.

Навіть у разі використання ефективніших енергоощадних ламп, світильників тощо енергія, що споживається системою освітлення, може витратитися даремно внаслідок різних факторів. Ретельний моніторинг показав, що зазвичай люди вмикають світло, якщо це необхідно, але вони не такі пунктуальні, щоб вчасно вимикати освітлення, якщо денне природне освітлення створює достатній світловий комфорт чи якщо виходять із

приміщення. Умовляння можуть виявитися корисними на короткий час, але ідеальне вирішення полягає в тому, щоб передбачити ручний вимикач для ввімкнення і автоматичний вимикач для вимкнення освітлення, якщо в ньому немає потреби.

Інша ситуація даремного витрачання енергії на освітлення виникає внаслідок поширеної практики керувати освітленням великих площ невеликою кількістю вимикачів чи внаслідок невдалого компонування вимикачів, що спричинює плутанину, якщо задоволення індивідуальних вимог до освітлення може бути досягнене ввімкненням багатьох світильників.

Пристрої плавного регулювання, освітленості є дуже ефективним засобом скорочення видатків на освітлення, одна перш ніж зважитися на значні капіталовкладення, рекомендується вивчити характер зайнятості приміщень і поведінку осіб, які перебувають у цих приміщеннях. Це дозволить вибрати найекономічнішу систему керування освітленням.

Система вимикачів повинна принаймні дозволяти окремо керувати рядами світильників, розміщених паралельно до стін із вікнами.

Існують вимикачі (механічні й електронні), які дозволяють керувати індивідуальними світильниками у великій освітлювальній установці тим особам, які мають найбільшу в цьому потребу.

Вимикачі необхідно розміщувати якомога ближче до світильників, роботою яких вони керують. Один із простих методів, який успішно застосовувався і застосовується, передбачає встановлення настінного шнурувального вимикача біля кожного світильника.

Автоматичне керування освітленням.
Найпоширенішими автоматичними регуляторами освітлення є фотоелектричні регулятори, що забезпечують

вимкнення електричного освітлення тоді, коли природного освітлення достатньо для створення потрібної освітленості. Фотоелектричний датчик може реагувати на зовнішню освітленість, а може бути налаштованим так, щоб спрацьовувати, якщо зовнішня освітленість забезпечує необхідний рівень освітленості на робочому місці.

Безконтактні вимикачі – це локальні регулятори, які реагують на присутність людей у приміщенні. Виявлення людей може ґрунтуватися на використанні інфрачервоних чи ультрафіолетових датчиків, які спричиняють увімкнення освітлення в разі появи людей у приміщенні і вимкнення освітлення, якщо люди залишають приміщення. Робота безконтактного вимикача може бути скоординована з фотоелектричними регуляторами.

Альтернативним вирішенням може бути система, яка вмикає освітлення в разі необхідності, а регулятор (контролер) лише вимикає освітлення, якщо присутність людей у приміщенні не фіксується.

Якщо люди залишають певні приміщення у фіксований час кожного робочого дня, то може бути доцільним установити вимикач із часовим механізмом (часовий регулятор), який би вмикав більшу частину освітлення після настання такого часу. Однак необхідно інколи передбачити охоронне освітлення і можливість для осіб, які працюють у пізній час, вмикати частину освітлення вручну з подальшим автоматичним вимкненням із тим, щоб уникнути випадкового залишення увімкненого освітлення. Звичайне прибирання приміщень також може вимагати спеціальних заходів. Послідовне керування освітленням може бути доречним, якщо бригада прибиральниць переходить із поверху на поверх.

Організація освітлення повинна гарантувати, що жодній особі за будь-яких обставин не доведеться входити

до неосвітленого приміщення (простору) чи перебувати в приміщенні (просторі), де за освітленням немає контролю.

Найпростішим видом часових регуляторів є вимикачі, які вмикають вручну, а вимикають автоматично через заданий час. Вони значно поширені для керування освітленням сходових кліток багатоповерхових будинків. Ці вимикачі відносно недорогі і їх можна просто встановити замість звичайного вимикача.

Регулювання світильників із високочастотними люмінесцентними лампами. Останнім часом визначилася виразна тенденція використання люмінесцентних ламп, що працюють на високій (близько 30 кГц) частоті. Це створює можливості підвищення ефективності, відносно простого регулювання світлового потоку, а також зоровий комфорт унаслідок відсутності пульсацій світлового потоку. Високочастотні баластні елементи (дроселі) легко об'єднуються з електронними регуляторами, наприклад, для регулювання рівня освітленості залежно від рівня природної освітленості.

3.1.5 Економія електроенергії під час експлуатації освітлювальних систем

Для визначення шляхів економії електроенергії в освітлювальних системах необхідно знати частку окремих складових загальних видатків на електричне освітлення.

Зменшення експлуатаційних видатків на освітлювальну систему може бути досягнене за рахунок раціонального обслуговування та заміною освітлювальних пристроїв на ефективніші.

Співвідношення статей видатків на освітлення. Формування будь-якої програми, скерованої на енергоощадність та скорочення видатків на освітлення, значною мірою залежить від визначення і розуміння

значення окремих статей видатків, які в сумі дають повні видатки на організацію освітлення. Нерідко зв'язок між різними складовими видатків виявляється складним, тому розпочнемо з розгляду простого прикладу.

Звичайна лампа розжарювання з вольфрамовою ниткою напругою 220 В і потужністю 100 Вт коштує приблизно 1 грн 15 к. Упродовж її часу служби, що становить 1 000 годин, вартість спожитої енергії (беручи тариф 15 к/кВт · год] – 15 грн. Таким чином, загальні видатки на придбання лампи й оплату спожитої енергії становлять 16 грн 15 к. Стаття видатків, що стосується вартості самої лампи становить 7 %, а стаття видатків на енергію – 93 %. Для спрощення поточні витрати на обслуговування не враховані, вони можуть бути віднесені до накладних видатків.

Аналіз структури видатків для більшості освітлювальних установок засвідчує, що вартість електроенергії є основною складовою видатків. Сама суть енергоменеджменту щодо електричного освітлення передбачає зміну окремих складових видатків застосуванням ефективнішого освітлювального обладнання або методів чи режимів для забезпечення такого самого або й кращого рівня освітлення. Це в результаті приводить до зменшення споживання електроенергії і скорочення загальних видатків.

Переважну більшість освітлювальних установок можна покращити, зважаючи на зменшення загальних грошових витрат і скорочення споживання електроенергії, якщо запровадити вдосконалені технології та ефективніше обладнання. Реалізація деяких проєктів зі значними вигодами може потребувати дуже незначних чи взагалі нульових капіталовкладень. В інших випадках можуть знадобитися капіталовкладення та нове обладнання, і тоді

необхідно порівняти обсяг капіталовкладень з економією експлуатаційних видатків.

Аналіз складових видатків. Для організації електричного освітлення необхідно здійснити наведені нижче видатки. Початкові капітальні вкладення:

- капітальні вкладення в освітлювальне обладнання;
- видатки на монтаж (оплата робочої сили і вартість матеріалів).

Експлуатаційні видатки:

- видатки на придбання ламп для заміни;
- видатки на обслуговування освітлювальних установок (оплата обслуговувального персоналу);
- видатки на оплату вартості електроенергії.

Для зручності звичайно розглядають річні видатки, щоб можна було оцінити значущість окремих складових стосовно одна одної, а також оцінити загальні видатки.

Технічне обслуговування освітлювальних систем.

Стосовно електричних ламп поняття «термін служби» має чотири чітких визначення:

- повний термін служби лампи – проміжок часу від початку служби до виходу з ладу;
- середній термін служби партії ламп – середній проміжок часу від початку служби ламп партії до виходу їх із ладу;
- корисний термін служби лампи – проміжок часу, після якого світловіддача лампи внаслідок нормального процесу старіння знижується до такого рівня, що економічно доцільним стає її заміна;
- гарантований термін служби – мінімальний гарантований виробником повний термін служби лампи.

Лампи розжарювання підпадають під перше означення терміну служби. У стандартах зазначають

середній термін служби поширених типів ламп за заданих умов експлуатації.

Газорозрядні лампи підпадають під третє означення. Термін служби газорозрядних ламп являє собою складне питання і поняття «терміну служби» для таких ламп не обумовлюється ніякими міжнародними стандартами.

Сучасні газорозрядні лампи можуть зберігати працездатність упродовж багатьох тисяч годин, однак із часом світловіддача ламп унаслідок старіння постійно знижуються. У результаті якщо експлуатувати лампу до електричної відмови, її світловіддача може знизитися на 50 % чи більше порівняно з початковим значенням. Практично газорозрядні лампи необхідно замінювати через найекономічніші для конкретної установки терміни.

Старіння і планова заміна ламп. В усіх, за винятком дуже малих, освітлювальних системах доцільно проводити групову заміну ламп із запланованою періодичністю. Аналогічно під час технічного обслуговування люмінесцентних світильників зі стартерами тліючого розряду економічно доцільно проводити групову заміну стартерів, але вдвічі рідше, ніж ламп (тобто за кожної другої заміни ламп).

Оптимальний період заміни ламп залежить від витрат електроенергії і втрат на оплату робочої сили для конкретної установки. Загальне правило полягає в тому, що групову заміну ламп необхідно проводити тоді, коли вартість втраченої даремно енергії дорівнює вартості заміни ламп. Додаткове обмеження полягає в тому, що лампи потрібно замінювати до того, як їх світлова віддача впаде нижче ніж 70 % від початкового значення. Для одержання кривої світлового старіння певного типу ламп необхідно звернутися до фірми-виготовлювача.

Планове технічне обслуговування. Несвоєчасне чищення світильників може знизити освітленість на 15–30 % і більше, що призводить до:

- зниження продуктивності праці і якості продукції;
- погіршення психофізіологічного стану людей;
- підвищення виробничого травматизму.

У зв'язку з цим на кожному підприємстві повинен бути графік чищення світильників, який затверджують офіційно. Це дозволяє досягти близько 15 % заощаджень енергії, оскільки в цьому разі потрібна установка меншої кількості освітлювального обладнання.

Регулярним чищенням зашкленних поверхонь виробничих будівель і приміщень (не рідше ніж двічі за 1 рік) можна скоротити тривалість роботи ламп у разі двозмінної роботи підприємства не менше ніж на 15 % в зимовий час і на 50–70 % у літній.

Для підвищення коефіцієнта використання природного і штучного освітлення приміщення виробничих і громадських будівель потрібно фарбувати в світлі тони, що дозволить зменшити кількість установлених світильників за умови забезпечення заданих норм освітлення.

Усі поверхні певною мірою поглинають світло. Чим менша їх здатність відбиття, тим більше світла вони поглинають. Звідси випливає що поверхні, пофарбовані у світлі відтінки кольорів, є ефективнішими, однак їх потрібно регулярно фарбувати, мити чи обклеювати наново для того, щоб забезпечити економічне використання освітлення. Взаємовідбиття від кольорових поверхонь у кімнаті може вплинути на кількість і спектральний склад світла на робочих поверхнях.

Режими керування освітленням. Автоматичне керування зовнішнім освітленням порівняно з ручним має за статистикою економію електроенергії 2–4 %.

Керування освітленням у приміщеннях із боковим і комбінованим природним освітленням повинно дозволяти вимкнення рядів світильників, паралельних до вікон. Інколи світильники вимикаються групами, які за умовами виробництва повинні працювати одночасно. Це може дозволити знизити витрати електроенергії приблизно на 5–10 %.

У системах освітлення великих приміщень (і площею понад 500 м²) із великою питомою встановленою потужністю необхідно передбачати дистанційне автоматичне чи ручне керування штучним освітленням. Це дозволяє:

- своєчасно вмикати і вимикати (частково чи повністю) освітлювальну установку на початку і в кінці робочого часу з урахуванням графіка роботи виробничого обладнання; економія енергії за рахунок цього становить близько 10–15 %;

- вимикати освітлювальну установку з газорозрядними лампами на час обідньої перерви (тривалістю 45 хвилин і більше), залишаючи увімкненим лише чергове освітлення, економія енергії – до 10–15 %;

- у приміщеннях із комбінованим освітленням вмикати чи вимикати частини світильників освітлювальної установки залежно від рівня природного освітлення в різних зонах приміщення. Економія електроенергії приблизно 10–20 % залежно від сезонної тривалості світлого часу доби і графіка роботи конкретного підприємства.

Контроль справності освітлювальної арматури.

Для зменшення споживання електроенергії освітлювальними установками і люмінесцентними лампами необхідно контролювати справність баластних компенсуювальних конденсаторів пускорегулювальної апаратури.

Економія електроенергії за рахунок зниження напруги. Потенціальні можливості економії електроенергії за рахунок зниження напруг наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Потенціал економії енергії за рахунок зниження напруги

Тип лампи	Рівень напруги, % від U ном.	Світловий потік, % від Ф ном.	Економія енергії, % від W ном.
Розжарювання	90	68	15
	85	56	23
Ртутні лампи ДРЛ	90	67	24
	85	051	36
Люмінесцентні	90	90	13
	85	84	19
Ксенонові типу ДКсТ	90	55	35
	85	33	53

Додатково можна зауважити, що режим роботи зі зниженою наругою істотно збільшує термін служби ламп розжарювання.

Перехід на нові джерела світла. У чинній освітлювальній системі перехід на ефективніші джерела світла дозволив скоротити споживання електроенергії, а відповідно й видатки. В одних випадках такий перехід вимагає мінімальних або навіть нульових капітальних затрат, в інших випадках необхідні додаткові елементи керування, заміна типу світильників і (чи) їх розміщення.

Річна економія електроенергії за рахунок заміни джерел світла на нові ΔW визначається за формулою

$$\Delta W = \Delta P_{oc} \cdot K_{II} \cdot T_{oc},$$

$$\Delta P_{oc} = n_c \cdot P_c - n_H \cdot P_H,$$

де P_C , P_H – одиничні потужності старих і нових джерел світла, кВт;

n_C , n_H – відповідно кількість старих і нових джерел світла, шт.;

K_H – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

T_{OC} – річна кількість годин використання максимуму освітлювального навантаження, годин.

Співвідношення енергетичної ефективності різних джерел світла між собою для орієнтовного оцінювання економії електроенергії, яка може мати місце в разі заміни ламп за умови однакової розрахункової освітленості, наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Очікувана економія електроенергії від заміни джерел світла

Замінюване джерело світла	Середнє значення можливої економії енергії, %
Ртутні лампи низького тиску (люмінесцентні) на металогалоїдні	24
Ртутні лампи високого тиску на:	
– металогалоїдні	42
– ртутні низького тиску (люмінесцентні)	22
– натрієві	45
Лампи розжарювання на:	
– металогалоїдні	66
– ртутні низького тиску (люмінесцентні)	55
– натрієві	68
– ртутні низького тиску (типу ДРЛ)	42

Такі заміни, однак, не завжди є допустимими. Необхідно врахувати також інші умови, наприклад,

недопустимість пульсації світлового потоку через виникнення стробоскопічного ефекту.

Потенційні заощадження від заміни джерел світла. Аналіз видатків більшості освітлювальних установок засвідчує, що основну частку видатків становить вартість електроенергії.

Зведені річні видатки на промислові освітлювальні установки Z обчислюють за формулою

$$Z = 0,2K + L,$$

де K – капіталовкладення в освітлювальну установку;

$0,2$ – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

L – річні експлуатаційні видатки.

Перший стовбець ілюструє випадок використання освітлювальної установки з ртутними лампами високого тиску ДРЛ (МВР). Друга колонка побудована для таких самих умов освітлення, але в разі застосування натрієвих ламп високого тиску.

Під час оцінювання ефективності систем освітлення важливо визначити дійсні видатки кожної системи. Це передбачає не лише порівняння відповідних коштів на придбання ламп і світильників. Тут важливо не знехтувати іншими істотними факторами, такими як зменшення кількості світильників, використання регуляторів, відбивальна здатність поверхонь, величина засклених поверхонь та характер використання приміщень. Під час розрахунків корисно оцінити переваги і недоліки альтернативних варіантів капітальних вкладень і відповідні терміни окупності, враховуючи будь-які фінансові асигнування і (чи) податкові пільги.

3.1.6 Порівняння варіантів освітлювальних систем

Як приклад оцінювання доцільності певного енергоощадного заходу розглянемо випадок заміни в

будівлі світильників із лампами розжарювання на світильники з натрієвими лампами високого тиску.

У будівлі площею 6 300 м² встановлено 252 світильники з лампами розжарювання. Потужність кожної лампи – 500 Вт, світловіддача – 15 лм/Вт, що дає загальний світловий потік 1 890 000 лм, який рівномірно розподілений по площі будівлі. Рівень освітленості – 300 люксів.

Дослідження показали, що такий самий рівень освітленості в приміщеннях будівлі можуть забезпечити 48 світильників із натрієвими лампами високого тиску потужністю 431 Вт. Світловіддача цих ламп – 100 лм/Вт, відповідно загальний світловий потік становить 2 068 800 лм. Середня освітленість становитиме 328 люксів, хоча в деяких зонах вона може бути вищою, а в деяких – нижчою. Як бачимо з таблиці 3.7, початкові капітальні вкладення на встановлення натрієвих ламп високого тиску становлять 83 520 гривень. У першому варіанті з лампами розжарювання капіталовкладення непотрібні, бо мова йде про чинну освітлювальну систему.

Таблиця 3.7 – Капіталовкладення варіантів

Показник варіанта	Тип і потужність ламп	
	Кількість світильників	252
Вартість одного світильника (разом із пристроями керування, але без ламп), грн		900
Вартість заміни однієї лампи, грн	60	240
Вартість установавання одного світильника		600
Сумарні капітальні вкладення, грн		83 520

Після визначення кількості й вартості нових світильників необхідно розрахувати кількість заощадженої енергії.

Лампи розжарювання споживають 378 000 кВт · год енергії (252 світильники · 500 Вт · 3 000 годин). Вартість спожитої за 1 рік електроенергії за тарифу 15 к./кВт · год становить 56 700 гривень.

Аналогічні розрахунки для варіантів із натрієвими лампами дають (з урахуванням коефіцієнта потужності) значення спожитої енергії 65 720 кВт · год вартістю 9 858 гривень.

Дані порівняння варіантів за цим показником зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Споживання енергії за порівнювальними варіантами

Показник варіанта	Тип і потужність ламп	
	розжарювання, 500 Вт	натрієві високого тиску, 431 Вт
Кількість світильників	252	48
Споживана потужність, Вт	500	431
Коефіцієнт потужності	1,0	0,85
Тариф на ел. енергію грн/кВт · год	0,15	0,15
Тривалість роботи упродовж 1 року	3 000*	2 700**
Загальні витрати на електроенергію	56 700	9 858

Примітки:

* – передбачається ручне керування освітленням;

** – передбачається керування освітленням за допомогою вимикача з годинниковим механізмом, щоб час роботи освітлення збігався з робочим часом об'єкта

Наступним етапом є обчислення втрат на обслуговування освітлювальних систем (очищення

світильників, зміна ламп тощо). За попереднім оцінюванням очищення кожного світильника коштує 5 грн.

Лампи розжарювання необхідно чистити тричі за 1 рік. Отже, витрати на очищення становлять 3 780 грн.

Натрієві лампи потребують очищення двічі за 1 рік, у результаті витрати на очищення становлять 480 грн.

Термін служби лампи розжарювання – 1 000 годин. Отже, за умови, що тривалість освітлення становить 3 000 годин, в кожному світильнику необхідно буде впродовж року замінити лампу тричі. Якщо вартість лампи розжарювання становить 60 грн, то загальні річні витрати на заміну ламп – 45 360 грн ($252 \cdot 3 \cdot 60$).

Термін служби натрієвих ламп – 10 000 годин, у разі тривалості роботи впродовж року 2 700 годин в кожному світильнику при йдеться умовно замінити 0,27 ламп. Вартість натрієвої лампи дорівнює 240 грн, отже загальні річні витрати на заміну ламп становлять 3 110,4 грн ($48 \cdot 0,27 \cdot 240$).

Річні витрати на обслуговування для варіанта з лампами розжарювання становлять 49 140 грн ($3 780 + 45 360$), для варіанта з натрієвими лампами – 3 590,4 грн ($480 + 3 110,4$).

Економія щорічних видатків становить (табл. 3.9) $105 840 - 13 448 = 92 392$ (грн) Капіталовкладення в нову систему освітлення – 83 520 грн. Ці капіталовкладення окупляться впродовж терміну T :

$$T = 83520/92392 = 0,9 \text{ року.}$$

Отже, термін окупності становитиме лише 0,9 року.

Таблиця 3.9 – Експлуатаційні витрати варіантів

Показник варіантів	Тип і потужність ламп	
	розжарювання, 500 Вт	натрієві високого тиску, 431 Вт
Кількість світильників	252*	48*
Вартість очищення одного світильника	5	5
Інтервал між очищенням (роки)	0,33	0,5
Загальні річні витрати на очищення, грн	3 780	480
Вартість ламп для зміни обслуговування, грн	45 360	3 110
Річні витрати на обслуговування	49 140	3 590
Загальні річні експлуатаційні витрати (витрати на електроенергію і на обслуговування), грн	105 840	13 448

Примітка:

* світильники однолампові

Візьмемо, що термін роботи світильників і пускорегулювальної апаратури становить 10 років, ставка дисконтування – 30 %.

Визначимо чисту зведену вартість проєкту заміни джерел світла.

Нагадаємо, що дисконтування враховує той факт, що вартість суми, яка буде одержана в майбутньому S_M (на час її появи), менша від її нинішньої вартості:

$$S_H = S_M / (1+r)^n,$$

де r – ставка дисконту;

n – число повних років до появи майбутнього доходу (видатків).

Чиста зведена вартість враховує вигоду від проекту впродовж всього терміну його використання (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Чиста зведена вартість проекту

Рік	Капіталовкладення, грн	Економія річних експл. видатків, грн	Грошовий потік, грн	$(1 + r)^n$	Нинішня вартість, грн
0	- 83 520	0	- 83 520	1	- 83 520
1	0	9 239	9 239	0,769	71 049
2	0	9 239	9 239	0,592	54 694
3	0	9 239	9 239	0,455	42 038
4	0	9 239	9 239	0,350	32 337
5	0	9 239	9 239	0,269	24 853
6	0	9 239	9 239	0,207	19 125
7	0	9 239	9 239	0,159	14 690
8	0	9 239	9 239	0,123	11 364
9	0	9 239	9 239	0,094	8 685
10	0	9 239	9 239	0,073	6 745
Разом: Чиста зведена вартість					202 062

Отже, чистий зведений до нинішньої вартості дохід від реалізації проекту за час його використання становить 202 062 грн.

Ставку дисконтування можна взяти такою, що дорівнює відсотковій ставці банківського кредиту в авторитетному банку держави.

Інколи для оцінювання ступеня ризику реалізації проекту визначають внутрішню норму прибутку – це така ставка дисконту, за якої чиста зведена вартість є нульовою. У нашому прикладі внутрішня норма прибутку становить близько 125 %. Це означає, що реалізація проекту дасть нульовий дохід, якщо вартість коштів буде щорічно впродовж терміну використання проекту знижуватися в 2,25 рази.

Таким чином, для заощадження електроенергії і коштів у системах освітлення:

- налагодьте належне обслуговування освітлювальних установок, регулярно очищайте світильники, лампи, вікна і замінійте лампи, які внаслідок природного старіння втратили свої світлотехнічні властивості;

- розгляньте можливість запровадження автоматичного керування електричним освітленням, щоб виключити роботу штучного освітлення за достатнього природного та за відсутності людей у приміщенні;

- розгляньте можливість застосування якісних сучасних рефлекторів, організації локалізованої системи загального освітлення, фарбування стін і конструкцій у світлі кольори;

- проаналізуйте можливість застосування сучасних енергоощадних ламп і світильників;

- звичайні лампи розжарювання, що працюють понад 4 000 годин за 1 рік, замініть на ефективніші системи освітлення, за однакового рівня світлового потоку лампа розжарювання споживає в п'ять разів більше електроенергії, ніж газорозрядна люмінесцентна лампа;

- для нових люмінесцентних систем освітлення з тривалістю роботи понад 5 000 годин за 1 рік рекомендується застосовувати електронні високочастотні

баласти, які дозволяють заощаджувати до 30 % електроенергії;

– для світильників, що встановлюються на висоті понад 5 м від рівня освітлювальної поверхні, рекомендується застосовувати замість люмінесцентних ламп металгалідові;

– малогабаритні люмінесцентні лампи рекомендується встановлювати в коридорах, приймальних, на сходових клітках і в туалетах.

3.2 Методи підвищення енергоефективності систем освітлення

3.2.1 Використання ефективних ламп розжарювання

Технологія. Лампи розжарювання є одним із неефективних джерел освітлення серед існуючих. Ці лампи дуже вразливі до коливання напруги та мають короткий термін використання (750–2 500 годин). Типово, лише 10 % енергії (потужності) витрачається саме на виробництво світла, решта ж перетворюється на тепло.

Застосування. У деяких випадках застосування ламп розжарювання не лише краще, а й життєво необхідно через їх низьку світлову температуру (наприклад, у музеях). Для такого застосування зараз існують лампи розжарювання малої потужності. Також рекомендується, щоб у таких випадках використовувався параболічний алюмінієвий рефлектор (PAR) та R-лампи. Як альтернативу також можна використати вольфрамові галогени, кварцові, йодові, а також криптонові, спектрально оброблені та низьковольтні лампи. Ці лампи зовні мають вигляд конвенційних ламп розжарювання, але спеціальний газ-наповнювач надає їм довшого строку служби та підвищену енергоефективність.

Рекомендації. Через те що лампи розжарювання застаріло неефективні, їх не потрібно використовувати в місцях, де можна застосувати більш енергоефективні технології, такі як компактні флуоресцентні та металгалідові лампи низької потужності.

3.2.2 Використання флуоресцентних ламп та енергозберезних ламп високої інтенсивності розряду

Технологія. У стандартних 40-ватних флуоресцентних лампах (часто їх називають F40) використовують скляну трубку T-12 (T означає трубчаста, 12–12/8 дюйма в діаметрі). Більш ефективні системи освітлення зараз використовують лампи типів T-10 та T-8.

Застосування. Стандартні лампи T-12 розміром 4 фути зараз найбільш поширене джерело світла у комерційних та урядових секторах. Лампи ЛСД на сьогодні використовують у 10 разів більше, ніж будь-які інші, взяті разом. Тому упровадження їх дозволить зекономити як енергію, так і кошти.

Лампи T-10 можна використати з конвенційними баластами T-12. За допомогою T-10 можна підвищити рівень світла на 17 % порівняно з T-12. Через це їх часто використовують у програмах модернізації. Однак якщо замінюються як лампи, так і панелі, то необхідно врахувати можливості використання ламп типу T-8 та електронних баластів. Лампи T-8 працюють на низькому струмі (265 мА) і тому повинні використовуватися з баластами, створеними спеціально для них. Лампи T-8 з електронними баластами мають найвищу світлову ефективність серед усіх флуоресцентних систем (більше ніж 90 лм/Вт).

Рекомендації. Замінити існуючі стандартні лампи T-12 більш ефективними T-8 з електронними баластами, і

конвертувати на натрієві високого тиску або металгалідові системи у великих приміщеннях (наприклад, складах). Використовують також компактні флуоресцентні лампи.

Технологія. Компактні флуоресцентні лампи виробляють світло з високими люменами, тому що вони використовують високоефективні фосфори з високою кольоровою віддачею.

Інтегральні компактні флуоресцентні лампи мають вбудовані баласты та світлову ефективність 61 лм/Вт (для 15–18 ватних ламп). Модульні компактні флуоресцентні лампи мають змінні лампи та світлову ефективність від 50 лм/Вт до 69 лм/Вт. Циркулярні лампи цього типу мають менші показники світлової ефективності та кольорової віддачі.

Застосування. У багатьох випадках компактні флуоресцентні лампи є найвигіднішою заміною для ламп розжарювання, тому що вони мають подібну кольорову віддачу, але можуть служити в 13 разів довше. Компактні флуоресцентні лампи підходять для різноманітних цілей (локальні світильники, поверхневе освітлення, знаки «Вихід» і таке інше).

Застереження. Компактні флуоресцентні лампи не варто використовувати в приміщеннях із високими стелями (вище ніж 3,5 метра). Вони також неефективні в умовах високих та низьких температур. Перед тим як переходити на компактні флуоресцентні лампи, будьте впевнені, що панелі та їх потужності сумісні для використання.

Таблиця 3.11 – Порівняння потужностей ламп розжарювання та компактних флуоресцентних ламп за однакового освітлення

Існуючі лампи розжарювання, Вт	Рекомендовані компактні флуоресцентні лампи, Вт
25	3
40	7
50	9
60	13
75	18
100	26
150	40

Рекомендації. Компактні флуоресцентні лампи необхідно використовувати як локальні світильники, поверхневе освітлення, знаки «Вихід» і таке інше. Флуоресцентні лампи часто використовують з розширеними рефлекторами.

Технологія. Флуоресцентні панелі з розширеними рефлекторами поверхню, подібну до дзеркальної, що фіксує світло прямо та збільшує його люменові показники. Установлення рефлекторів дозволяє підвищити рівень світла на 17 %.

Застосування. Рефлектори можуть бути використані як частина програм зменшення кількості світильників, щоб підвищити ефективність панелі та показники рівня світла. Через те що рефлектори перенаправляють світло, яке раніше втрачалося поза лампами, вони підвищують люменові показники і тому дуже корисні для деяких панелей.

Використання газорозрядних ламп з електронними баластами та ламп високої інтенсивності розряду

Технологія. Баласты використовуються з усіма лампами газового розряду, щоб забезпечити високу стартову напругу, вирівняти напругу мережі із напругою лампи та обмежити струм, що проходить через неї. Є два основні класи баластів: магнетичні та електронні. Електронні баласты забезпечують той самий рівень світла, при цьому зменшуючи енергоспоживання на 25 %. Значного ефекту в енергозбереженні можна досягти використовуючи електронні баласты, тому що вони працюють на вищій частоті, ніж магнетичні. Вища частота також дозволяє зменшити гул під час роботи ламп та майже повністю ліквідувати ефект мерехтіння.

Застосування. Швидкий старт, миттєвий старт, регульовані вихідні показники та використання з майже всіма флуоресцентними лампами. Рекомендації: у разі заміни системи на лампах розжарювання системами флуоресцентного освітлення або ж навіть під час заміни стандартних ламп Т-12 та магнетичних баластів – Т-8 найвигідніша заміна. Ця комбінація забезпечує найбільше енергозбереження та має чудову кольорову віддачу.

Енергозбережні лампи високої інтенсивності розряду

Технологія. Енергозбережні лампи високої інтенсивності розряду (ВІР) працюють за подібним до флуоресцентного принципу. Хоча вони виробляють більше світла і тепла, вони все ж потребують менше енергії. Лампи ВІР мають довгий термін використання та високі люменові показники. Типове їх застосування – в місцях, де світло

ввімкнене впродовж довгого часу, а також зовнішнє освітлення (стоянки для автомобілів, вуличне освітлення). Усі лампи ВІР потребують періодів розігріву та повторного спалаху (час, за який газ-наповнювач у лампі охолоджується та внутрішній тиск знижується перед тим, як дуга знову спалахне), тому ці лампи не потрібно використовувати там, де потрібно постійно вмикати та вимикати світло. Для гасіння ламп ВІР потрібні спеціальні баласты, але через гасіння і ефективність лампи і світлові показники погіршуються.

Застосування. У деяких внутрішніх та зовнішніх освітлювальних системах лампи розжарювання чи лампи з ртутним випаровуванням можуть бути замінені на енергоефективні лампи ВІР.

Застереження. Для того щоб лампи ВІР працювали належним чином, потрібні спеціальні баласты. Використання непідходящих баластів призведе до більших операційних витрат, погіршення світлових показників, скорочення строку служби лампи та марнування енергії.

Рекомендації. Лампи ВІР можна використовувати для модернізації систем освітлення, де це можливо.

3.2.3 Використання металгалідів та натрієвих ламп

Технологія. Металгалідові (МГ) лампи використовують метали, що можуть бути з легкістю випарувані. Метали додаються до дуги запалення у формі металевих солей та ртуті разом з аргоном. У результаті цього світло має більше люменів на 1 Вт та кращу кольорову віддачу порівняно з, наприклад, лампами ртутної пари. Порівняно з лампами розжарювання або галогенними лампами галіди низької температури часто виробляють світло жовтого відтінку, коли металгаліди високої температури – зеленого.

Застосування. Металгаліди рекомендують встановлювати в місцях, що вимагають високих люмен-показників, таких як актові зали, або на вулиці, де важливо підтримувати кольорову віддачу.

Металгаліди доступні в діапазоні від 32 Вт до 2 000 Вт і світловіддачею від 50 лм/Вт до 115 лм/Вт. Лампи цього типу мають найкращу кольорову віддачу серед усіх у своєму класі, але строк їх служби відносно короткий.

Застереження. Нехтування робочими умовами може призвести до погіршення світлових показників та скорочення строку служби. Також усі металгаліди потребують спеціальних панелей або інших захисних заходів, щоб попередити удар струмом.

Натрієві лампи високого тиску

Технологія. Натрієві лампи високого тиску (НВТ) відрізняються від інших ламп ВІР, тому що вони не мають стартових електродів; замість цього мережа баласту має високовольтний електронний стартер, який дозволяє лампі досягти повної потужності сяйва миттєво. Трубка зроблена з керамічного матеріалу, що дозволяє їй витримувати екстремальні температури. На відміну від ламп ртутної пари та металгалідів НВТ можуть перезапускатися без періодів повторного спалаху. Хоча ефективність таких ламп дуже висока 140 лм/Вт, колір світла дещо жовтий.

Застосування. Через властивості кольорової віддачі натрієві лампи високого тиску не використовуються там, де проходить життєво важлива активність. Натомість їх використовують для зовнішнього освітлення на паркінгах, будівельних майданчиках, у вуличному освітленні. НВТ також доступні в менших розмірах із нижчою потужністю для домашнього застосування. Через високу світловіддачу

їх широко використовують у комерційних та промислових приміщеннях із високими стелями.

Натрієві низького тиску

Технологія. Натрієві лампи низького тиску (ННТ) – найбільш енергоефективне джерело світла, але виробляє світло з найгіршими показниками з усіх класів освітлення. Через те що вони монохромні, предмети, освітлені ННТ, здаються чорними, білими або з відтінками сірого. ННТ відзначені найвищими показниками ефективності (від 100 лм/Вт до 180 лм/Вт) і забезпечують чудову візуальну детальність. Вони доступні в діапазоні потужностей від 10 Вт до 180 Вт і мають довгий строк служби.

Застосування. Через те що кольорова віддача ННТ погана, їх необхідно використовувати там, де це не є істотним чинником. Наприклад, світло охорони, сходи, склади.

Енергозберезні лампи на знаках «Вихід»

Технологія. Через те, що знаки «Вихід» повинні бути ввімкнені весь час, навіть уночі та під час аварійних вимкнень електроенергії, існує великий потенціал для енергозбереження через модернізацію освітлювальних елементів. Це можна зробити через модернізацію вже існуючих технологій або через заміну старих новими енергоефективними. Серед доступних альтернативних рішень цього питання: світлові діоди, компактні флуоресценти або електрофлуоресценти. Рекомендації: освітлювальні елементи такого призначення легко замінити та модернізувати. Інвестиції матимуть швидкий строк окупності. Роботи з такими освітлювальними елементами повинні бути внесені до будь-яких програм модернізації,

особливо якщо для цих цілей до цього часу використовувалися лампи розжарювання.

3.2.4 Контроль та регулювання освітлення

Технологія. Заходи контролю освітлення поширені в промисловому та комерційному секторах. Це такі пристрої як: сенсори зайнятості приміщення, освітлення за розкладом, фоточуттєві елементи.

Сенсори зайнятості приміщення контролюють освітлення через вимкнення панелей під час відсутності руху в окремих приміщеннях. Пасивні інфрачервоні сенсори, фоточуттєві елементи та надзвукові сенсори руху найбільш поширені у використанні. Ці пристрої вбудовані у стіни та стелю; вони потребують тестування для забезпечення коректного покриття та порогів спрацювання.

Системи, вбудовані в стіни, замінюють існуючі стінні вимикачі; вони дешевші і їх легше встановити. Такі пристрої широко використовують у конференц-залах, індивідуальних офісах, підсобних приміщеннях.

Системи, вбудовані в стелю, потребують окремих вимикачів, щоб оперувати сенсорами, їх рекомендують у випадках, коли вони вигідніші ніж стінні системи: в місцях під охороною або кімнатах, де меблі чи обладнання заважатимуть стінним сенсорам. Сенсори повинні бути правильно встановлені та налаштовані. Більшість систем мають сумісні вимикачі для вимкнення світла: якщо кімната зайнята, якщо це потрібно.

Освітлення за розкладом забезпечує, щоб освітлення було увімкнене та вимкнене за встановленим розкладом (наприклад, під час робочих годин).

Механізми такого типу можуть бути як простим годинником, так і складною системою енергоменеджменту. Необхідно зауважити, що такі системи не дозволяють

економити енергію в час, коли світло ввімкнене (пусті офіси під час робочого дня).

Фоточуттєві елементи одержують інформацію про рівень природного освітлення та регулюють штучне. Вони, наприклад, можуть бути використані в системах охорони зранку до самого вечора. Разом із гасителями фоточуттєві елементи можна використовувати для того щоб регулювати рівень штучного освітлення впродовж доби (наприклад, удень у приміщеннях біля вікон із добрим природним освітленням).

Застереження. Успішне використання будь-якої з вищенаведених систем потребує обережного встановлення та налаштування відповідно до потреб конкретного замовника. Для безпеки споживача системи повинні мати сумісні вимикачі та цілодобове аварійне освітлення. Зони високої концентрації людей або ті, що перебувають у постійному використанні, не є підходящим місцем застосування систем із світлочутливими сенсорами.

Рекомендації. Використання систем освітлювання за розкладом, фотоелементів та сенсорів зайнятості приміщення мають широкі можливості для застосування і можуть входити до програм модернізації.

Регулювання світлового потоку

Використання ламп, що працюють на високій (близько 30 кГц) частоті, сприяє впровадженню відносно дешевого регулювання світлового потоку люмінесцентних ламп. Це, ймовірно, повинно призвести до розроблення систем гнучкого керування світловим кліматом інтер'єрів, наприклад, плавним регулюванням штучного освітлення залежно від рівня природного чи розробленням конструкцій зі стабільним світловим потоком, де зниження світловіддачі

внаслідок старіння ламп компенсувалося б збільшенням їх потужності.

Використання високочастотних люмінесцентних ламп створює можливості підвищення ефективності (внаслідок простого регулювання світлового потоку), а також підвищує зоровий комфорт, унаслідок відсутності пульсацій світлового потоку. Високочастотні баластні елементи (дроселі) легко об'єднуються з електронними регуляторами, наприклад, для регулювання рівня освітленості залежно від рівня природної освітленості.

Висновки до розділу 3

За останнє десятиліття до 15 % вироблюваної у світі енергії витрачалося на освітлення. Тому **системи освітлення є важливим об'єктом і полем діяльності для заощадження енергетичних ресурсів.**

В Україні переважна більшість освітлювальних установок (систем) далекі від вимог енергоощадності та економічності. Існує багато можливостей енергозбережної модернізації таких установок шляхом застосування ефективного обладнання для забезпечення такого самого або навіть кращого освітлення (комфортності) за одночасного зменшення споживання електроенергії і видатків на її оплату.

Значного скорочення енерговитрат можна досягти за рахунок енергоефективної експлуатації та обслуговування систем освітлення (автоматичне керування освітленням, регулювання світильників, планове технічне обслуговування освітлювальних систем, контроль справності обладнання тощо).

Принципові питання з енергозбереження повинні вирішуватися під час проектування та в разі енергозбережної експертизи систем освітлення.

Контрольні запитання до розділу 3

1 У чому полягає відмінність між освітлювальними приладами і системами освітлення?

2 Які ви знаєте енергозбережні джерела світла? Наведіть приклади.

3 Що ви знаєте про електронні енергозбережні лампи з вбудованими фотоелементами (лампи автоматично вмикаються з настанням темряви та автоматично вимикаються за денного освітлення)? Сфери використання ламп.

4 Потенціал економії енергії в системах освітлення.

5 Енергозбережні заходи в системах освітлення. Наведіть приклади.

6 Поняття нормованої і фактичної освітленості. Питання охорони праці.

7 Які ви знаєте системи штучного освітлення?

8 Назвіть причини нераціонального використання електроенергії в системах освітлення.

9 Вплив фізичного стану освітлювальних приладів на витрати електроенергії.

10 Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) систем освітлення. Цілі, завдання, сутність.

11 Що ви розумієте під енергозбережною експлуатацією освітлювальних приладів, систем?

РОЗДІЛ 4

Енергоощадність та енергоефективність у системах електропостачання, електроспоживання

4.1 Енергоощадне використання енергії на побутовому рівні

4.1.1 Загальні відомості

З 1950 року у світі почали використовувати в чотири рази більше енергії. Основна частка припадає насамперед на домашні господарства і на зростаючу промисловість. Економічний спад в Україні та країнах колишнього СРСР не дуже сильно позначився на споживанні енергії – воно залишається стабільно високим.

За останні роки енергоємність вітчизняної економіки зросла на 46 %, у середньому на 30 % збільшилися витрати енергоресурсів на виробництво металу й іншої базової продукції. На одиницю продукції, що випускається, в Україні витрачається енергії в 2,5 рази більше, ніж у США, втричі більше, ніж у країнах Західної Європи. Втрати електроенергії в мережі загального користування вирости до 120 млрд кВт · г/рік, чи до 13,5 % від обсягу виробництва – в основному через спад промислового виробництва, зношення устаткування, що досяг 63–75 %.

За різними оцінками, до 40 % усіх використовуваних у країні енергоносіїв витрачається нераціонально. На дотації населенню, а також на оплату енергоносіїв, споживаних організаціями бюджетної сфери (школи, лікарні і т. ін.), витрачається близько 42 % місцевих бюджетів.

Постачальники енергоносіїв і води не мають стимулів до зниження витрат, а місцеві бюджети і населення оплачують технологічно невиправдані

наднормативні втрати (за них стягується до однієї третини оплати). Водночас збільшуються багато екологічних проблем, яких і без того цілком достатньо. Багато державних програм з енергетики всерйоз не враховують резерви енергоспоживання, в той час як експертні оцінки і проведені на деяких територіях розрахунки показують величину резерву енергозбереження до 40 % від існуючого рівня споживання. Якщо б у нас були прийняті найпримітивніші, першочергові заходи для заощадження енергії, то до 40 % енергії можна було б зберегти. Саме тому ми вирішили висвітити проблеми енергозбереження в побуті для широкої громадськості, а також відповісти на запитання: «Що з того, що ми звикли робити щодня, робити не потрібно?».

Оскільки електроенергія не дуже дорога, то на цей час у людей немає великого матеріального стимулу для економії електрики, хоча безкоштовним його вже не назвеш. Якщо ж тенденція до постійного підвищення тарифів збережеться, то в майбутньому населення буде занепокоєне економією електроенергії.

Усім бажаючим заощадити на електроенергії корисно знати, скільки енергії споживають різні електроприлади.

Таблиця 4.1 – Споживання енергії електроприладами

Назва приладу	Потужність, термін роботи	Витрати електроенергії, кВт · г/рік
1	2	3
Радіоприймач	(10 Вт; 12,5 години за 1 тиждень)	22
Принтер	(42 хв за 1 тиждень)	33

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Кавоварка	(800 Вт, 4,5 години за 1 тиждень)	37
Електрочайник	(1 770 Вт, 1 літр за 1 добу)	38
Праска	(1 500 Вт, 1 година за 1 тиждень)	39
Фритюрниця	(2 000 Вт, 24 хвилини за 1 тиждень)	42
Пилосос	(1 200 Вт, 50 хвилин за 1 тиждень)	53
Відеомагнітофон	(у режимі чекання)	61
Електрогриль	(1 500 Вт, 1 година за 1 тиждень)	78
Хлібопіч	(600 Вт, 6 разів за 1 тиждень)	108
Пральна машина	(3 000 Вт, 3 рази за 1 тиждень)	110
Факс з автовідповідачем	(34 Вт, у режимі чекання)	114
Духовка	(2 000 Вт, 1 година за 1 тиждень)	121
Мікрохвильова піч	(1 400 Вт, 1,5 години за 1 тиждень)	122
Комп'ютер	(110 Вт, 16,5 годин за 1 тиждень)	137
Кольоровий телевізор	(95 Вт, 20 годин за 1 тиждень)	146
Кондиціонер	(1 130 Вт, 4,5 години за 1 тиждень впродовж 3 міс.)	203
Електрорадіатор	(2 000 Вт, 7 годин за 1 тиждень впродовж 8 міс.)	224
Холодильник	(250 Вт, постійно)	226
Світильник	(180 Вт, 3 лампочки за 4 години за 1 добу)	250
Посудомийна машина	(3 000 Вт, 4 години за 1 тиждень)	344
Морозильна шафа	(30 Вт, постійно)	400

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Електроплита	(2 000 Вт, 1,25 години за 1 добу)	438
Холодильник із морозильною камерою	(160 Вт, постійно)	550
Водонагрівник малого об'єму	(2 000 Вт, 20 л за 1 добу)	694
Водонагрівник великого об'єму	(2 000 Вт, 95 л за 1 добу)	2 461
Музичний центр		50 Вт
Електрична зубна щітка		20 Вт
Магнітофон		20 Вт
Вафельниця		1 000 Вт
Електродріль		500 Вт
Тостер		1 000 Вт
Кухонна витяжка		100 Вт
Швейна машина		70 Вт
Електроміксер		150 Вт
Кофемолка		20 Вт
Електром'ясорубка		200 Вт
Плойка		40 Вт
Електросоковитискач		60 Вт
Радіобудильник		10 Вт
Електробритва		10 Вт
Фен		600 Вт
Безпроводний телефон		20 Вт

Звичайно цифри, наведені таблиці 4.1, є приблизними. Це зовсім не означає, що, наприклад, ваш двокамерний холодильник за 1 рік споживає чітко 550 кВт · г електроенергії. Холодильники, як і будь-які інші прилади, бувають різними.

І все-таки, що важливо знати під час купівлі нової побутової техніки, як тут заощадити на електроенергії? Необхідно зазначити, що сучасна побутова техніка споживає набагато менше електрики, ніж навіть 10 років тому. Позначаються загальносвітові тенденції на економії, чого вітчизняні споживачі більше не можуть ігнорувати. І хоча вітчизняним виробникам за деякими показниками ще далеко до передових закордонних, тенденція в наявності – чим новіша техніка, тим ощадливіше вона обходиться з природними ресурсами.

4.1.2 Споживання енергії електроприладами

Холодильники

Холодильник єдиний електричний прилад, що працює без перерви цілодобово впродовж багатьох років. Ми маємо право вимагати від нього не лише безвідмовної роботи, а й помірного споживання електрики. Як бачимо з вищенаведеної таблиці, це один із основних споживачів електроенергії в будинку. Старі моделі, що випускалися ще в радянський час, набагато менш економічні порівняно зі своїми сучасними побратимами (на одиницю об'єму).

Наразі усім холодильникам присвоюється так званий клас економічності – від А до С. Клас А свідчить про те, що холодильник дуже економічний, клас В – менш економічний, клас С – ще менш економічний. Клас О називають проміжним, а от класи Е, Р і С вважають неекономічними. Оскільки за кордоном економічності надається дуже велике значення, більшість імпортних холодильників відносять до класів економічності А, В і С. Серед найбільш популярних вітчизняних холодильників є як дуже економічні моделі (клас А і В), так і низько економічні (клас F). Різниця між ними може досягати 1 кВт · г/добу.

Варто врахувати, що холодильники з автоматичною системою розморожування морозильної камери менш економічні і більше шумлять. Крім того, за деякими відомостями, такі холодильники менш надійні через додаткові елементи, що можуть зламатися. Втім якщо ви перестанете вчасно розморожувати свій простий досить економічний холодильник, то він почне інтенсивно обростати сніжною шубою, і вся енергія буде витратитися на підтримку цієї шуби, і чим вона товща, тим більше електрики буде витратити ваш холодильник. Так що для того, щоб холодильник без системи споживав менше електроенергії, його необхідно час від часу розморожувати. Це не така вже й велика плата за економію ресурсів.

Дуже важливо пам'ятати, що холодильник потрібно як можна рідше відкривати, щоб не було виходу холоду. Його також не варто ставити поруч із джерелами тепла, наприклад, із плитою, батареєю, тому що це також призводить до збільшення витрати енергії.

Електричні печі

Різниця в споживанні енергії електроплитами не така велика, як у холодильників. Проте заощадити електроенергію можна і тут, додержуючись елементарних правил.

Нагрівальні елементи на робочій поверхні сучасних електричних плит бувають різних типів: традиційні, з чавунними конфорками («млинцями») і склокерамічними. Склокераміка – дуже практичний, але надзвичайно дорогий матеріал, що піднімає ціну плити відразу як мінімум на 150–200 доларів. Не дивно, що поки це рідкість на наших кухнях. Однак якщо вам пощастило стати власником настільки дорогої електроплити, ви можете потішити себе тим, що подібна розкіш, крім зручності, допоможе вам заощадити електроенергію. Справа в тому, що гарна провідність тепла, нагрівання безпосередньо конфорок – властивості, що

відрізняють плиту зі склокерамічною поверхнею. Втім забруднена склокерамічна поверхня перешкоджає передаванню тепла посуду, тому необхідно, щоб і склокерамічна поверхня, і посуд були сухими та чистими.

Заощаджувати електроенергію можна і на більш простих плитах, як нових, так і тих, яким уже багато років.

Основне правило – враховувати теплову інертність чавунних «млинців». На практиці це означає, що вони повільно нагріваються і повільно остигають. Електроконфорки необхідно вимикати лише після того, як ви поставили на них каструлі з їжею. Щоб уникнути деформації і корозії електроконфорок, варто використовувати посуд із сухим дном. Посуд для електричних плит повинен мати зовсім плоске дно, нещільне прилягання дна до конфорки знижує швидкість готування їжі і призводить до втрат енергії. Діаметр використовуваного посуду повинен бути трохи меншим діаметра конфорки (чи відповідати йому). Інакше вам гарантоване довге нагрівання і скорочення терміну служби конфорок. Втім не варто впадати й в іншу крайність – варити, скажемо, каву в турці на найбільшій конфорці, інакше значна частина електроенергії піде на опалення кухні, а термін служби конфорки скоротиться.

Деякі сучасні плити мають конвектор-вентилятор, що рівномірно розподіляє гаряче повітря по всій площі духовки. Тим самим досягається найбільш оптимальний режим готування. Попереднього нагрівання духовки не потрібно, а температуру готування можна установити на 20–40 градусів нижче, ніж за звичайних режимів нагрівання, що дозволяє значно заощаджувати електроенергію.

У разі тривалого запікання і підсмажування використовуйте залишкове тепло. Завжди враховуйте, що під час вимикання електричної плити вона буде

продовжувати працювати ще 5–10 хвилин. Після кожного користування духовкою на певний час залишайте її дверцята відкритими, так духовка довше прослужить.

Мікрохвильові печі

До мікрохвильових печей багато хто ставиться насторожено, побоюючись за своє здоров'я. Дійсно, у виданнях з'являється інформація, що після готування за допомогою мікрохвиль склад крові змінюється так само, як і перед раковими захворюваннями. Переконливих доказів того, до цього часу не знайдено. Однак з огляду на суперечки навколо питання про безпеку мікрохвильових печей ми не закликаємо їх широко використовувати як, втім, не закликаємо від них відмовлятися.

Мікрохвилі належать до сім'ї електромагнітних хвиль, наприклад, радіохвиль, видимого світла і рентгенівських променів. Різниця полягає в довжині хвиль. Водночас зазвичай тепло виникає набагато швидше, ніж під час передавання тепла звичайним шляхом у духовці чи на плиті. Мікрохвильові печі мають незаперечні переваги перед традиційними плитами: вони дешевші і компактніші, ощадливіше споживають електроенергію. Мікрохвильова піч не створює характерної кухонної атмосфери з духотою, жаром і запахом готування. Упродовж усього циклу готування можна за бажання відкривати дверцята, перемішувати, додавати інгредієнти, перевіряти готовність. І все це без побоювань втратити тепло і порушити режим готування. У мікрохвильових печей високий коефіцієнт корисної дії: практично вся електроенергія йде на готування їжі, а не на нагрівання кухні. Крім того, під час розігрівання страв у піч можна поставити лише одну тарілку, і таким чином відпадає необхідність у каstrулях й іншому проміжному посуді. Оскільки мікрохвилі розігрівають лише самі продукти, що містять воду, енергії на нагрівання посуду не витрачається, і вона або залишається холодною,

або нагрівається вже від контакту з розігрітою їжею. Крім того, різко зменшується кількість брудного посуду, отже, заощаджується вода на її миття (а це означає – і енергія на її нагрівання). У мікрохвильовій печі можна використовувати мінімальну кількість жирів і води, що знову-таки є істотною економією.

За всіх цих перевагах є й недоліки. Якщо у вас велика родина, то, розігрівуючи велику каструлю на звичайній плиті, ви заощадите і час, і електроенергію, тому що мікрохвильові печі не призначені для готування великої кількості їжі. У них не можна спекти пироги, засмажити гусака і приготувати інші делікатеси. А от аматорам низькокалорійної їжі, гарячих бутербродів, розморожування і просто миттєвого розігрівання їжі мікрохвильова піч буде в пригоді.

Мікрохвильова піч непогано підходить як доповнення до звичайної електричної. Використовуючи кожну у своїй ролі, ви заощадите природні ресурси, а також свій час і сили.

Так що, взявши до уваги все перелічене, ви можете прийняти зважене рішення, потрібна вам мікрохвильова піч чи ні.

Посудомийні машини

Посудомийні машини поки є рідкістю в нас у будинках. Переважна більшість людей відносять їх до надмірностей і миють посуд вручну, витрачаючи водночас приблизно 60 літрів води за 1 день. Звичайна посудомийна машина на 12 комплектів посуду (один комплект – до 10 предметів, включаючи прилади для їди) витрачає не більше ніж 14 літрів води.

За принципом дії вони подібні до автоматичних пральних машин: підключають до водопроводу, потім туди завантажують посуд, який обмивається струменями води, що разом із застосуванням мийних засобів дає гарний

ефект. Середня посудомийна машина витрачає за один цикл миття 1–1,5 кВт · г електроенергії; велика частина енергії йде на підігрівання води до потрібної температури.

Окремі сучасні дорогі моделі дозволяють дещо знизити витрати енергії та води за рахунок низки технологічних нововведень.

Посудомийні машини не можуть працювати без застосування спеціальних дорогих мийних засобів, що зовсім не на користь довкіллю. Але дійсно перевагою посудомийних машин є істотна економія води, що не скажеш про електроенергію, яку вони використовують не дуже дбайливо, навіть найекономічніші моделі. Втім якщо у вас немає централізованого гарячого водопостачання і ви змушені нагрівати воду в електробойлері, то посудомийна машина дійсно допоможе заощадити електроенергію.

Варто відзначити, що економічними є лише стандартні моделі, розраховані на миття великої кількості посуду (не менше ніж 12 комплектів). Посудомийну машину потрібно завантажувати повністю. Існують також мінімоделі, але витрата води й енергії в них майже така, як і у великих, так що істотно заощадити тут не вдасться.

Прання

Якщо ви є власником автоматичної пральної машини, то напевно вже оцінили її зручність. Крім того, оскільки такі машини підключають до холодної води, ви здобуваєте незалежність від наших комунальних служб, улюблена розвага яких – на місяць, а то і на два, відключити гарячу воду.

Сучасні пральні машини досить ощадливо витрачають воду, чого не можна домогтися за ручного прання. Однак на підігрівання води витрачається ледова частка енергії. Діапазон температур у пральних машинах досить широкий – від холодної води до 90–95 °С. Сучасні пральні порошки настільки ефективні, що навіть найдужчі

забруднення в найпростішій машині прекрасно відпираються за температури 60 °С. А якщо ваша білизна не дуже сильно забруднена, і їй потрібно лише злегка «освіжити» – сміливо перить у холодній воді. Таким чином досягається істотна економія електроенергії. Не витрачайте занадто багато прального порошку, на результаті прання це ніяк не позначається, а завдається шкода природі.

Завантажуйте пральну машину повністю. Витрата електроенергії практично не залежить від того, наскільки завантажена машина, а витрата води змінюється незначно.

У родині з 4 осіб середня місячна потреба в пранні – 22 кг білизни. Прання в разі повного завантаження в 5 машинах (по 4,5 кг) замість прання за неповного завантаження (по 2 кг) в 11 машинах приведуть до економії 15–20 кВт · год енергії на 1 місяць.

Після прання і сушіння речі зазвичай прасують. Прасування вимагає порівняно мало електроенергії (на 4 кг речей – 0,5 кВт · год). Але варто додержуватися таких порад:

- сортувати речі залежно від матеріалу і прасувати за необхідної температури;
- починати з низьких температур;
- для невеликих речей вистачає і залишкового тепла (за вимкненої праски);
- акуратно розправляти білизну перед сушінням, що дозволить витратити менше енергії і сил на прасування;
- сушити сорочки, футболки тощо в розправленому вигляді на плічках, часто висушені таким способом речі не вимагають прасування.

Чайники

Чайник – це невід’ємний атрибут будь-якої кухні. Вони бувають старими, «радянськими», і новими, «тефалями». Відрізняються вони дизайном, матеріалом корпусу (метал, використовуваний у «радянських»

чайниках, більш довговічний і не боїться перепадів температур, на відміну від пластика «тефалей». Втім останнім часом накреслилася тенденція до виготовлення західними фірмами чайників із металу, що істотно позначається на їх ціні). Відрізняються вони також потужністю, різниця може бути навіть триразовою. Не варто лякатися високої потужності, вона зовсім не свідчить про більш високу витрату електроенергії: просто він закипає швидше, витрата електроенергії може бути як більшою, так і меншою.

Однак резерви для економії є і тут. Насамперед, якщо у вас «радянський» чайник, що автоматично не вимикається після кипіння, то не дозволяйте йому довго кипіти, адже це додаткова витрата електрики. Подумайте також, чи обов'язково доводити воду до кипіння, адже не завжди потрібний саме крутий окріп. Гріти потрібно ту кількість води, яка дійсно необхідно, зайва гаряча вода дуже швидко перестає бути гарячою, і вся енергія витрачається даремно.

Якщо ж вам постійно необхідна гаряча вода, то велику кількість води можна підігріти в електрочайнику, потім перелити її в термос (не електричний, а простий). Вода таким чином довго не охолоне, а додаткової енергії на підтримку її температури не потрібно. Крім безпосередньої економії неабиякої кількості кіловат, ваш чайник довше прослужить, тому що його рідше будуть вмикати. У цьому разі можна говорити і про безпосередню економію грошей.

Комп'ютери і телевізори

Тут усе досить просто. Зважаючи на те, що необхідно вибирати модель, яка більш ощадливо витрачає електроенергію, потрібно також додержуватися низки простих правил. Без необхідності комп'ютер не варто вмикати, і якщо ви надовго відлучаетесь від комп'ютера, то його краще вимкнути. Якщо ж ви йдете ненадовго, то

виключати його не варто, тому що комп'ютер від постійного вмикання і вимикання може згодом вийти з ладу.

Приблизно те саме можна сказати і про телевізори. Вмикати їх варто лише за необхідності, вимикати, йдучи ненадовго, не варто. Але тут є особливості: дуже часто люди думають, що вони вимикають телевізор, а насправді просто переводять його в режим «готовності», в якому споживається досить багато електроенергії. Тому телевізор необхідно вимикати з розетки – лише так досягається істотна економія електрики.

4.1.3 Витрати електроенергії на освітлення

Використання передової освітлювальної техніки (енергозберіжні лампи, освітлювальні системи) дозволяє заощаджувати до 60 % електроенергії.

Умова економічного використання освітлення – планування відповідності потреби в освітленні та встановленої освітлювальної техніці.

Багатолампова люстра на стелі забезпечує освітлення всього приміщення, але призводить до небажаного утворення тіні під час роботи за письмовим столом, швейною машиною, в куточку з іграшками. Цілеспрямоване освітлення, незважаючи на меншу потужність ламп, забезпечить кращу освітленість без небажаної тіні.

Зрозуміло, кожний вибирає колір стін житлового приміщення за своїм смаком. Але чим більше світла відбивають стіни приміщень, тим менше світлової потужності потрібно для освітлення:

- гладка біла стіна відбиває 80 % спрямованого на неї світла;
- темно-зелена відбиває лише 15 %;
- чорна – 9 %.

Чим частіше ви вимикаєте звичайні лампи розжарювання, тим швидше вони перегорять.

Економно вимикати звичайну лампу розжарювання лише якщо вам не потрібне світло впродовж 10 хвилин. Для виготовлення нової лампи потрібно більше енергії, ніж ви заощадите, часто вимикаючи її на короткий час.

Зараз у продажу з'явилися спеціальні економічні лампи, що споживають набагато менше електроенергії порівняно зі звичайними лампами розжарювання. Такі лампи бувають як вітчизняного виробництва, так і імпорتنі. Зазвичай їх дизайн набагато елегантніший від традиційних, і вони зможуть служити ще і прикрасою вашої квартири. У них, щоправда, є один серйозний недолік – висока ціна, що не окупається, навіть якщо взяти до уваги економію на оплаті електроенергії. Нічого не поробиш, електроенергія поки занадто дешева. Але якщо вона і надалі буде дорожчати такими самими темпами, то такі лампи можна буде виправдати й економічно.

4.2 Можливості енергозбереження засобами частотно-регульованого електропривода

4.2.1 Потенціал збереження енергії в електроприводах

У сучасному світі енергозбереження стало пріоритетним напрямком технічної політики. Це пов'язано, по-перше, з дефіцитом основних енергоресурсів, по-друге, зі зростаючою вартістю їх добування, по-третє, з глобальними економічними проблемами, позначеними в останній час.

Енергозбереження в будь-якій сфері зводиться до зниження марних втрат енергії. Аналіз втрат у сфері виробництва, розподілу і споживання електроенергії свідчить, що більша частина втрат (до 90 %) припадає на

сферу енергоспоживання, тоді як втрати під час передавання електроенергії становлять лише 9–10 %. Із цього стає зрозумілим, що основні зусилля з енергозбереження повинні бути сконцентровані саме у сфері споживання електроенергії. Структуру споживачів електроенергії можна подати так: електроприводи – 62 %, електричний транспорт – 9 %, електротермія та електротехнологія – 8 %, освітлення й інші споживачі – 21 %.

Сучасний електропривод здійснює практично всі технологічні операції, пов'язані з перетворенням електричної енергії на механічну, використовується в всіх сферах господарства, споживаючи більше ніж 65 % виробленої електроенергії. Тому зрозуміло, наскільки важливо упроваджувати енергозбережні технології саме у сфері застосування електропривода. Основна маса електроприводів (90 %) – нерегульовані, побудовані на основі асинхронних електродвигунів із короткозамкненим ротором. Сотні тисяч механізмів обладнані нерегульованим електроприводом: технологічний процес це допускає. Водночас кожного року втрачаються мільйони мегават-годин електроенергії, мільярди кубічних метрів води, знижується якість продукції. Донедавна ці втрати або не помічали, або примирилися з ними. Сьогодні стало необхідним і можливим звести невиробничі втрати до мінімуму, а також поліпшити якість продукції.

За даними європейських експертів, вартість електроенергії, яка споживається кожний рік середнім двигуном у промисловості, майже в 5 разів перевищує його власну вартість. Очевидно, що за термін експлуатації двигуна (десятки років) енергетична складова набагато вища від складової, пов'язаної з капітальними витратами, у зв'язку з цим турбота про оптимізацію саме енергетичної складової є особливо важливою.

Сучасний рівень розвитку силової електроніки, мікропроцесорних засобів управління і контролю, засобів автоматичного регулювання дозволяє широко використовувати ці технічні досягнення для вирішення завдань енергозбереження. Застосування сучасних способів регулювання швидкості робочих механізмів у поєднанні з широкими можливостями автоматизації може забезпечити оптимальне використання енергетичних ресурсів.

4.2.2 Конструктивні рішення, характеристики перетворювачів частоти

Перетворювач частоти (по-іншому частотно-регульований електропривод) – це статичний перетворювальний пристрій, призначений для зміни швидкості обертання асинхронних електродвигунів змінного струму.

Асинхронні електродвигуни мають значну перевагу перед електродвигунами постійного струму за рахунок простоти конструкції і зручності обслуговування. Це обумовлює їх однозначну перевагу і широке використання практично в усіх галузях промисловості, енергетики і міської інфраструктурі.

Відомо, що регулювання швидкості обертання виконавчого механізму можна здійснювати за допомогою різних пристроїв (способів), серед яких найбільш відомі й поширені такі:

- механічний варіатор;
- гідравлічна муфта;
- електромеханічний перетворювач частоти (системи «генератор – двигун»);
- додатково введені в статор або фазний ротор опори та ін.;

– статичний перетворювач частоти.

Перші чотири способи відрізняються різними комбінаціями з такими недоліками, як складність у використанні, обслуговуванні, експлуатації; низька якість, вузький діапазон регулювання, низька економічність.

Усі зазначені недоліки відсутні під час використання перетворювачів частоти. Регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна в цьому разі виконується шляхом зміни частоти і величини напруги живлення двигуна. Коефіцієнт корисної дії такого перетворення становить близько 98 %. З електричної мережі споживається практично лише активна складова струму навантаження. Мікропроцесорна система керування забезпечує високу якість керування електродвигуном і контролює безліч його параметрів, унеможливаючи розвиток аварійних ситуацій.

На рисунку 4.1 показана силова частина такого перетворювача: вхідний некерований випрямлювач – ланка постійного струму з LC-фільтром – автономний інвертор напруги з ШИМ.

Перетворювачі частоти забезпечують:

- оперативне ввімкнення (вимкнення), аварійне вимкнення,
- автоматичне повторне ввімкнення приводного двигуна;
- плавний частотний розгін із заданим темпом, формування заданих значень пускового струму і моменту;
- регулювання в заданому діапазоні або підтримку заданої швидкості обертання двигуна;
- автоматичне регулювання параметрів технологічного процесу, устаткування;

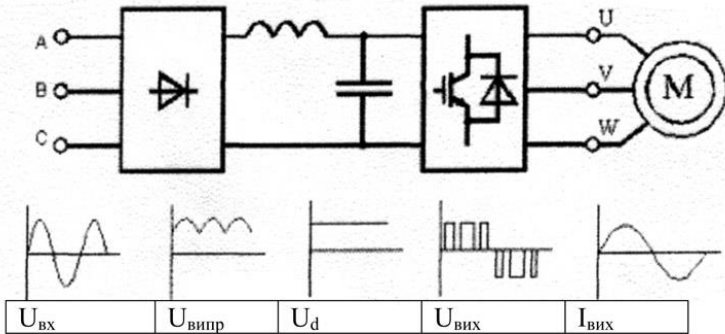


Рисунок 4.1 – Схема статичного перетворювача частоти

- зміну напрямку обертання (реверсування), гальмування двигуна;
- ефективний захист двигуна і механізмів в аварійних і нештатних режимах;
- дистанційне приймання та оброблення сигналів керування, задання параметрів і режимів, зокрема по каналу послідовного зв'язку від керувальних машин і систем вищого рівня;
- сигналізацію, відображення і дистанційне передавання інформації про параметри і режими роботи;
- автоматизацію і взаємозв'язане керування групами механізмів багатоагрегатних установок і комплексів;
- облік кількості спожитої електроенергії і відпрацьованого терміну.

Обладнання регульованого електропривода для високовольтних асинхронних електродвигунів (6,0 і 3,3 кВ) до недавнього часу базувалося зазвичай на перетворювачах частоти закордонного виробництва, переважно фірми Allen

Bradley (Канада), питома вартість яких на 1 кВт потужності становила 400–800 дол. США.

Останнім часом цей показник значно знизився, завдяки з'явленню на ринку регульованого електропривода російського і вітчизняного виробництва. Вартість витрат на впровадження регульованого електропривода знижена практично вдвічі.

Номенклатура регульованих електроприводів для низьковольтних електродвигунів (на напругу 0,4 кВ) до недавнього часу ґрунтувалася на імпортних перетворювачах частоти виробництва фірм Allen Bradley, ABB, Danfoss, Emotron, Hitachi, Siemens, Schneider Group, Mitsubishi Electric за питомої вартості від 110 дол. США/кВт до 250 дол. США/кВт. Сьогодні з'явилася можливість орієнтуватися на перетворювачі частоти, освоєні російськими і вітчизняними виробниками. За значно меншої питомої вартості – 90–100 дол. США/кВт вони не поступаються імпортним за своїми технічними параметрами, експлуатаційними якостями і показниками надійності.

Частотні перетворювачі забезпечують регулювання частоти обертання асинхронних двигунів потужністю 1,5–315 кВт, у діапазоні частот від 1 Гц до 100 Гц можуть працювати в режимі стабілізації частоти обертання в разі зміни навантаження або стабілізації навантаження зміною частоти обертання.

Керування:

- ручне, з підтриманням заданої частоти обертання за зміни навантаження; частотний пуск і гальмування в будь-яких потрібних режимах; темп пуску регулюється;
- від зовнішнього джерела напруги (струму);
- автоматичне регулювання частоти обертання електродвигуна (для підтримки потрібного режиму

технологічного параметра тиску, температури, подачі та ін.).

4.2.3 Основні переваги регульованого привода

Енергозбереження, що здійснюється за рахунок досягнення відповідності спожитої і необхідної потужності регулюванням швидкості обертання електродвигуна. Досвід упровадження та експлуатації показав, що витрата електроенергії зменшується на 30–60 %, а коефіцієнт потужності сягає величини 0,98, що значно перевищує коефіцієнт потужності тиристорних електроприводів аналогічного призначення (0,7).

Висока якість електроенергії, зокрема за рахунок істотного (порівняно з тиристорним) зменшення високих гармонік струму і напруги, що різко погіршують роботу електроспоживачів.

Висока надійність: напрацювання на відмову за даними експлуатації становить не менше ніж 25 000 годин, проектна довговічність – не менше ніж 15 років.

Широкі можливості інтеграції в системи автоматизованого керування (АСК ТП) за рахунок засобів комунікації – дискретних і аналогових входів (виходів), інтерфейсу з комп'ютером чи керувальною системою.

Зниження експлуатаційних витрат забезпечується за рахунок таких чинників:

– роботи механізмів на знижених частотах обертання та, як наслідок, зменшення циклічних, динамічних і вібраційних навантажень на підшипники, ущільнення, кріплення, фундаменти механізмів та електродвигунів із відповідним збільшенням їх ресурсу і міжремонтного пробігу;

- зниження механічних гідравлічних і електродинамічних навантажень при пусках і в перехідних режимах до рівня нешкідливих;
- унеможливлення стрибків струму в обмотках електродвигунів під час пусків та зниження величини пускових струмів до номінальних значень;
- підтримка оптимального гідравлічного режиму й унеможливлення гідравлічних ударів у трубопровідних системах та розривів трубопроводів під час пусків, припинення роботи насосів та в інших перехідних режимах;
- зменшення зношення трубопровідної арматури у зв'язку зі зняттям із них регулювальних функцій;
- виведення з наступним можливим демонтажем із роботи вентиляційних установок, регульованих заслінок, напрямних апаратів.

Як свідчить зарубіжна практика, економічний ефект від підвищення надійності, терміну експлуатації, міжремонтного ресурсу роботи устаткування (насосних і вентиляційних агрегатів, арматури і комутаційної електротехнічної арматури) за рахунок «бережливих» режимів роботи перевищує економічний ефект від економії електроенергії. За результатами обстеження Інституту енергетики США (EPRI) 83,7 % користувачів основною причиною застосування регульованого приводу назвали «надійність» роботи технологічної системи, її обладнання і «ефективність процесу». Лише 7,5 % привабила чиста «енергетична ефективність».

4.2.4 Сфери застосування регульованого електропривода

З багатьох сфер, у яких є потенційна можливість енергозбереження, можна виділити найбільш важливі й ефективні напрямки:

- широке впровадження частотно-регульованих асинхронних електроприводів у системах водопостачання, водовідведення, опалення і вентиляції для регулювання швидкості обертання насосів, вентиляторів, нагнітачів, компресорів і т. ін.;

- модернізація підйомно-транспортних механізмів (кранів, підйомників, ліфтів) установленням частотно-регульованих приводів;

- об'єкти житлово-комунального господарства і промислового комплексу, завданням яких є підтримка заданого рівня рідини в резервуарах (водозабірні й очисні споруди та інше);

- застосування в електроприводах змінного струму сучасних частотних перетворювачів із вбудованою функцією оптимізації енергоспоживання.

Досвід упровадження частотно-регульованих електроприводів на насосних станціях свідчить про їх вагомі переваги порівняно з нерегульованим електроприводом насоса. Ось зовсім не повний перелік переваг регульованого електропривода в насосних установках:

- зниження енергоспоживання до 60 %;
- зниження витрат води на 25 %;
- ліквідація гідроударів, які руйнують систему водопостачання;
- термін окупності нового обладнання становить 5–6 місяців.

Модернізація підйомно-транспортних механізмів

Застосування частотно-регульованих приводів у підйомно-транспортних механізмів дозволяє:

- підвищити енергетичні характеристики електроприводів порівняно з параметричними перетворювачами і реостатним регулюванням;

- істотно підвищити швидкість і якість регулювання швидкості;
- досягти плавності пуску і гальмування;
- підвищити комфортність керування за збереження навантаження;
- уникати різких поштовхів, що значно продовжує термін експлуатації підйомно-транспортних механізмів.

Ліфтове господарство

У ліфтових системах перехід до частотно-регульованого електропривода дозволяє значно (на 50–60 %) знизити витрату електроенергії, збільшити надійність роботи схеми завдяки обмеженню ударних моментів у перехідних режимах, забезпечити ергономічні потреби з обмеження ривків і прискорень, застосовувати більш дешеві асинхронні двигуни.

Застосовування електропривода для вирішення завдань підтримання рівня рідини в резервуарах

У системах підтримання заданого рівня рідини в резервуарі в разі використання нерегульованого електропривода завдання взагалі вирішується під час роботи двигуна в так званому «старт-стопному режимі», коли відбувається періодичне ввімкнення (вимкнення) двигуна в разі досягнення мінімальних (максимальних) значень рівня рідини. Використання частотно-регульованих асинхронних електроприводів дозволяє підтримати практично постійний рівень рідини незалежно від її витрати (припливу), виключити удари в системі, пов'язані з частими пусками двигуна, та знизити витрату електроенергії.

4.2.5 Оптимізації енергозбереження в частотно-регульованому приводі

Частотно-регульований електропривод має вбудовані функції оптимізації енергоспоживання. Сутність

у більш гнучкому керуванні напругою двигуна за зміни навантаження. Це дозволяє в деяких режимах додатково зекономити до 30 % спожитої енергії за рахунок зниження втрат у двигуні. Режим енергозбереження особливо актуальний для механізмів, які частину часу працюють зі зниженням навантаженням. Прикладом можуть бути конвеєри, насоси, вентилятори і т. ін. Ураховуючи той факт, що в багатьох випадках асинхронні двигуни вибирають з істотним запасом потужності і, отже, часто працюють із неповним навантаженням, можна чекати високої ефективності широкого використання енергозберіжних перетворювачів частоти.

Енергозберіжні електроприводи й засоби автоматизації можуть бути впроваджені на більшості промислових підприємств і у сфері ЖКГ:

- об'єктах комунального господарства, які перебувають у муніципальній власності: насосних станціях холодного і гарячого водопостачання, каналізаційних станціях, очисних спорудах, вентиляційних установках, ліфтах;

- на підприємствах, де виробництво пов'язане з великими витратами води, повітря, пара: в приводах насосів, нагнітачів, димососів, вентиляторів, повітродувок;

- на підприємствах, де нераціональна витрата електроенергії пов'язана з наявністю морально і фізично застарілого обладнання, а також із відсутністю сучасних швидкодіючих систем керування електроприводами і засобів автоматичного контролю і керування;

- на підприємствах, що експлуатують підйомно-транспортні механізми;

- в установках, які значну частину часу працюють зі зниженим навантаженням.

4.3 Зниження втрат енергії в електричних мережах

4.3.1 Види втрат енергії в електричних мережах

В Україні втрати в електричних мережах обумовлюються великими обсягами крадіжок електричної енергії з мереж, відсутністю систем обліку, який дозволяє використовувати її майже без обмежень, застарілим обладнанням електромереж, крадіжками оснащення.

В умовах зростаючої напруженості паливно-енергетичного балансу зниження втрат в електричних мережах стає одним із найважливіших джерел економії палива.

Втрати електроенергії в електричних мережах – найважливіший показник економічності їх роботи, наглядний індикатор стану системи обліку електроенергії, ефективності енергозбутової діяльності енергопостачальних організацій. Цей індикатор усе виразніше свідчить про проблеми, що накопичилися, які вимагають без відкладних рішень у сфері розвитку, реконструкції й технічного переозброєння електричних мереж, удосконалювання методів і засобів їх експлуатації та керування, підвищення точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за відпущену споживачам електроенергію і т. ін.

На думку міжнародних фахівців, відносні втрати електроенергії під час її передавання і розподілу в електричних мережах можна вважати задовільними, якщо вони не перевищують 4–5 %. Втрати електроенергії на рівні 10 % можна вважати максимально допустимими з погляду фізики передавання електроенергії мережами. Це підтверджується й докризовим рівнем втрат електроенергії в більшості енергосистем колишнього СРСР, який не перевищував зазвичай 10 %. Сьогодні цей рівень виріс у

1,5–2 рази, а в окремих електромережах – навіть у 3 рази. Зважаючи на це, а також на кризові явища в економіці України, проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах не лише не втратила своєї актуальності, а й, навпаки, набула першочергового значення з погляду забезпечення фінансової стабільності країни.

Прийнято розрізняти такі види втрат:

– звітні втрати електроенергії в енергосистемі (визначаються як різниця між кількістю електроенергії, відпущеної в мережу електростанціями і реалізованою електроенергією, обчисленою за сумою оплачених рахунків від споживача);

– розрахункові або технічні втрати (визначаються за відомими параметрами режимів роботи і параметрами елементів мережі), обумовлені витратою електроенергії на нагрівання провідників й створення електромагнітних полів;

– комерційні втрати (визначаються як різниця між звітними і технічними втратами), обумовлені недосконалістю системи обліку, неоднозначністю і неточністю зняття показань лічильників, похибкою використовуваних приладів обліку, нерівномірністю оплати за електроспоживання, розкраданнями і таке інше;

– технологічні втрати електроенергії в мережах (навантажувальні втрати в дротах ліній електропередач і обмотках силових трансформаторів підстанцій, втрати в залізі осердь трансформаторів на холостому ходу, втрати на корону дротів ліній електропередач, втрати на власні потреби, втрати в комплектуючих пристроях синхронних компенсаторах, статичних тиристорних компенсаторах та інше.

4.3.2 Аналіз втрат електроенергії в мережах. Цілі і завдання

Аналізують втрати електроенергії для вирішення таких завдань:

- виявлення й оцінювання резервів енергосистеми за зниження втрат електроенергії;
- виявлення і ранжування основних чинників, що визначають рівень втрат електроенергії;
- розроблення заходів щодо зниження втрат електроенергії, визначення їх ефективності та черговості впровадження;
- визначення комерційних втрат електроенергії;
- оцінювання результатів роботи (за показником втрат електроенергії) енергосистеми загалом, її підрозділів;
- підготовки й обґрунтування рішень із розвитку електричних мереж, упровадження енергозбережних заходів.

Основними формами аналізу втрат електроенергії є:

- складання балансів електроенергії за кожною підстанцією, електростанцією, підприємством й енергосистемою загалом;
- порівняння планових, звітних й розрахункових втрат електроенергії;
- аналіз зміни втрат за енергосистемою й окремими її підприємствами;
- аналіз зміни окремих складових втрат електроенергії з урахуванням зміни схем, режимів електричних мереж, структури відпускання електроенергії;
- порівняння звітних, планових нормованих і лімітованих складових балансу електроенергії (власні потреби, господарські й виробничі потреби);

- оцінювання фактичної ефективності окремих заходів щодо зниження втрат електроенергії, а також плану заходів загалом;
- виявлення залежності втрат електроенергії від основних чинників, що характеризують схему мережі й режими її роботи.

4.3.3 Заходи щодо зменшення втрат в електромережах

Щодо зниження втрат електроенергії розроблено безліч заходів. Складність проблеми вибору оптимального складу заходів привела до необхідності їх класифікації.

Заходи діляться на три групи: організаційні, технічні і заходи щодо вдосконалювання систем розрахункового й технічного обліку електроенергії. Організаційні заходи практично не вимагають для свого впровадження додаткових капіталовкладень. Технічні заходи вимагають капіталовкладень.

До організаційних відносять заходи щодо вдосконалювання експлуатаційного обслуговування електричних мереж та оптимізації робочих схем мереж і режимів їх роботи.

До технічних заходів відносять заходи щодо реконструкції, модернізації або будівництва мереж, заміни або установки додаткового обладнання.

Організаційні заходи

Оптимізація місць розмикання лінії 6 кВ із двобічним живленням

Це один із найбільш ефективних організаційних заходів щодо зниження втрат електроенергії в розподільних електричних мережах, особливо в міських мережах 6–10 кВ.

Оптимізація робочих напруг у центрах живлення розподільних електричних мереж

У радіальному режимі експлуатуються зазвичай мережі 6–35 кВ і частина мереж 110 кВ. Центрами живлення (ЦЖ) цих мереж є підстанції. Закони регулювання напруги в ЦЖ повинні забезпечувати мінімально можливі втрати енергії в мережі за допустимих відхилень напруги в споживачів. Відповідно до вимог ПУЕ для забезпечення допустимих відхилень напруги в мережах 380 У й 6–20 кВ необхідно на шинах 6–20 кВ ЦЖ підтримувати відхилення напруги не менше ніж +5 % у режимі найбільших навантажень ($V_T' > 5\%$) й не більше ніж номінальна напруга в режимі мінімальних навантажень ($V_T'' < 0\%$). Точні значення можуть бути одержані під час розрахунку режимів роботи цих мереж.

Однак для переважної більшості мереж припустимі за ДСТУ відхилення напруги в споживачів можуть бути забезпечені, якщо на шинах 6–20 кВ ЦЖ підтримуються відхилення $V_T' = 5\%$, $V_T'' = 0\%$, а в проміжних режимах – пропорційно зміні сумарного навантаження.

Вимкнення трансформаторів у режимах малих навантажень на підстанціях із двома й більше трансформаторами

Під час роботи підстанції за графіком мінімум наведених витрат на трансформацію електроенергії відповідає мінімуму втрат потужності в трансформаторах. Тому граничне значення навантаження, за якого доцільне вимкнення одного з трансформаторів, що паралельно працюють, визначається з рівності втрат потужності в n і $(n-1)$ трансформаторах.

Вимкнення одного з n однотипних трансформаторів доцільно в режимах, за яких навантаження трансформаторів

$$S \leq S_{HT} \cdot \sqrt{\frac{n \cdot (n-1) \cdot \Delta P_X}{\Delta P_K}},$$

де S_{HT} – номінальна потужність трансформатора, МВА;

ΔP_X – втрати х. х. у трансформаторі, кВт;

ΔP_K – втрати к. з. у трансформаторі, кВт.

Зниження витрати електроенергії на власні потреби підстанції

Економія витрати електроенергії на власні потреби підстанції забезпечується раціоналізацією режимів роботи електрообігрівання виробничого приміщення підстанції, оптимізацією режимів роботи вентиляторів обдуву трансформаторів і таке інше.

Значну економію забезпечує автоматичне відключення-включення пристрою електрообігрівання й обдуву. Досить перспективним є оснащення трансформаторів підстанції установками відбору тепла для теплопостачання будинків керування підстанції й інших приміщень.

Використання резервних паралельних ліній електромереж

Втрати електроенергії в лініях залежить від величин їх опорів і струму, що проходить у них. Опір діючих ліній можна вважати практично постійним. Звідси випливає, що для зменшення втрат електроенергії можливий один шлях – зменшення величини струму, цього можна досягти використанням у роботі паралельних резервних ліній.

Підвищення рівня робочої напруги

У мережах до 220 кВ включно існують технічні можливості зниження навантажувальних втрат потужності й енергії за рахунок підвищення рівня робочої напруги.

У разі підвищення рівня робочої напруги можуть трохи зрости втрати на корону, проте в лініях 110–220 кВ ці втрати незначні. Втрати на корону значні в лініях понад 330 кВ. Проте в цих лініях припустимі перенапруги ізоляції незначні, що обмежує використання такого заходу

зниження втрат електроенергії як підвищення напруги в лініях понад 330 кВ.

Розрахунки свідчать про можливість зниження втрат енергії до 1 % від сумарних втрат у системі за рахунок оптимізації режимів робочої напруги.

Скорочення терміну ремонту електромереж

Будь-яке устаткування під час експлуатації вимагає технічного обслуговування й ремонту. Під час проведення ремонту одного устаткування, навантаження на інше (резервне) збільшується, що значно збільшує втрати потужності. Втрати електроенергії від проведення ремонту основного устаткування прямо пропорційні терміну його проведення. Таким чином, значна тривалість ремонту призводить до значних втрат електричної енергії.

Економія електроенергії в трифазних мережах напругою до 1 000 В із несиметричним навантаженням

Характерною рисою режимів електричних мереж до 1 000 В є нерівномірність навантаження фаз, що приводить до зниження потужностей і збільшення втрат енергії. Так, за коефіцієнта асиметрії струмів, що дорівнює 2 %, у вузлах навантаження за потужності одноразового навантаження 0,18 й потужності симетричного навантаження 0,82 потужність у трансформатора в лінії 0,4 кВ зменшується на 13 %, а втрати напруги в найбільш навантаженій фазі зростають практично вдвічі порівняно із симетричним режимом.

Основною причиною такого явища, як несиметричне навантаження за фазами, є потужні однофазні електроприймачі й специфічні схеми електропостачання (наприклад, трифазні тягові мережі за заземленої фази діють у трифазній електричній мережі як двофазні навантаження). Звичайно випадки асиметрії в електричних мережах економічно обґрунтовані. Однак можливі випадки перевищення припустимих норм величини асиметрії за

технічними характеристиками оснащення. Для запобігання таким явищам використовують різні схемні рішення.

Втрати, обумовлені асиметрією навантаження, досягають 20 % сумарних втрат, тому необхідно застосовувати для їх зменшення замкнені схеми ліній 0,4 кВ, зменшувати опір струмам нульової фази, збільшувати переріз нульового проводу, використовувати батареї статичних компенсаторів, призначених для підвищення коефіцієнта потужності.

Заходи із симетричного навантаження розподільної мережі варто передбачати вже на стадії її проєктування. Для цієї мети в ТП 6–10/0,4 кВ бажано передбачати заміну живильного трансформатора зі схемою з'єднання обмоток зірка – зірка трансформатором зі схемою з'єднання обмоток зірка – зигзаг. Водночас втрати й вартість трансформатора зростають на 2–3 %. Але за рахунок вимкнення СП скорочуються втрати електроенергії на 5–8 % і відпадає необхідність у виробництві симетричного устаткування.

Передавання й розподіл електричної енергії по повітрянокабельних лініях у розподільних мережах 0,38–10 кВ

Помітну економію енергії в електричних мережах напругою 0,38–10 кВ дає перехід від повітряних ліній (ПЛ) у розподільних мережах низької й середньої напруги до штучно синтезованих конструкцій. Гібридну конструкцію, що поєднує кращі властивості ПЛ і кабельної лінії КЛ, називають повітрянокабельною лінією (ПКЛ). Остання є конструкцією, що складається з полегшених опор, на які підвішується спеціальний повітряний кабель (ПК). Конструкція ПК – це скручені струмопровідні ізоляційні жили в загальній оболонці, з несучим тросом, розміщеним або всередині цієї оболонки, або поза нею, спільно або в одному пучку з проводами, скрученими з несучим тросом. ПК можна виконати на посилених ізольованих

струмопровідних жилах, які є самонесучими, тобто без несучого троса. ПК призначений для підвищування на опорах полегшеного типу за допомогою спеціальної арматури.

Основну економію електричної енергії під час використання ПКЛ дає зниження втрат активної потужності й енергії безпосередньо в самій ПКЛ (внаслідок зменшення джерел реактивної потужності на ділянках мережі й підвищення напруги споживачів).

Технічні заходи

Як показують розрахунки, основний ефект у зниженні технічних втрат електроенергії може бути одержаний за рахунок технічного переозброєння, реконструкції, підвищення пропускної здатності і надійності роботи електричних мереж, збалансування їх режимів, тобто за рахунок упровадження капіталомістких заходів.

На сьогодні та найближчу перспективу найбільш ефективними залишаються такі заходи, як оптимізація режимів електричних мереж за активною та реактивною потужністю, регулювання напруги в мережах, оптимізація завантаження трансформаторів, виконання робіт під напругою тощо.

Установлення та введення в роботу пристроїв компенсації реактивної потужності

Під час упровадження цього заходу необхідну потужність конденсаторної батареї розраховують за формулою

$$\Delta Q_K = P_{\text{сеп}} \cdot (tg \varphi_1 - tg \varphi_2),$$

де $P_{\text{сеп}}$ – середня активна потужність, кВт;

$tg \varphi_1$ – середньозважене значення коефіцієнта реактивної потужності до компенсації;

$tg\varphi_2$ – середньозважене значення коефіцієнта реактивної потужності після компенсації.

Заміна проводів й кабелів на перевантажених лініях

Дані про втрати в ділянках розподільної мережі, одержані в результаті розрахунку, дозволяють виявити ділянки із завищеними втратами. Для цих ділянок можна запропонувати застосувати кабелі більшого перерізу.

Зниження енергії визначають за формулою

$$\Delta A_{ЗК} = \sum_{i=1}^n (\Delta A_{СТ} - \Delta A_{НОВ}),$$

де $\Delta A_{СТ}$ – значення втрат за старого перерізу, МВт;

$\Delta A_{НОВ}$ – значення втрат за нового перерізу, МВт.

Оскільки втрати енергії в лінії пропорційні її опору, то можна знайти втрати для кожної заміненої ділянки:

$$\Delta A_H = \Delta A_{СТ} \cdot \frac{r_{0H}}{r_{0СТ}},$$

де r_{0H} – питомий опір нового кабеля, Ом/км;

$r_{0СТ}$ – питомий опір старого кабеля, Ом/км.

До пріоритетних заходів щодо зниження технічних втрат електроенергії в розподільних електричних мережах 0,4–35 кВ відносять:

– використання 10 кВ як основної напруги розподільної мережі;

– збільшення частки мереж із напругою 35 кВ;

– скорочення радіуса дії та будівництво ПЛ (0,4 кВ) у трифазному виконанні на всій довжині;

– застосування самонесучих ізольованих й захищених проводів для ПЛ напругою 0,4–10 кВ;

– використання максимального припустимого перерізу дротів в електричних мережах напругою 0,4–10 кВ

з метою адаптації їх пропускної здатності до росту навантажень упродовж усього терміну служби;

- розроблення й упровадження нового, більш економічного, електроустаткування, зокрема, розподільних трансформаторів зі зменшеними активними й реактивними втратами холостого ходу;

- застосування стовпових трансформаторів малої потужності (6–10/0,4 кВ) для скорочення довжини мереж напругою 0,4 кВ й втрат електроенергії в них;

- більш широке використання пристроїв автоматичного регулювання напруги під навантаженням, засобів місцевого регулювання напруги для підвищення якості електроенергії та зниження її втрат;

- комплексна автоматизація й телемеханізація електричних мереж, застосування комутаційних апаратів нового покоління, засобів дистанційного визначення місць ушкодження в електричних мережах для скорочення тривалості неоптимальних ремонтних й після аварійних режимів, пошуку й ліквідації аварій;

- підвищення достовірності вимірів в електричних мережах на основі використання нових інформаційних технологій, автоматизації оброблення телеметричної інформації.

Необхідно сформулювати нові підходи до вибору заходів щодо зниження технічних втрат і оцінювання їх ефективності в умовах акціонування енергетики, коли рішення щодо фінансування засобів ухвалюють уже не з метою досягнення максимуму «народногосподарського ефекту», а з метою одержання максимуму прибутку для конкретного підприємства.

Заходи щодо вдосконалення систем обліку електроенергії

В умовах відсутності інвестицій на розвиток, реконструкцію й техпереозброєння електричних мереж стає

все більш очевидним, що кожна вкладена гривня в удосконалювання системи обліку сьогодні окупається значно швидше, ніж витрати на підвищення пропускної здатності мереж й навіть на компенсацію реактивної потужності. Удосконалювання обліку електроенергії в сучасних умовах дозволяє одержати прямий і досить швидкий ефект. Зокрема, за оцінками фахівців, лише заміна старих, переважно «малоамперних» однофазних лічильників класу 2,5 на нові класу 2,0 підвищує ефективність системи збирання коштів за споживання електроенергії на 10–20 %.

Вирішальне значення під час вибору тих або інших заходів щодо вдосконалювання обліку й місць їх упровадження мають розрахунки й аналіз припустимих й фактичних небалансів електроенергії на електростанціях, підстанціях тощо.

Основним й найбільш перспективним рішенням проблеми зниження комерційних втрат електроенергії є розроблення, створення й широке використання автоматизованих систем контролю й обліку електроенергії (АСКОЕ), зокрема для побутових споживачів.

Однак ефективне впровадження АСКОЕ – завдання довгострокове й дороге, вирішення якого можливе лише поетапним розвитком системи обліку, її модернізації, метрологічного забезпечення вимірів електроенергії, удосконалювання нормативної бази.

На сьогодні до першочергових завдань необхідно віднести:

- здійснення комерційного обліку електроенергії на основі розроблених для енергооб'єктів й атестованих методик виконання вимірів (МВВ);
- періодичне калібрування (перевірка) лічильників індукційної системи з метою визначення їх похибки;

- заміна індукційних лічильників на електронні (за винятком побутових індукційних однофазних лічильників);
- створення нормативної й технічної бази для періодичної перевірки вимірювальних трансформаторів струму й напруги в умовах експлуатації з метою оцінювання їх фактичної похибки;
- створення пільгової системи оподаткування для підприємств, що виготовляють АСКОЕ та енергозбережне устаткування;
- удосконалення правової основи для запобігання розкраданням електроенергії, жорсткість громадської та кримінальної відповідальності за ці розкрадання, як це має місце в промислово розвинених країнах;
- створення нормативної бази для ліквідації «безгосподарських» споживачів й електричних мереж, забезпечення беззбиткових умов їх прийняття на баланс й обслуговування енергопостачальними організаціями;
- створення законодавчої й технічної бази для впровадження приладів обліку електроенергії з передплатою.

Висновки до розділу 4

Великий потенціал енергозбереження сконцентрований у сферах виробництва, транспортуванні та споживанні електроенергії. До 90 % цього потенціалу припадає на сферу електроспоживання, тому основні зусилля з енергозбереження повинні бути спрямовані саме на цю сферу.

Серед споживачів електричної енергії найбільш перспективним є електропривод, який здійснює практично усі технологічні операції, пов'язані з перетворенням електричної енергії на механічну, споживаючи більше ніж 65 % вироблюваної енергії.

Вартість електроенергії, що споживається кожний рік середньої потужності двигуном у промисловості, майже в 5 разів перевищує його власну вартість. За термін експлуатації електродвигуна (десятки років) енергетична складова набагато перевищує капітальні витрати.

Застосування сучасних способів регулювання швидкості робочих механізмів у поєднанні з широкими можливостями силової електроніки, мікропроцесорних засобів керування, контролю та автоматизації повинно забезпечити оптимальне використання енергетичних ресурсів.

Витрати електроенергії в електричних мережах – важливий показник ефективності їх роботи, наглядний індикатор стану систем електропостачання. В Україні втрати енергії в електричних мережах обумовлюються великими об'ємами крадіжок електричної енергії з мереж, відсутністю систем обліку (що дозволяє споживати її майже без обмежень), застарілим обладнанням електромереж тощо. Негайного вирішення потребують проблеми, що накопичились у сфері розвитку, реконструкції й технічного переозброєння електричних мереж, удосконалення методів і способів їх експлуатації та керування, підвищення точності обліку електроенергії, ефективності збору коштів за відпущену електроенергію і таке інше.

Контрольні запитання до розділу 4

- 1 Як заощадити електроенергію на побутовому рівні?
- 2 Які електроприлади споживають найбільше енергії?
- 3 Які умови ефективного використання електроенергії на освітлення приміщень?

4 Яким чином звичайний мешканець будівлі (квартири) може зробити свій внесок у зменшення витрати електроенергії?

5 Пристрої для регулювання швидкості обертання виконавчих машин, механізмів тощо.

6 Що таке частотно-регульований електропривод і де його застосовують?

7 Назвіть сфери використання частотно-регульованого електропривода.

8 Переваги регульованого електропривода перед нерегульованими асинхронними двигунами.

9 Перешкоди на шляху широкого впровадження регульованого електропривода.

10 Підприємства-виготовлювачі частотно-регульованих електричних приводів.

11 За рахунок яких факторів зменшуються енерговитрати в разі використання регульованого привода?

12 Перспективи використання частотно-регульованого електропривода в ліфтовому господарстві.

13 Оптимізація енергоспоживання самим частотно-регульованим електроприводом.

14 Які види втрат енергії в електричних мережах?

15 Назвіть заходи щодо зниження втрат енергії в електричних мережах.

16 Що ви розумієте під технологічними втратами енергії в електричних мережах?

17 Комерційні втрати електроенергії. Чим вони обумовлені?

18 Які ви знаєте способи компенсації реактивної потужності?

19 Заходи щодо вдосконалення систем обліку електроенергії.

РОЗДІЛ 5

Підвищення енергоефективності систем стиснутого повітря

5.1 Методи зниження втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря

5.1.1 Проблеми енергозбереження в системах стиснутого повітря

Проблема енергозбереження в системах стиснутого повітря останніми роками набуває великої ваги. У балансі електроспоживання підприємства частка компресорних станцій сягає 25–30 %, у зв'язку з цим енергозбережні заходи в цій сфері набувають великого значення. Досвід свідчить, що ефективність систем виробництва і розподілу стиснутого повітря на більшості підприємств дуже низька. Це пов'язано з фізичним зношенням мереж розподілу повітря, невідповідністю існуючих мереж покладеним на них завданням, експлуатацією компресорів у неоптимальних режимах.

Стиснуте повітря є одним із найдорожчих видів енергії: 1 кДж енергії, отриманий із використанням пневмоприводних машин і механізмів, коштує в 7–10 разів дорожче, ніж той самий 1 кДж, отриманий під час роботи електропривода. На виробництво стиснутого повітря витрачають у середньому близько 25–30 % всієї споживаної машинобудівною промисловістю електричної енергії. Тому питання скорочення енергетичних втрат під час виробництва стиснутого повітря надзвичайно актуальні.

Економіка в системах стиснутого повітря

Заробляти гроші можна, якщо додержуватися такого правила: збільшувати ефективність виробництва в разі

зниження експлуатаційних витрат, до того ж не забувати про реальні потреби.

Тобто варто додержуватися принципу: підготовка рішення – підбір устаткування – проектування пневмомереж – експлуатація.

Устаткування для отримання (використання) стиснутого повітря є універсальним і безпечним; воно значно поширене в сучасній промисловості. Стиснуте повітря використовується як джерело енергії для очищення (продування), засіб для транспортування і навіть як джерело холоду. Його універсальність, простота і доступність призвели до поширеного помилкового уявлення, що стиснуте повітря – дешеве благо. Насправді це не так.

Порівнюючи з іншими видами енергії, стиснуте повітря – найдорожче джерело енергії.

Із ста одиниць електроенергії, що надходять на двигун повітряного компресора, лише 10–20 % виконують реальну корисну роботу – к. к. д. всього лише 10–20 %.

Компресор, по суті, є електронагрівачем, у якого к. к. д. близький до 80 %, і який як побічний продукт вивільняє повітря під високим тиском.

Використання стиснутого повітря як джерела енергії – це неефективна витрата енергії, тим більше якщо воно використовується як джерело охолодження. Використання для охолодження – також дороге задоволення.

На відміну від багатьох інших енергоресурсів, стиснуте повітря досить важко піддається вимірюванню і управлінню. Через високу швидкість і ступінь стиснення для забезпечення точності вимірювань потрібні дорогі вимірювальні системи.

Оскільки повітря легко доступне, має місце тенденція сприймати його як деякий дар, без розуміння

реальних енергетичних та інших витрат на його виробництво.

Як впливає з вищезгаданого, на стадії проектування і експлуатації завжди необхідно серйозно розглядати альтернативні можливості, щоб уникати використання устаткування на стиснутому повітрі.

5.1.2 Основні напрями скорочення втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря

Економія стиснутого повітря

Досить часто стиснуте повітря виробляється з тиском 10 кг/см^2 , тоді як для роботи виконавчих механізмів достатньо $5\text{--}6 \text{ кг/см}^2$. Розрахунок зазвичай проводять таким чином:

- 1) установка працює за тиску $6\text{--}8 \text{ кг/см}^2$ (8 кг/см^2);
- 2) втрати на фільтрах 1 кг/см^2 ;
- 3) втрати в мережах 1 кг/см^2 .

Таким чином, компресор за такого розрахунку повинен виробляти повітря з тиском 10 кг/см^2 .

На сучасних підприємствах розрахунок проводять таким чином:

- 1) устаткування працює за тиску $6\text{--}8 \text{ кг/см}^2$ (6 кг/см^2);
- 2) втрати на осушення $0,25 \text{ кг/см}^2$;
- 3) втрати на фільтрах $0,25 \text{ кг/см}^2$;
- 4) втрати в мережах $0,25 \text{ кг/см}^2$.

Тобто компресор, що працює в діапазоні $6,75\text{--}7,25 \text{ кг/см}^2$ надмірного тиску, відмінно справляється з поставленим завданням. Економія в цьому разі становить 3 кг/см^2 , а зниження тиску на 1 кг/см^2 дає близько 6 % економії електроенергії і знижує витікання на 12 %.

Для забезпечення мінімального робочого тиску в мережі необхідно:

- орієнтуватися на мінімально допустимий робочий тиск устаткування;
- правильно вибирати переріз трубопроводів;
- своєчасно обслуговувати фільтри;
- використовувати компресори із сучасною системою регулювання.

Усунення витікань може дати більший, ніж здається на перший погляд, ефект. Досить часто після усунення основних витікань витрати повітря в системі знижуються на 30–50 % і більше.

Як можна уникнути втрат енергії в мережах стиснутого повітря? Одним із найбільш радикальних способів вирішення цієї проблеми є децентралізація компресорної системи за допомогою багатофункціональних компресорів.

Такі компресори об'єднують в одному кожусі цілу систему вироблення і підготовки стиснутого повітря: компресор, кінцевий охолоджувач, вологомаслосепаратор, осушувач повітря, магістральний фільтр, систему автоматичного електронного керування і моніторингу, очищення конденсату, систему рекуперації тепла та інше.

Наскільки реальна економія за рахунок децентралізації? За централізованої системи подачі повітря для видалення вологи необхідно використовувати адсорбційне сушіння. За всіх переваг цієї системи вартість повітря зростає на 20–25 % за рахунок витрат енергії на регенерацію адсорбенту і додаткових втрат тиску.

Під час децентралізації, коли споживач перебуває в тому самому приміщенні, що й компресор, можливе застосування сушіння холодильного типу. Застосування такого сушіння різко знижує енерговитрати на видалення вологи і економить місце, оскільки таке сушіння може бути реалізовано в самому компресорі (сушильний вузол конструктивно виконаний разом із компресором).

Використання тепла, що виділяється під час роботи компресора

У процесі стиснення повітря (газу) частина витраченої енергії перетворюється на тепло. Водночас основна частина тепла розсіюється через масляну систему. У разі встановлення блока рекуперації енергії 70 % спожитої енергії може бути повернено, наприклад, у вигляді гарячої води з температурою 80 °С. Під час використання блока рекуперації загальна вартість компресорної системи може бути зменшена приблизно на 40 %.

Необхідною умовою застосування такої системи є наявність постійного споживача гарячої води. Система працює особливо ефективно, якщо вона забезпечує 30–50 % потреби в гарячій воді.

Не варто забувати, що тепло, отримане в результаті роботи компресора, – це побічний продукт. Під час зупинень компресора, за зниження споживання стиснутого повітря відповідно знижується і вироблення тепла. Тому якщо навіть тепла від компресора достатньо для задоволення 100 % потреби в гарячій воді, не варто відмовлятися від основного джерела теплоти. Крім того, можливий більш простий спосіб використання тепла від компресора. Під час роботи компресора можна використовувати гаряче повітря контуру охолодження для опалювання приміщень.

Зниження споживання електроенергії

Якщо віднести вартість компресора (початкові інвестиції) до повної вартості утримання компресорної системи за термін 8–10 років, то можна побачити, що навіть економія 20 % на момент закупівлі устаткування становитиме лише 2 % від загальної вартості. У той самий час економія енергії дає набагато істотніший (у 7 разів більший) внесок у зниження загальної вартості.

Домогтися зниження споживання електроенергії можна застосуванням ефективнішого компресора. На жаль, досягти економії більше ніж 20 % вдається лише в деяких випадках на компресорах невеликої продуктивності. Сучасні компресори працюють з ефективністю, близькою до фізичної межі, а коливання ефективності становить не більше ніж 10 %.

Чи означає це, що неможливо різко знизити споживання електроенергії компресором? Ні, якщо розглядати ідеальний компресор, що працює на 100 % завантаження. Так, якщо розглядати реальний компресор із завантаженням 20–80 %.

Основні резерви економії приховані в управлінні продуктивністю компресора.

Графік витрати стиснутого повітря більшості виробничих установок коливається залежно від годин доби, днів тижня або періодів робочого циклу. Звичайні компресори не можуть точно відстежувати коливання потреби в стиснутому повітрі.

У той самий час продуктивність компресорів зі змінною частотою обертання вала може точно збігатися з витратою стиснутого повітря в системі. Такі компресори здатні відстежувати коливання витрат, змінюючи швидкість обертання приводного електродвигуна. Це основна особливість таких компресорів. Вони зменшують до мінімуму споживання енергії за рахунок того, що повністю припиняють споживати електроенергію під час розвантаження. Це економить до 35 % електроенергії і до 22 % всіх витрат за термін експлуатації компресора.

Не всі компресорні агрегати мають приводні двигуни з частотними перетворювачами. Переважна більшість укомплектована стандартними асинхронними двигунами змінного струму. Це обмежує робочі можливості компресора. Стандартні двигуни ефективно покривають

швидкісний інтервал у межах 60–100 % завантаження компресора, під час роботи на малих подачах виникає перегрівання, що призводить до поломки двигуна. Справжні компресори зі змінною швидкістю привода можуть працювати в широкому діапазоні подач (продуктивності) і за повної відсутності режимів холостого ходу.

5.1.3 Зниження енерговитрат методом оптимізації роботи компресорних станцій

Оптимізація роботи існуючих компресорних станцій, забезпечених високопродуктивними турбокомпресорами, дозволяє скоротити витрати електроенергії на виробництво стиснутого повітря до 50 %. Оптимізація роботи компресорів відбувається за рахунок:

- забезпечення ефективної і безпечної можливості відключення і плавного запуску приводних електродвигунів;
- автоматичної підтримки необхідного тиску в пневмосистемі з високою точністю;
- впливу на початкову температуру і початковий тиск усмоктуваного повітря;
- підігрівання повітря, що надходить до споживача, за рахунок утилізації тепла стиснення.

Істотним рішенням проблеми енергозбереження під час експлуатації компресорних установок є застосування пристроїв плавного запуску двигунів.

Пристрій плавного запуску електродвигунів великої потужності

Існує декілька напрямків зниження витрат, спричинених неоптимальною роботою централізованих пневмосистем. Наприклад, пропонується установлення автономних компресорів меншої продуктивності, які б

забезпечували стиснутим повітрям окремих споживачів. Для приводу таких компресорів можна використовувати двигуни малої потужності, що робить можливим їх включення в міру необхідності. Однак таке рішення вимагає значної реконструкції існуючих систем стиснутого повітря, а отже, великих капіталовкладень.

Великих енерговитрат під час роботи централізованих пневмосистем можна уникнути за рахунок забезпечення плавного пуску приводних електродвигунів великої потужності (від 200 кВт до 10 000 кВт). Для цього потрібно застосовувати пристрої плавного запуску, які порівняно недорогі, надійні і не потребують значних витрат на сервісне обслуговування.

Підтримка необхідного тиску в пневмосистемі

Підвищення тиску свідчить про те, що компресор прокачує більше повітря, ніж необхідно для споживача. А це перевитрати електроенергії, погіршення роботи устаткування тощо. Підтримувати постійний тиск у системі можна за допомогою електронного пристрою, так званого регулятора тиску.

Принцип дії регулятора полягає в тому, що він із заданим інтервалом опитує датчик тиску і за необхідності впливає на дросельну заслінку всмоктувальної лінії компресорної установки. Таким чином, проводиться коригування навантаження електродвигуна, яке дозволяє компресору працювати в оптимальному режимі, не допускаючи перевитрати електроенергії. Економія електроенергії досягає 7–15 %. Багато років такі регулятори успішно працюють на машинобудівних, нафтохімічних підприємствах, а також очисних спорудах.

5.2 Можливості енергозбереження під час постачання та використання стиснутого повітря

5.2.1 Енергозбереження під час постачання стиснутого повітря

Значення правильного вибору схем постачання стиснутого повітря іноді недооцінюють, і абсолютно марно, оскільки часто саме тут криється причина підвищених витрат електроенергії і частих поломок компресорного устаткування. Помилки тут можуть вилитися в необхідність додаткових капіталовкладень у майбутньому.

Існує два основних типи схем постачання стиснутого повітря. Це централізована і децентралізована схеми. Розглянемо переваги і недоліки кожної з них.

Централізована схема живлення споживачів стиснутим повітрям здійснює із загальної компресорної станції. Зазвичай за такої системи експлуатуються декілька компресорних установок різної продуктивності, а іноді і більше – в основному поршневі, відцентрові, гвинтові компресори. Переваги цієї схеми виявляються повною мірою на великому підприємстві за наявності герметичної пневмомережі, якщо всі споживачі зосереджені на невеликій площі (відсутні віддалені точки споживання), робочий тиск більшості споживачів приблизно однаковий (робочий тиск мережі), а в решти споживачів – нижче від заданого значення.

Переваги схеми:

– виходи з ладу окремих компресорів і проведення на них регламентних робіт і планових ремонтів не впливають на надійність постачання стиснутого повітря (за наявності декількох резервних компресорів);

– планові ремонти можуть проводити у визначений час, незалежно від величини завантаження компресорної станції (за наявності резерву);

– все компресорне устаткування знаходиться в одному місці, кількість обслуговуючого персоналу невелика.

Недоліки такої схеми:

– велика протяжність трубопроводів призводить до втрат тиску;

– стан систем існуючих централізованих пневмомереж зазвичай достатньо старих, часто залишає бажати кращого (великі витоки, підвищений газодинамічний опір за наявності важко визначальних місцевих опорів). Сумарні втрати в окремих випадках становлять до 50 %;

– висока інерційність системи (оскільки запуск і припинення роботи потужних компресорів вимагає часу, система не може швидко реагувати на зміни необхідної кількості стиснутого повітря);

– у зимовий час можливе обмерзання внутрішніх поверхонь ділянок магістралей, що проходять на відкритому повітрі;

– через планові ремонти компресорів виникає необхідність мати резерв;

– окремі споживачі можуть вимагати вищого тиску повітря, що приводить до необхідності підтримки надмірного тиску в мережі, а з ним – і до додаткових втрат потужності;

– в результаті нерівномірного завантаження з'являються проблеми в експлуатації відцентрових компресорів, які розраховані практично на цілодобовий режим роботи з максимальною кількістю пусків за 1 рік не більше ніж 50; постає дилема – або збільшувати витрати на

електроенергію, або збільшувати кількості ремонтів устаткування;

- система достатньо дорога у виготовленні;
- потрібна наявність кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Децентралізована схема живлення споживачів стиснутим повітрям здійснюється окремими невеликими компресорами, що встановлюються безпосередньо біля споживача. Необхідно відзначити, що в децентралізованих схемах за локальної потреби в повітрі більше ніж $1 \text{ м}^3/\text{хв}$ доцільно використання надійних гвинтових компресорів, переваги яких широко відомі. Це дозволяє вирішити низку проблем, властивих поршневим компресорам, таких як необхідність фундаменту під компресор, підвищені шум і вібрація, необхідність періодичних ремонтів (заміна кілець, клапанів). Крім того, недорогі поршневі компресори малої продуктивності зазвичай погано пристосовані для використання в промислових цілях із ПВ, близьким до 100 %, і мають невисокий ресурс.

Переваги схеми:

- зменшується протяжність трубопроводів, що знижує газодинамічні втрати;
- вартість системи значно нижча, ніж у разі централізованої;
- для кожного споживача може бути встановлений компресор зі необхідним тиском (дуже важливо для мереж із різним робочим тиском споживачів);
- для кожного споживача може бути підібраний компресор із необхідною продуктивністю, що знижує енерговитрати;
- обмерзання виключається, оскільки трубопроводи не виходять за межі приміщення, де встановлений компресор;

– знижується вартість стиснутого повітря, оскільки відпадає необхідність в теплоізоляції, герметизації, ремонті та обслуговуванні трубопроводів;

– компресори невеликої потужності не вимагають фундаментів, що спрощує і здешевлює їх установку;

– зникає необхідність у спеціальному обслуговуючому персоналі, оскільки невеликі гвинтові компресори не вимагають планових ремонтів, а всі роботи з технічного обслуговування (заміна мастила, фільтрів) можуть проводити особи, які не мають спеціальної підготовки.

Недоліки такої системи:

– при установленні компресора безпосередньо у виробничому приміщенні виникає шум, що є небезпечним чинником для персоналу;

– схема слабо пристосована до можливого різкого зростання потреби в повітрі на конкретній ділянці (наприклад, у разі появи додаткових споживачів) може виникнути потреба у заміні компресора на більш потужніший або установка додаткового, переріз локальної магістралі може виявитися недостатнім.

Загалом, вибір споживачем оптимальної схеми повітропостачання залежить від конкретних умов на конкретному підприємстві, йому обов'язково повинні передувати повний аналіз ситуації, існуючих пневматичних ліній, енергоаудит усього ланцюжка виробництва і подачі стиснутого повітря, з урахуванням необхідних капіталовкладень і постійних витрат. Децентралізована схема зовсім не є універсальним рішенням, застосування її повинно бути економічно обґрунтоване. Під час проєктування пневматичних систем необхідно враховувати не лише наявних споживачів, що є в наявності в даний час, а й можливі варіанти зміни як необхідної кількості стиснутого повітря, так і розміщення точок споживання.

Говорячи про енергозбереження, не можна не згадати про компресори з регульованою частотою обертання вала електродвигуна, яким останнім часом усе більше споживачів віддають перевагу. Перевага полягає в тому, що його продуктивність змінюється відповідно до зміни потреби в повітрі. Водночас пропорційно змінюється споживана потужність зазвичай у діапазоні від 10 % до 100 %. Компресор із фіксованою продуктивністю працює в діапазоні між тиском ввімкнення (робочий тиск мережі) і тиском вимкнення / переходу на холостий хід; фактично компресор завжди працює під тиском, вищим за робочий, що приводить до втрат енергії. За частотного регулювання тиск підтримується на постійному рівні, а тому немає відповідної перевитрати енергії. Коштує такий компресор приблизно на 50–80 % дорожче за звичайний, проте різниця вартості компенсується зниженням експлуатаційних витрат.

Застосування частотного регулювання економічно виправдане в будь-якому разі, питання лише в тому, чи готове підприємство на додаткові капіталовкладення, які дадуть в майбутньому істотну економію. Не потрібно також забувати про те, що за частотного регулювання компресорна установка працює в набагато сприятливіших умовах (плавний пуск і зупинення, відсутність різких стрибків струму і т.ін.), що збільшує міжремонтні інтервали і дає додаткову економію.

Компресори з частотним регулюванням можуть застосовуватися як у децентралізованій системі повітропостачання (у разі якщо потреба в повітрі на конкретній ділянці може змінюватися в значних межах), так і в централізованій (у цьому разі доцільно встановити декілька компресорів із фіксованою продуктивністю і один компресор із частотним регулюванням, який буде компенсувальною ланкою).

5.2.2 Зменшення енерговитрат під час використання стиснутого повітря

У таблиці 5.1 наведені дані щодо потенціалу заощадження енергії за наслідками проведення декількох десятків енергоаудитів компресорного обладнання.

Таблиця 5.1 – Потенціал заощадження енергії

Енергозбережний захід	Середнє значення заощадження, %	Максимальне значення заощадження, %	Середній термін окупності, роки
Зменшення витікань повітря	26,3	59,3	0,9
Зниження системного тиску	2,0	59,3	1,3
Установлення засобів регулювання холостого ходу	10,5	33,5	0,8
Секціонування (послідовне підключення) компресорів	7,6	33,6	2,7
Скорочення машинного часу	2,6	15,8	< 0,1
Сумарні заощадження (для однієї компресорної установки)	43,7	65,0	0,8

Як бачимо, середні значення заощаджень перевищують 43 %, водночас середній період повернення

інвестицій – менше ніж один рік. Як зберегти енергію під час використання компресорного обладнання?

Як зберігати енергію під час використання стиснутого повітря. Існують різні способи підвищення ефективності компресорного устаткування, які призводять до значних заощаджень поточних витрат за недовгих термінів окупності. Можливості енергозбереження в системах компресорного устаткування можна поділити на такі категорії:

- можливості процесу;
- можливість системи (енергозбереження 10 %);
- методи експлуатації;
- керування та оптимізація системи;
- можливості, що виникають під час обслуговування;
- контроль і планування використання енергії.

Чи можна знайти ефективніші, і водночас досить надійні альтернативи стиснутому повітрю? Електричні дрилі, механічні конвеєрні установки, повітродувки зниженого тиску, вентилятори для охолодження і т. ін. Купуйте такий механізм, який може працювати без споживання стиснутого повітря. Прагніть уникати використання насосів із приводом від стиснутого повітря, оскільки вони характеризуються дуже низькою ефективністю, хоча часто використовуються у вибухонебезпечних умовах. Насоси з електроприводом часто можуть використовуватися для таких ситуацій за умови підбору потрібного вибухозахисного виконання.

Детально розгляньте устаткування на стадії його проєктування і деталізації. Аналізуйте рівний тиск і швидкості потоку для нового устаткування. Якщо лише 20 % механізмів вимагають тиск повітря на рівні 0,7 МПа, а інші вимагають нижче ніж 0,6 МПа, тоді можливо є сенс установлювати окремих компресор для вищого тиску.

Пам'ятайте, що під час використання 0,7 МПа замість 0,6 МПа споживається на 7 % більше енергії. Тому досліджуйте можливість використання системи з двома рівнями тиску.

Розподільні системи

Кільцеві магістральні системи характеризуються меншою кількістю втрат тиску, ніж розгалужені системи. Розгалужені системи легко можуть бути перетворені на кільцеві магістральні системи.

Розміри труб повинні бути підбрані з розрахунку, що швидкість повітря в розподільній системі не перевищує 6–9 м/с. Потік повітря на високій швидкості також захоплює за собою вологу, що може спричинити корозію.

Там, де потрібне повітря нижчого тиску, частина енергії може бути заощаджена за рахунок використання регуляторів подачі повітря, які дозволяють одержати нижчий рівень тиску повітря і швидкість потоку.

На противагу вищезгаданій рекомендації використовуйте пневмопідсилювачі для забезпечення підвищення тиску в точці використання. Це позбавить від необхідності встановлювати високий тиск усієї системи лише через одного споживача. Завдяки пневмопідсилювальним регуляторам можна досягати дворазового збільшення тиску.

Компресори

Гвинтові та поршневі компресори

Необхідно визначати споживання стиснутого повітря наявної системи впродовж робочого дня і невробиного часу. Це дозволить побачити, що для навантаження у вихідний день і невробиного часу необхідно використовувати компресор меншої потужності. Одержані дані можуть також виявити якнайкращі способи забезпечення повітрям споживача відповідно до графіка витрати системи. Можливо, для ефективнішого

забезпечення попиту можуть бути встановлені 2 чи 3 менших компресори, водночас черговість їх увімкнення узгоджується так, щоб задовольняти попит найефективніше.

Пам'ятайте, що компресори, які працюють без навантаження, можуть споживати 40 % потужності повного навантаження.

Після того як ви вибрали тип і кількість компресорів, необхідно скласти досконалу технічну специфікацію для їх купівлі. Переконайтеся, що в специфікації є значення к. к. д. компресора для повного і часткового навантаження. Добре спроектована система виключає можливість холостого ходу великих компресорів за неповного навантаження, але так або інакше ви повинні мати в своєму розпорядженні цю інформацію.

Проведіть конкурсний відбір на основі наданих для компресора характеристичних кривих і значень питомого споживання потужності, наприклад, у таких одиницях як 100 кубічних метрів за 1 хвилину.

Порівняйте всі конкурсні пропозиції зі значеннями поточних витрат, витрат на обслуговування і капітальні витрати. Важливо знати не лише первинні витрати, а й сумарну вартість утримання компресорів упродовж терміну їх експлуатації.

Не забудьте переконатися, що всі розцінки базуються на однакових умовах «переліку / зведення» контрольних даних до стандартних умов.

Комбінація з гвинтових і поршневих компресорів може бути красивим засобом контролю. Гвинтові ефективні під час зниження навантаження в межах до 70 % від повного навантаження, і тому їх необхідно використовувати для покриття базового значення споживаного навантаження. Поршневі компресори ефективніші за часткового навантаження і тому повинні використовуватися для

покриття пікових навантажень, за яких потрібні різні ступені їх навантаження.

Відцентрові компресори

Будьте уважні під час купівлі відцентрових компресорів! Вони мають вузькі експлуатаційні отвори, що може призвести до різких викидів повітря, а також закупорювання / дроселювання. Це означає, що для запобігання цим труднощам, виробники, особливо машин старого типу, використовували неефективні шляхи їх регулювання, включаючи сумнівно відомий клапан скидання зайвого тиску, який гарантує роботу компресора в постійному режимі, але водночас постійно втрачається енергія.

Ситуація складається найбільш незадовільно, якщо використовують потужний компресор для покриття навантаження, водночас може витратитися марно до 50 % енергії.

Робочі характеристики динамічного компресора сильно залежать від оточуючих умов (зокрема, від температури).

Стандартно кожний компресор поставляється з програмуванням для керування групою компресорів. Максимально можна об'єднати між собою 8 компресорів, які зв'язуються між собою за допомогою реле. Користувач встановлює лише верхній і нижній рівні тиску, який повинен підтримуватися в ресивері. Інші установки здійснює сам контролер (зокрема, і розподіл тиску між послідовно ввімкненими компресорами). Контролер першого компресора виконує функції головного контролера і постійно контролює роботу одиничних компресорів. Якщо який-небудь компресор перебуває в аварійному стані, контролер вимикає його із системи і система функціонує з іншими компресорами. Увімкнення і вимкнення цілої системи, а також контроль над найважливішими

параметрами відбувається з головного контролера, що дуже спрощує керування. Увімкнення в систему комп'ютера дає можливість керування системою на відстані, також існує можливість відображення «історії» роботи компресорів упродовж терміну експлуатації.

Поєднання компресора з перетворювачем частоти

Керування продуктивністю компресора шляхом зміни обертів двигуна – найбільш економічний спосіб регулювання. Зміну швидкості обертання приводного двигуна компресора легше робити за допомогою перетворювача частоти.

Ще більше заощадити електричну енергію в разі змінної потреби в повітрі можна під час використання декількох компресорів із подібною продуктивністю, а також перетворенням частоти. Одночасно одним компресором керує перетворювач, а іншими компресорами керують стандартно: «Старт», «Робота», «Під навантаженням», «Холостий хід», «Стоп».

Регулювання компресора за допомогою перетворювача частоти має перевагу в тому, що, крім поступового пристосування до активного використання повітря, утримує тиск у мережі на постійному рівні.

Сушарки. Іноді виникає необхідність у підсушуванні стиснутого повітря. Сушарки можуть бути двох типів: неефективні й ефективні. Проявляйте обережність до таких осушувачів, які використовують великі кількості стиснутого повітря для очищення / осушення самого осушувача. Вони не в усіх випадках є ефективними, тому що їх робота може ґрунтуватися на принципі очищення за таймером, наприклад через кожні 15 хвилин, навіть якщо в цьому немає необхідності. Установлюйте в такому разі для керування процесом чищення датчик точки роси.

Деякі сушарки абсорбції використовують електричні підігрівники. Вони можуть бути марнотратні з тих самих

причин, які описані вище. Рівень споживання електроенергії підігрівниками також можна регулювати. Електричні підігрівники також можуть перепалювати абсорбент і стати причиною засмічення внутрішніх фільтрів, який призводить до значних спадів тиску.

Деякі нові сушарки абсорбції використовують теплоту від додаткового охолоджувача компресора для сушіння абсорбенту, і також можуть бути дуже ефективні.

Охолоджувальні сушарки також є ефективними. Також важливо, яким чином здійснюється керування.

Вимірники точки роси дозволяють економити енергію, оберігаючи від пересушування повітря.

Пам'ятайте, що додатковий охолоджувач і приймач збирають більшу кількість вологи, ніж сушарка і повинні бути оснащені автоматичними продувними вентилями, а не ручними продувними вентилями, що втрачають велику кількість стиснутого повітря під час продування.

Не сушіть усе повітря, якщо потрібно висушити лише деяку його частину. Не пересушуйте.

Вологість повітря часто спричинює корозію в системі трубопроводів, особливо розміщених на відкритому повітрі. Сушарки можуть запобігати корозіям у системі трубопроводів та іншому устаткуванні і таким способом запобігати витіканню повітря.

Методи експлуатації. Щоб обмежувати витікання повітря, на всіх зовнішніх галузях трубопроводу встановлюють стопорні клапани. Вони можуть бути ввімкнені і керувати системою енергоменеджменту.

Переконайтеся, що в машинах температура повітря в зоні повітрязабірника настільки низька, наскільки це можливо. Це підвищує к. к. д. компресора, оскільки за тієї самої витрати енергії стискається більша кількість повітря.

Холодильники попереднього охолодження для припливного повітря приточування вимагають ретельного

оцінювання, щоб переконатися, що досягається загальне (сумарне) підвищення ефективності.

Проведіть дослідження коефіцієнта витoku повітря, використовуючи метод «накачування – спуску» повітря. Витік може становити 40 % від поточних витрат на установку. Зовнішня система трубопроводів особливо сприяє витіканням повітря через корозію. Сушарки можуть трохи поліпшити ситуацію, але має сенс розглянути варіант установлення пластмасової системи трубопроводів.

Управління та оптимізація системи. Засоби керування компресорами (встановлення послідовності ввімкнення), придбання ефективних компресорів – це лише частина завдання, але якщо всі вони «виконуватимуть роботу у власному режимі» незалежно від того, в якому режимі працюють інші, тоді можливості заощадження енергії будуть втрачені.

Установлення послідовності ввімкнення компресорів гарантуватиме, що лише необхідна кількість компресорів покритиме навантаження. Для поршневих компресорів також можна досягти деякого розвантаження за рахунок модуляції (регулювання) машини.

Переконайтеся, що вибрана система керування не приведе до збільшення діапазону робочого тиску. Хороша система керування, що ґрунтується на прогнозованому або почерговому перемиканні компресорів, приводить до досягнення заданого діапазону тиску і забезпечує заощадження енергії.

Засоби автоматизації ввімкнення (вимкнення) також дають позитивні результати. Завдяки плавним запускам можна домогтися збільшення кількості пусків (зупинень) за 1 годину, що може бути особливо вигідно для систем із позачерговим ввімкненням.

Для покриття гострих пікових навантажень має сенс використовувати компресори з регульованою швидкістю обертання.

Можливості, що виникають під час обслуговування

Забезпечуйте чистоту фільтрів повітрозбірника.

Контролюйте якість охолодженої води проміжного охолоджувача в компресорних установках. Дуже високе значення температури або тиску на ділянці між ступенями призводить до зниження ефективності компресора.

Проводьте дослідження коефіцієнта витікання повітря, використовуючи метод («накачування – спуск» повітря). Витікання відбуваються не лише в системі трубопроводів, а й також у внутрішніх ущільненнях пресів, молотів, різних інструментів і клапанів тощо.

Висновки до розділу 5

Енергозбереження в системах стиснутого повітря є одним із найважливіших завдань сучасного підприємства. У балансі енергоспоживання підприємства витрати компресорних станцій досягають 25–30 %. Проте ефективність систем виробництва і розподілу стиснутого повітря на більшості підприємств дуже низька. Це пов'язано зі зношенням повітряних мереж, невідповідністю існуючих мереж проєктним, експлуатацією компресорів у неоптимальних режимах, неправильним вибором схем постачання стиснутого повітря тощо.

Порівняно з іншими видами енергії стиснуте повітря – найдорожчий енергоносіє. Із ста одиниць електроенергії, які споживає двигун повітряного компресора, лише 10–20 % виконують реальну корисну роботу – к. к. д. лише 10–20 %. Останні 80 % електроенергії витрачаються на нагрівання компресора та повітря.

Компресор, таким чином, працює як електронагрівник, у якого к. к. д. дорівнює приблизно 80 % і який як побічний продукт виробляє стиснуте повітря.

Використання стиснутого повітря як джерела енергії – це неефективна витрата енергії, тим більше якщо воно використовується як джерело охолодження. Тому під час проектування і експлуатації технологічного обладнання необхідно розглядати альтернативні можливості, щоб уникнути використання устаткування на стиснутому повітрі.

Підвищення енергоефективності систем стиснутого повітря можливе за рахунок: скорочення втрат енергії під час виробництва стиснутого повітря, зменшення енерговитрат шляхом оптимізації роботи компресорних станцій, використання більш економічних (із більшим к. к. д.) компресорів; рекуперації тепла, яке виділяється під час роботи компресорів; усунення витікань повітря з пневмосистеми.

Значні резерви приховані в керуванні продуктивністю компресорів за допомогою використання частотно-регульованого електропривода. Такі компресори здатні відстежувати коливання витрат повітря в системі, змінюючи швидкість обертання приводного двигуна за повної відсутності режимів холостого ходу.

Одним із найбільш радикальних способів вирішення проблеми енергозбереження є децентралізація системи стиснутого повітря за допомогою багатфункціональних компресорів.

Істотне збереження енергії можливе під час обслуговування пневматичної системи за рахунок забезпечення необхідної чистоти фільтрів, повітрязбірників, контролювання температури охолоджувальної води, контролювання коефіцієнта витікання повітря.

Контрольні запитання до розділу 5

- 1 Яких ви знаєте споживачів стиснутого повітря?
- 2 Як можна економити стиснуте повітря?
- 3 Назвіть резерви економії стиснутого повітря під час його виробництва.
- 4 Які переваги централізованої системи стиснутого повітря?
- 5 Децентралізована система живлення стиснутим повітрям.
- 6 Напрямки скорочення витрат на виробництво стиснутого повітря.
- 7 Енергозбережна експлуатація компресорного устаткування.
- 8 Як правильно вибрати компресорне устаткування?
- 9 Які ви знаєте способи регулювання компресорів?
- 10 Енергозбереження під час використання стиснутого повітря.
- 11 Проблеми використання тепла, що виділяється під час роботи компресора.
- 12 Як можна уникнути втрат енергії в мережах стиснутого повітря?
- 13 Які резерви економії енергії приховані в регулюванні компресора?
- 14 Недоліки централізованої схеми постачання стиснутого повітря.
- 15 Які переваги децентралізованої схеми постачання стиснутого повітря?

РОЗДІЛ 6

Енергозбереження в системах вентиляції

6.1 Енергозбереження в системах вентиляції

6.1.1 Проблеми вентиляції сучасних будівель

Останніми роками про вентиляцію починають говорити все частіше. Чому? Основна причина переходу вентиляційних проблем на рівень побутової свідомості – масове впровадження сучасних герметичних вікон із склопакетами в житлові і суспільні будівлі. На Заході ця проблема відома вже давно, для герметичних нових якісно побудованих будинків виник навіть спеціальний термін «синдром хворої будівлі». Цей термін означає, що герметична будівля з недостатнім повітрообміном шкідлива для здоров'я його мешканців. Відомі навіть цифри. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я щодня в усьому світі вмирає близько 5 000 осіб від хвороб, пов'язаних із поганою якістю внутрішнього повітря будинку і на роботі: не зовнішнього повітря поряд із міськими магістралями, а внутрішнього повітря власної спальні і офісу. За даними Міністерства охорони здоров'я США, щороку 30 000 американців вмирають від хвороб, безпосередньо пов'язаних із підвищеною концентрацією радіоактивного газу радону в приміщеннях. Виділяється цей газ із будівельних матеріалів (а не лише із землі) і затримується в приміщеннях, де не забезпечується необхідний повітрообмін. Небезпечний він ще й тим, що не має кольору та запаху і визначається лише спеціальними приладами.

Для того щоб вирішити вентиляційні проблеми сучасних будівель, давайте коротко проаналізуємо ситуацію, що склалася.

Для комфортного мешкання необхідна певна температура повітря, його вологість і склад. Основним джерелом забруднення повітря в житловому приміщенні є сама людина. Мешканці дихають, потіють, готують їжу, перуть і палять. Крім того, є запахи обробних матеріалів, меблів і побутової техніки. Для видалення з приміщення забрудненого повітря необхідна вентиляція, що працює, не періодичне провітрювання за допомогою короточасного відкриття вікон, а постійний контрольований повітрообмін приміщень з атмосферою. Необхідна кількість повітря для нормального самопочуття людей давно вже визначили санітарні лікарі й фахівці з мікроклімату і комфорту житлових приміщень. Так витяжкою необхідно видаляти за 1 годину з кухні, туалету і ванної кімнати 60–90, 25 і 25 куб. метрів повітря відповідно. Останні рекомендації АВОК із вентилявання квартир у багатоповерховому житловому будинку орієнтують на кратність повітрообміну 0,35, але не менше ніж 30 м³ за 1 годину на людину. Зрозуміло, що для видалення брудного повітря потрібна одночасна подача зовнішнього повітря в приміщення зовні. Без надходження повітря витяжка не може працювати.

6.1.2 Класифікація систем вентиляції

Вентиляцією називають сукупність заходів і пристроїв, які використовують під час організації повітрообміну, для забезпечення заданого стану повітряного середовища в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до СНІП.

За всієї різноманітності систем вентиляції їх можна класифікувати за такими характерними ознаками:

- за способом створення тиску для переміщення повітря: із природним і штучним (механічним) примусом;
- за призначенням: припливні і витяжні;

– за зоною обслуговування: місцеві і загально-обмінні;

– за конструктивним виконанням: каналні і безканалні.

Природна вентиляція

Переміщення повітря в системах природної вентиляції відбувається:

– внаслідок різних температур зовнішнього повітря і повітря в приміщенні, так званої аерації;

– внаслідок різних тисків «повітряного стовпа» між нижнім рівнем (обслуговуваним приміщенням) і верхнім рівнем – витяжним пристроєм (дефлектором), встановленим на покрівлі будинку;

– у результаті дії так званого вітрового тиску.

У приміщеннях із великими надлишками тепла повітря завжди тепліше від зовнішнього. Більш важке зовнішнє повітря, надходячи в будинок, витісняє з нього менш щільне тепле повітря. До того ж у замкненому просторі приміщення виникає циркуляція повітря, спричинена джерелом тепла, подібна до тієї, яку викликає вентилятор.

Вплив вітрового тиску виражається в тому, що на навітряних (звернених до вітру) сторонах будинку утвориться підвищене, а на підвітряних сторонах, а іноді і на покрівлі знижений тиск (розрідження).

Системи природної вентиляції прості і не вимагають складного дорогого устаткування і витрати електричної енергії. Однак залежність ефективності цих систем від змінних факторів (температури повітря, напрямки і швидкості вітру), а також невеликий тиск не дозволяють вирішувати за їх допомогою всі складні й різноманітні завдання у сфері вентиляційних систем.

Механічна вентиляція

У механічних системах вентиляції використовується устаткування і прилади (вентилятори, електродвигуни, повітрянагрівники, пиловловлювачі, автоматика й ін.), що дозволяє переміщувати повітря на значні відстані. Витрати електроенергії на їх роботу можуть бути досить великими. Такі системи можуть подавати і видаляти повітря з локальних зон приміщення в необхідній кількості незалежно від змінних умов оточуючого повітряного середовища. За необхідності повітря піддають різним видам оброблення (очищенню, нагріванню, зволоженню і т. д.), що практично неможливо в разі природної вентиляції.

Необхідно зазначити, що в практиці часто передбачають так звану змішану вентиляцію, тобто одночасно природну і механічну вентиляцію.

У кожному конкретному проєкті визначається, який тип вентиляції є найкращим у санітарно-гігієнічному відношенні, а також економічно і технічно більш раціональним.

Припливна і витяжна вентиляція

Припливні системи використовуються для подачі у вентилязовані приміщення чистого повітря замість видаленого. Припливне повітря в необхідних випадках піддається спеціальному обробленню (очищенню, нагріванню, зволоженню і т. д.).

Витяжна вентиляція видаляє з приміщення (цеху, корпусу) забруднене чи нагріте відпрацьоване повітря.

У загальному разі в приміщенні передбачаються як припливні, так і витяжні системи. Їх продуктивність повинна бути збалансована з урахуванням можливості надходження повітря в суміжні приміщення або із суміжних приміщень. У приміщеннях може бути також передбачена лише витяжна чи лише припливна система. У цьому разі повітря надходить до даного приміщення зовні або із

суміжних приміщень через спеціальні прорізи чи видаляється з цього приміщення назовні, або переходить у суміжні приміщення.

Як припливну, так і витяжну вентиляцію можна влаштовувати на робочому місці (місцева) чи для всього приміщення (загальнообмінна).

Місцева вентиляція

Місцевою вентиляцією називають таку, за якої повітря подають на визначені місця (місцева припливна вентиляція) і забруднене повітря видаляють лише від місць утворення шкідливих виділень (місцева витяжна вентиляція).

До місцевої припливної вентиляції відносять повітряні душі (локальна подача повітря з підвищеною швидкістю). Вони повинні подавати чисте повітря до постійних робочих місць, знижувати в їх зоні температуру оточуючого повітря та обдувати робітників, які піддаються інтенсивному тепловому опроміненню.

Місцеву припливну вентиляцію застосовують також у вигляді повітряних завіс, що створюють ніби повітряні перегородки або змінюють напрямок потоків повітря. Місцева вентиляція вимагає менших витрат, ніж загальнообмінна. У виробничих приміщеннях звичайно застосовують змішану систему вентиляції – загальну для усунення шкідливостей в усьому об'ємі приміщення і місцеву для обслуговування робочих місць.

Місцеву витяжну вентиляцію застосовують, якщо місця шкідливих виділень у приміщенні локалізовані і можна не допустити їх поширення в усьому приміщенні. Місцева витяжна вентиляція у виробничих приміщеннях забезпечує вловлювання і виведення шкідливих виділень: газів, диму, пилу і частково від устаткування, що виділяє тепло.

Для видалення шкідливостей застосовують місцеві відсмоктувачі (укриття у вигляді шаф, парасолі, бортові відсмоктувачі, завіси, укриття у вигляді кожухів у верстатів та ін.).

Основні вимоги, які вони повинні задовольняти:

- місце утворення шкідливих виділень по можливості повинне бути цілком відсічене;
- конструкція місцевого відсмоктувача повинна бути такою, щоб він не заважав нормальній роботі і не знижував продуктивності праці;
- шкідливі виділення необхідно видаляти від місця їх утворення в напрямку їх природного руху (гарячі гази і пар необхідно видаляти нагору, холодні важкі гази і пил – униз).

Конструкції місцевих відсмоктувачів умовно поділяють на дві групи: напіввідчинені відсмоктувачі (витяжні шафи, парасолі) та відкритого типу (бортові відсмоктувачі).

Основними елементами такої системи є місцеві відсмоктувачі, мережа повітропроводів, вентилятор (відцентрового чи осьового типу), витяжна шахта. Найбільш складними витяжними системами є такі, в яких передбачають дуже високий ступінь очищення повітря від пилу з установленням послідовно двох чи навіть трьох пиловловлювачів (фільтрів).

Місцеві витяжні системи зазвичай дуже ефективні, тому що дозволяють видаляти шкідливі речовини безпосередньо від місця їх утворення або виділення, не даючи їм поширитися в приміщенні.

Загальнообмінна вентиляція

Загальнообмінні системи вентиляції – як припливні, так і витяжні, призначені для здійснення вентиляції в приміщенні загалом чи в значній його частині. Ці витяжні системи відносно рівномірно видаляють повітря з усього

приміщення, що обслуговується, а загальнообмінні припливні системи подають повітря і розподіляють його в усьому об'ємі вентиляваного приміщення.

Загальнообмінну припливну вентиляцію встановлюють для асиміляції надлишкового тепла і вологи, розбавлення шкідливих концентрацій пару й газів, не вилучених місцевою і загальнообмінною витяжною вентиляцією, а також для забезпечення розрахункових санітарно-гігієнічних норм і вільного дихання людини в робочій зоні.

За негативного теплового балансу, тобто за недостачі тепла, загальнообмінну припливну вентиляцію встановлюють із механічним примусом і з підігрівом всього об'єму припливного повітря. Зазвичай перед подачею повітря очищають від пилу.

У разі надходження шкідливих виділень у приміщення кількості припливного повітря повинне цілком компенсувати загальнообмінну і місцеву витяжну вентиляцію.

Найпростішим типом загальнообмінної витяжної вентиляції є окремих вентилятор (здебільшого осьового типу) з електродвигуном на одній осі, розміщений у вікні чи в отворі стіни. Така установка видаляє повітря з найближчої до вентилятора зони приміщення, здійснюючи лише загальний повітрообмін. Коли шкідливими виділеннями в цеху є важкі гази чи пил і немає теплоутворення від устаткування, витяжні повітропроводи прокладають по підлозі цеху або у вигляді каналів, розміщених під підлогою.

У промислових будинках, де є різнорідні шкідливі виділення (теплота, волога, гази, пар, пил та ін.) та їх надходження в приміщення відбувається в різних умовах (локально, розосереджувано, на різних рівнях та ін.),

шкідливих виділень застосовують загальнообмінні витяжні системи.

Канальна і безканальна вентиляція характеризується тим, що має або розгалужену мережу повітропроводів для переміщення повітря (канальні системи), або канали (повітропроводи) можуть бути відсутніми, наприклад, при установленні вентиляторів у стіні, у перекритті, за природної вентиляції і т. д. (безканальні системи).

6.1.3 Устаткування систем вентиляції

Системи вентиляції так само, як і системи кондиціонування, містять групи найрізноманітнішого устаткування: насамперед це вентилятори, вентиляторні агрегати або вентиляційні установки. Серед додаткового устаткування – шумоглушники, повітряні фільтри, електричні й водяні нагрівники, повітророзподільні регулювальні пристрої й ін.

Вентилятор

Вентилятор являє собою механічний пристрій, призначений для переміщення повітря повітропроводами систем кондиціонування і вентиляції, а також для здійснення прямої подачі повітря в приміщення або з приміщення, і створює необхідний для цього перепад тиску (на вході і виході вентилятора).

Залежно від величини повного створюваного тиску повітря вентилятори бувають низького тиску (до 1 кПа), середнього тиску (до 3 кПа) і високого тиску (до 12 кПа).

Залежно від складу переміщуваного повітря й умов експлуатації вентилятори поділяють на: звичайні (для повітря (газів) з температурою до 80 °С), корозійностійкі (для корозійних середовищ), термостійкі (для повітря з температурою вище ніж 80 °С), вибухонебезпечні (для

вибухонебезпечних середовищ), пилові (для запиленого повітря).

За способом з'єднання крильчатки вентилятора й електродвигуна вентилятори можуть бути: з безпосереднім з'єднанням з електродвигуном, із з'єднанням на еластичній муфті, з клинопасовою передачею, з регульовальною вісеступінчастою передачею.

За місцем установлення вентилятори поділяють на: звичайні, які встановлені на спеціальній опорі (рамі, фундаменті і т. д.); каналні, що встановлюються безпосередньо в повітропроводи; дахові, розміщені на покрівлі.

Основними характеристиками вентиляторів є такі параметри: подача повітря, м³/год; повний тиск, Па; частота обертання, об/хв; споживана потужність, затрачувана на привод вентилятора, кВт; коефіцієнт корисної дії вентилятора; рівень звукового тиску, дБ.

За видом виконання вентилятори поділяють на: осьові (аксіальні), радіальні (відцентрові), діаметральні (відцентрові).

Вентилятор установлюють разом із електродвигуном у спеціальний корпус. Крім того, вони можуть використовуватися в складі агрегованих припливних установок, у кондиціонерах, у повітряних завісах, у повітроочисниках, фанкойлах, сплітсистемах, шафових кондиціонерах та інших вентиляційних установках.

Зниження шуму самого вентилятора можливе: за зменшення швидкості обертання робочого колеса, підвищення к. к. д. вентилятора, поліпшення аеродинамічних характеристик повітропроводів. Для зменшення шуму в мережі повітропроводів встановлюють шумоглушники, можливе облицювання корпусів вентиляторів звукоізоляційними матеріалами та

установлення вентилятора в спеціальному звукоізолювальному кожусі.

Вентиляторний агрегат

Вентиляторний агрегат – установка, в якій вентилятор з електродвигуном змонтовані на одній рамі зазвичай укомплектовані віброізоляторами. До вентиляторних агрегатів належать каналні і дахові вентилятори.

Канальні вентилятори – призначені для установлення безпосередньо у вентиляційну мережу (проточну частину) круглого чи прямокутного перерізу.

Через невеликі габарити каналні вентилятори можна установлювати безпосередньо в мережі повітропроводів, вбудовувати в каналні системи вентиляції і кондиціонування повітря та ховати за підшивною стелею чи в спеціальних вертикальних технологічних шафах. Допускається горизонтальне, вертикальне чи похиле положення вентилятора під час його установлення. Основні переваги каналного вентилятора зв'язані з його компактністю за значних витрат повітря.

Дахові вентилятори або витяжні вентиляторні агрегати, установлювані на покрівлях, призначені для витяжних систем вентиляції. У таких агрегатах застосовуються осьові, зазвичай багатолопатеві вентилятори або радіальні, однібічного чи двобічного всмоктування.

Маючи просту і легку конструкцію, дахові вентилятори легко монтуються на покрівлі будинків. Установлення дахових вентиляторів на покрівлі будинку дозволяє заощаджувати корисну площу будинку.

Вентиляційні установки за призначенням, складом і конструктивним виконанням поділяють на: припливні вентиляційні установки, витяжні установки, припливно-витяжні установки, повітряно-теплові завіси.

Припливні установки здійснюють фільтрацію свіжого повітря, за необхідності його нагрівають (у холодний період року) і подають у систему повітропроводів для подальшої розподілу в приміщеннях.

Припливні вентиляційні установки складаються з корпусу, в якому змонтовані: фільтр, водяний електричний калорифер, вентилятор, система автоматики, звукоізоляційний матеріал.

Умовно можна поділити припливні установки на кілька типів: за типом нагрівника (з електричним калорифером, із водяним калорифером); за витратою повітря (від 4 м³/год до 200–3 000 м³/год – мініприпливні установки, більше ніж 3 000 м³/год); за конструктивним виконанням (для вертикального монтажу, для горизонтального монтажу, універсальні).

У системах вентиляції з припливними установками можуть використовуватися такі додаткові елементи: повітрязабірні решітки, клапан на припливне повітря (з електроприводом чи ручним приводом), шумоглушники, пристрої для регулювання витрати повітря в приміщеннях, пристрій розподілу повітря (дифузори, ґратки, плафони).

Вибір конкретної моделі припливної вентиляційної установки здійснюється зазвичай за величиною подачі (витратою) і за величиною напору, що дозволяє побороти опір мережі повітропроводів і повітророзподільних пристроїв. Витяжні установки використовують для створення балансу витрат повітря, що надходить і видаляється з приміщення, і можуть бути представлені: автономними осьовими вентиляторами, даховими вентиляторами, відцентровими вентиляторами, каналними вентиляторами в корпусі у формі кола або в коробчастому корпусі.

Системи приливо-витяжної вентиляції ефективні з економічної точки зору, оскільки дозволяють істотно

знизити витрати на опалення, використовуючи утилізацію тепла. Тепло, що видаляється з приміщення повітря, може бути використане для підігрівання припливного повітря в спеціальних теплообмінниках, названих рекуператорами.

Повітряні завіси

Повітряні завіси призначені для поділу зон із різною температурою по різні боки відкритих вікон, вхідних дверей і воріт. За рахунок подачі високошвидкісного повітряного потоку утворюється «невидима завіса», що не дає теплому повітрю виходити назовні і не впускає холодне повітря в приміщення. Таким способом поліпшується внутрішній температурний комфорт, зникають протяги, значно знижуються тепловтрати, а отже, і витрати на обігрів.

За закритими дверима повітряна завіса може працювати як тепловентилятор. Влітку та в районах із теплим кліматом повітряна завіса однаковою мірою є енергозбережним устаткуванням, що забезпечує значне зниження витрат на кондиціонування приміщень і підтримку низької температури в холодильних камерах.

Крім того, в усіх випадках приміщення надійно ізолюється від вихлопних газів, пилу, а відрізувальний потік повітря залишається непомітним для людини і не створює перешкод для транспортних засобів.

До конструкції теплової завіси, крім вентилятора, електро- чи водонагрівника, може входити також повітряний фільтр.

Повітряні завіси встановлюються зазвичай над входом у приміщення з внутрішнього боку безпосередньо над дверми. Для великих отворів необхідно встановлювати кілька завіс упритул один до одного, створюючи суцільну повітряну завісу. Коли розміщення завіс над дверним отвором неможливе, застосовують вертикальну установку збоку від воріт.

Основні параметри, що характеризують конкретні моделі теплових завіс: потужність обігріву (від одиниць до десятків кВт); продуктивність за повітрям (від сотень до тисяч м³/год) довжина завіси (зазвичай від 0,6 м до 2,5 м); тип використовуваного підігрівника (з електрокалорифером, із водяним калорифером).

Повітряні і повітряно-теплові завіси можуть ефективно використовуватися:

- у постійно відкритих отворах, у зовнішніх стінах приміщення, а також у воріт і прийомів у зовнішніх стінах, що не мають тамбурів, із розрахунковою температурою зовнішнього повітря – 15 °С та нижче;

- у зовнішніх дверях, вестибюлів і адміністративно-побутових будинків – залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря і кількості осіб, які проходять через двері;

- у зовнішніх дверях будинків, якщо до вестибюля примикають приміщення без тамбура, обладнані системами кондиціонування;

- у зовнішніх дверях приміщень із підвищеною вологістю;

- у прорізах, у внутрішніх стінах і перегородках, виробничих приміщеннях і для запобігання проходженню повітря з одного приміщення в інше;

- у воротах, дверях і прорізах приміщень із кондиціонуванням.

Повітропроводи

У системах вентиляції і кондиціонування повітря використовується велика кількість повітропроводів і фасонних частин із різних матеріалів.

За формою повітропроводи і фасонні частини можуть застосовувати як круглого, так і прямокутного перерізу. Залежно від матеріалів, з яких вони

виготовляються, повітропроводи поділяються на металеві, металопластикові і неметалеві.

За конструкцією повітропроводи поділяють на прямошовні і спіральні, а за способом з'єднання – на фланцеві, безфланцеві і зварні. Крім перелічених модифікацій, повітропроводи також можуть бути гнучкими, напівгнучкими, теплоізованими, а також звукопоглинальними.

Повітропроводи будь-яких систем для багатоповерхових житлових суспільних і адміністративно побутових будинків проектується з горизонтальними колекторами, що поєднують поверхові повітропроводи. Не більше ніж 5 поверхів.

6.1.4 Роль вікна в системах вентиляції приміщень

Переважає більшість житлових будинків не лише проектується таким чином. Повітря повинне проникнути через вікно, перемішатися з внутрішнім бруднішим повітрям житлових приміщень (спальні й вітальні), через міжкімнатні двері потрапити в коридор і через витяжні ґрати на кухні, у ванній кімнаті й туалеті покинути приміщення.

Завжди вважалося, що в дерев'яному вікні старої конструкції достатньо щілин у стулках. У ГОСТах і СНіПах завжди обговорювали лише параметри витяжки, а щілин завжди було більше, ніж потрібно. Повітря достатньо легко проникало всередину приміщення і навіть було необхідно обмежувати цей приплив, заклеюючи щілини на зиму папером. Основним недоліком старих вікон завжди вважалися щілини і несучільності, через які дуло холодне повітря, спричинюючи протяги.

Сучасні вікна з ПВХ, дерева й алюмінію мають високу герметичність і в закритому положенні пропускають

дуже мало повітря. Але якщо немає припливу зовнішнього повітря з вулиці в приміщення, то і не виділяється брудне повітря. Витяжка не працює без припливу, приплив не працює без витяжки. У результаті в квартирі із закритими вікнами накопичується водяна пара (сім'я з 3–4 осіб виділяє за 1 добу 10–15 літрів води), з'являється духота, збільшується концентрація вуглекислого газу і радіоактивного газу радону, підвищена вологість повітря в холодну пору року призводить до появи конденсату на склопакетах, може з'явитися цвіль на укосах і стінах. Люди, які купили нові вікна, відчують, що в квартирі стало тихіше, тепліше, зникли протяги, але з'явилися проблеми, яких не було раніше. Особливо проблеми конденсату на вікнах загострюються під час ремонту приміщень у зимовий час. Усе це призводить до незадоволеності замовників, які вважають, що в усьому винна віконна фірма, що зробила погані вікна і що погано їх змонтувала. Іноді справа доходить до суду, віконні фірми несуть збитки.

Потрібно докладніше зупинитися на проблемі конденсату і цвилі. Якщо в старих будинках причиною підвищеної вологості повітря і відволоження стіни зазвичай є протікання водопроводу і дефекти покрівлі, то в сучасних будівлях із герметичними вікнами порушений повітрообмін. З'являється конденсат на найхолодніших поверхнях, під час контакту з якими їх охолоджувати внутрішнє повітря досягає 100%-ї відносної вологості («точка роси»). Таким чином, конденсат показує найхолодніші місця конструкції. Такими місцями є елементи віконного отвору, який дуже неоднорідний за теплофізичними характеристиками. У середній смузі України зазвичай використовуються склопакети з опором теплопередачі $0,5\text{--}0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$. Але периметральна зона склопакетів із найбільш поширеною алюмінієвою дистанційною рамкою має опір теплопередачі лише близько

0,2 м² · град/Вт через «місток холоду» за алюмінієм. Саме тому запітніння склопакетів починається з нижніх кутів, продовжується по краях і може захопити всю площу. У будинках з однорідними цегляними стінами другою зоною ризику є примикання штукатурного укосу до віконної коробки. Тут причина криється у виході тепла по цеглині в обхід вузької коробки, що приводить до місцевого опору теплопередачі теж на рівні 0,2 м² · град/Вт. Періодично в будівельній літературі з'являються спроби звести появу цвілі на укосах до намокання монтажної піни в стику вікно – стіна за відсутності її захисту паронепроникними матеріалами зсередини і паропроникними, але гідроізоляційними зовні. Проте недавно в журналі «Світлопрозорі конструкції» (Росія) були опубліковані дані з накопичення вологи в нічим не захищеному запіненому стику впродовж достатнього тривалого часу. Виявилося, що максимальне це зволоження становить приблизно 10 % за масою або 0,3 % за об'ємом. Зрозуміло, що таке мале вологе накопичення не призводить до істотної зміни теплофізичних характеристик піни, тобто запінений стик навіть за найпримітивнішого монтажу не є «містком холоду» і виникнення цвілі на укосах має зовсім іншу причину. Для збільшення температури поверхні віконного отвору і зниження ризику появи конденсату (цвіль) необхідно використовувати тепліші дистанційні рамки в склопакетах, віконні профілі з великим заглибленням склопакетів і утеплення укосів у будинках з однорідними стінами.

Під час купівлі вікон менеджери зазвичай пояснюють клієнтові можливості похило-поворотної фурнітури з режимом «щільного провітрювання». Але на стадії замовлення вікон клієнт зазвичай не замислюється про вентиляцію. Клієнт орієнтується на рекламу, яка формує в нього завищений рівень очікувань від майбутньої

покупки. Звичайні «приманки» реклами: «німецька якість», «40 років гарантії», «без шуму і пилу», «не дме, не дме, не дме...». Реклама формує в свідомості клієнта уявлення про хороше вікно, як про герметичне вікно. Так, за багатьма параметрами герметичне вікно краще за старе дерев'яне вікно. Але в одному воно йому програє. Із старого вікна постійно в квартиру подавалося свіже повітря. Уже після того, як нові вікна куплені і встановлені, раптом з'ясовується, що для нормального мешкання необхідно або кожен годину відкривати стулки на декілька хвилин (так часто радять фірми-виробники ПВХ профілів) або тримати постійно стулку в режимі «щілинного провітрювання», тобто повернутися знову до щілин у вікні, лише тепер дуже дорогих щілин. Що таке «щілинне провітрювання» з погляду комфорту? Це різкий спад звукоізолювальних характеристик вікна, приблизно з 30–32 дБ до 17–18 дБ. Це повернення до протягів, від яких клієнт хотів позбутися. Це незручність щодо безпеки житла. Люди бояться залишати трохи відчиненими стулки вікон, залишаючи квартиру (особливо на нижніх поверхах), і щільно закривають вікна. У наслідок цього за час їх відсутності в приміщеннях скупчується брудне повітря, і після повернення мешканці якийсь час відчувають дискомфорт, відразу повітря свіжим не стане. Особливо цей недолік герметичних вікон виявляється на галасливих магістралях, у квартирах із маленькими дітьми і квітами на підвіконнях. Через усі ці проблеми в клієнтів створюється помилкове уявлення про споживчі якості сучасних вікон, з'являються «легенди» про те, що вікна з ПВХ потіють, тому що на відміну від дерев'яних «не дихають», що вони взагалі не пристосовані до нашого клімату і т. ін.

Зрозуміло, що всі ці проблеми існують не лише на нашому ринку, а й скрізь у світі, де використовуються герметичні вікна. Вихід полягає в «розгерметизації» вікон.

Для вирішення проблем духоти, конденсату і т. ін. необхідно забезпечити проникнення зовнішнього повітря через вікно. Як це можна зробити? Найпростіше, зрозуміле й дешеве рішення – це яким-небудь чином привідкривати стулку вікна. Але це не ідеальне рішення і воно має свої недоліки: погіршення звукоізоляції вікна, повернення до протягів, зниження безпеки скління. Свої рішення запропонували фірми-виробники системних профілів. Багато хто з них розробив різні системи «мікропровітрювання» і «самовентилювання» (наприклад, «Рігель-ейр»). Це недорогі (що подобається покупцям) пристрої прямо всередині профілю, що використовують для проходження повітря перфоровані ущільнювачі, внутрішні камери профілю, різні фрезеровані отвори. Проблему вентиляції вони не вирішують. Чому? Усі вони мають дуже маленьку пропускну здатність: на рівні декількох кубометрів повітря за 1 годину за перепаду тиску 10 Па. За такого перепаду закрите вікно пропускає більше повітря. У той самий час для нормального самопочуття людині потрібно на годину близько 30–40 кубометрів повітря. Забезпечити таку кількість повітря можна, лише встановивши у вікні 7–8 таких маленьких пристроїв, що навряд чи хто-небудь робитиме. Якщо вже йти на додаткові витрати і технологічні зусилля, у вікні необхідно вмонтовувати відразу такий вентиляційний пристрій, який дозволить забезпечити необхідні параметри мікроклімату, створити комфортні умови для мешканців, задовольнити вимоги санітарних і будівельних норм.

6.1.5 Енергетична ефективність вентиляційних систем

Вентилятори споживають близько 10 % від усієї енергії, продукованої в Україні.

Обстеження Криворізького басейну показало, що більшість вентиляторних установок шахт мають к. к. д. значно нижчий від норми (0,6, а в деяких випадках – 0,3–0,4). Лише 22 % вентиляторів працюють у зоні економічного використання. Фактично питома витрата потужності в 1,5–2 рази перевищує припустиму величину, а загальна вартість перевитрати електроенергії приводами головних вентиляторів становить четверту частину витрат електроенергії всіма установками за 1 рік.

Це пояснюється тим, що більшість вентиляторів експлуатується поза зоною економічної роботи, тобто режим роботи вентиляторів не відповідає параметрам вентиляційних мереж (невідповідність фактичних значень еквівалентних отворів вентиляційних напрямків шахт їх проєктним значенням; наявність великих підсмоктувань повітря з поверхні через зону обвалювання і надшахтні споруди; обладнання вентиляторів нерегульованим приводом тощо).

Причиною низьких енергетичних показників вентиляторів є:

- змінний аеродинамічний опір мережі в процесі розроблення шахтного поля. Вентилятор вибирають на максимальні значення подачі й тиску, що досягаються лише через кілька років роботи. Тому вентилятор тривалий час працює в режимах, відмінних від розрахункового;

- відмінність реальних величин параметрів вентиляції (кількість метану, довжина і переріз виробок, витоки повітря тощо) від розрахункових призводить до того, що фактичний режим роботи вентилятора значно відрізняється від розрахункового;

- зміна величини природної тяги від пори року, а іноді й упродовж доби залежно від температури повітря на поверхні;

– зміна метановиділення, що залежить від атмосферних, гірничо-геологічних факторів і призводить до простоїв у разі підвищення припустимої концентрації чи до перевитрати електроенергії.

Експериментально встановлено, що коливання опору мережі між лютим і вереснем на деяких шахтах становить 20 мм вод. ст. за зміни витрати повітря понад 12 %. Особливо великі коливання природної тяги в районах із різко континентальним кліматом, де природна тяга має змінний напрямок у різний час року, а іноді й доби.

Шляхи економії електроенергії у вентиляторних установках:

- узгодження режиму роботи вентилятора з характеристикою вентиляційної мережі;
- підвищення к. к. д. вентиляційної мережі;
- підвищення експлуатаційного к. к. д. вентиляторних установок;
- регулювання продуктивності вентиляторних установок.

Робоча точка вентилятора визначається як точка перетину напірної характеристики вентилятора з характеристикою вентиляційної мережі. Вона повинна лежати на стійкій частині характеристики вентилятора і бути по можливості ближче до точки, що відповідає максимальному к. к. д. вентилятора. Якщо має місце неефективна робота вентилятора, то робочу точку можна перемістити в зону економічної роботи як за допомогою зміни робочих параметрів вентилятора, так і зміною характеристики вентиляційної мережі. Визначати робочу точку вентилятора при уточненні характеристики вентиляційної мережі необхідно не рідше ніж один раз на півріччя.

Підвищення к. к. д. вентиляційної мережі забезпечується за рахунок зниження підсмоктувань

(витоків) повітря через надшахтні споруди і канали вентилятора та зниженням опору вентиляційної мережі.

Для визначення стану змінюваної шахтної вентиляційної мережі необхідно періодично робити депресивні зйомки вентиляційних мереж, що дає загальну картину розподілу загальношахтної депресії, на якій можна виділити ділянки різкого збільшення аеродинамічних опорів.

Потужність, споживана електродвигуном вентиляторної установки, визначається формулою

$$P = \frac{H \cdot Q \cdot 10^{-3}}{\eta_B \cdot \eta_{ДВ}},$$

де Q – подача, м³/с;

H – опір мережі, м;

η_B – к. к. д. вентилятора;

$\eta_{ДВ}$ – к. к. д. електричного двигуна.

Підвищення експлуатаційного к. к. д. вентиляторних установок досягається:

- вимкненням осьового вентилятора з переверненим колесом;
- забезпеченням нормативних зазорів робочого колеса;
- наявністю обтічника перед входом робочого колеса осьового вентилятора;
- забезпеченням нормативних параметрів дифузора на виході осьового вентилятора;
- точною установкою лопаток напрямного апарата;
- експлуатаційними змінами параметрів робочих коліс слабозавантажених двоступеневих осьових вентиляторів;
- підвищенням активного завантаження двигуна вентилятора.

6.1.6 Регулювання вентиляційних систем

Вентиляційні установки головного провітрювання є одним із найбільш відповідальних і найбільш енергоємних агрегатів шахти. Режими роботи вентилятора змінюються і залежать від багатьох факторів. Параметри витрати і депресії змінюються на достатню величину, тому необхідно забезпечити можливо більшу зону економічних режимів.

Під час вибору раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електропривода необхідно враховувати таке:

- сезонні коливання тиску і температури доквілля вимагають регулювання продуктивності в межах 10–15 %;
- за період експлуатації шахти продуктивність може зрости в 1,5–2 рази;
- зміна добового ритму гірничих робіт (підривні роботи наприкінці змін) вимагає підвищення продуктивності на 15–20 %;
- у святкові й ремонтні дні продуктивність може становити 30–50 % від робочої.

Аеродинамічне регулювання здійснюється такими методами: дроселюванням, поворотом лопаток напрямного апарата, поворотом лопаток робочого колеса (для осьових вентиляторів) чи поворотом закрилок (для відцентрових вентиляторів).

Перший метод не застосовують через низьку економічність. Найбільш поширене регулювання напрямним апаратом. Але за такого методу глибина економічного регулювання мала. Також виникають пульсації потоку і надмірні вібрації. Найбільш ефективним є застосування цього методу за підтримки постійної продуктивності, оскільки крива економічної роботи більш полого (похила).

Більш економічним методом є третій метод, але через складність і ненадійність конструкції застосовується мало.

Найбільш перспективним є регулювання зміною швидкості обертання робочого колеса. Закони пропорційності чи закони експлуатації турбомашин формулюються: зі зміною частоти обертання робочого колеса турбомашини за постійної характеристики зовнішньої мережі подача змінюється пропорційно першому ступеню, напір – пропорційно квадрату, а споживана потужність – пропорційно кубу частоти обертання:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{n_1}{n},$$

$$H_1 = H \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2,$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3,$$

звідки

$$H_1 = H \cdot \left(\frac{Q_1}{Q}\right)^2,$$

$$P_1 = P \cdot \left(\frac{Q_1}{Q}\right)^3.$$

Останні два рівняння є відповідно рівняннями квадратичної і кубічної парабол, які є геометричним місцем точок, координати яких визначають подібні режими турбомашини за зміни її частоти обертання.

На рисунку 6.1 зображені графіки потужності під час регулювання відцентрового вентилятора напрямним апаратом і зміною швидкості.

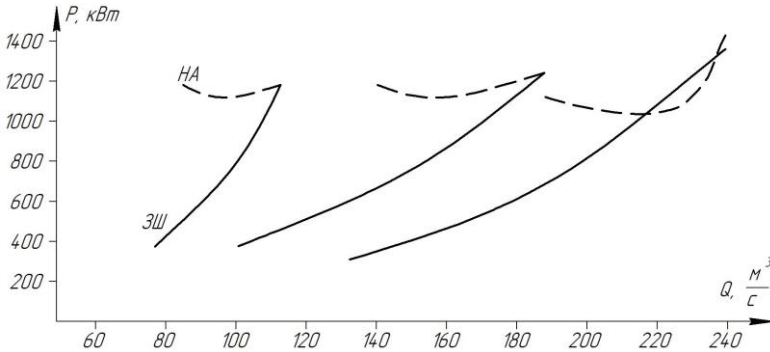


Рисунок 6.1 – Зміна потужності відцентрового вентилятора ВЦД-32 під час регулювання напрямним апаратом (НА) і зміною швидкості (ЗШ)

Аналіз характеристик свідчить, що за невеликої глибини регулювання в області малих і середніх витрат економічність обох методів однакова. Але зі збільшенням глибини зміни витрати ефективність регулювання різко зростає.

Області економічної роботи відцентрових і осьових вентиляторів залежно від способу регулювання зображені на рисунку 6.2 (1 – ВЦД-3,5 і 2 – ВЦД-32 – регулювання напрямним апаратом; 3 – ВОД-30 – регулювання напрямним апаратом і поворотом лопаток колеса; 4 – ВЦД-32 – регулювання швидкості обертання за допомогою регульованого електропривода).

З рисунка 6.2 бачимо, що найбільша зона економічної роботи у відцентрового вентилятора з регулюванням швидкості роботи. Розширення зони економічної роботи дозволяє з більшою ймовірністю забезпечити економічність проєктованої чи підвищити к. к. д. діючої установки.

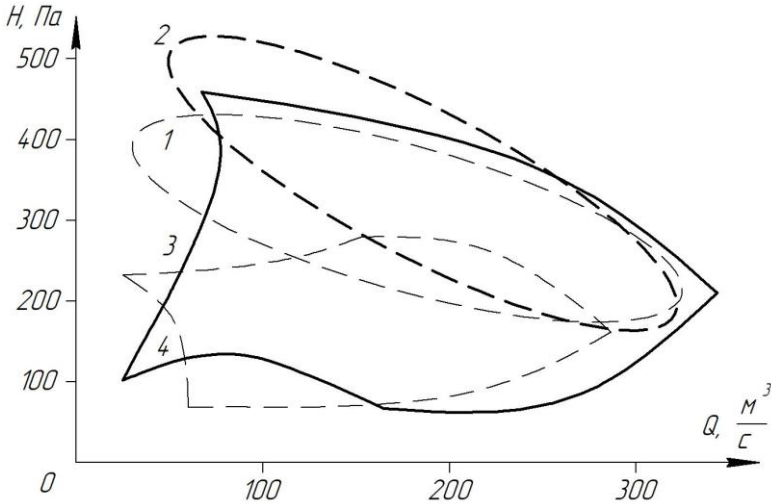


Рисунок 6.2 – Области економічної роботи відцентрових і осьових вентиляторів

На рисунку 6.3 зображені криві, що характеризують економічність регулювання вентиляторних установок різними способами.

Аналіз кривих свідчить, що найбільш економічним способом регулювання подачі вентиляторів головного провітрювання є регулювання за допомогою зміни швидкості обертання, найменш економічним – дросельне регулювання. Розрахунки показують, що регульований привод дозволяє значно скоротити витрату споживаної електроенергії (до 40 %). Більше ніж половина цього заощаджується за рахунок скорочення споживання в неробочі дні, коли подача вентилятора може бути зменшена до 50 % від граничного значення.

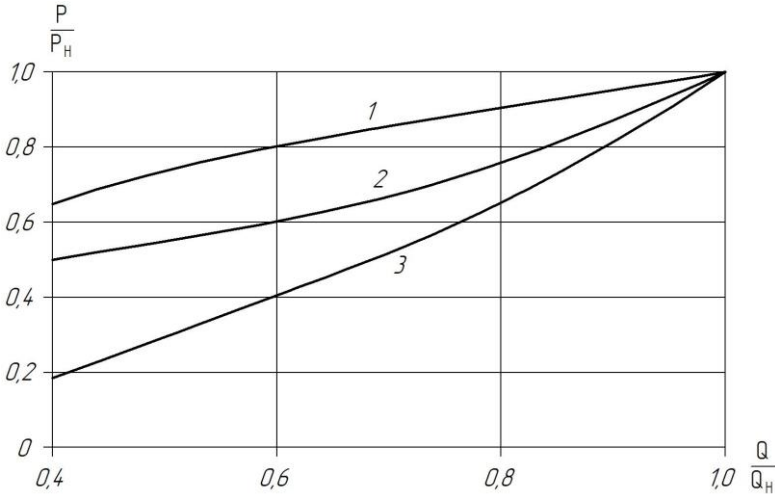


Рисунок 6.3 – Регулювання вентиляторних установок різними способами:

1 – дросельне регулювання; 2 – регулювання напрямним апаратом; 3 – регулювання муфтами ковзання

До переваг способу регулювання частоти обертання належить:

- висока економічність роботи;
- постійний к. к. д. вентилятора під час регулювання з постійним отвором;
- простота конструкції вентилятора за рахунок вимкнення напрямного і поворотного пристроїв;
- збільшення межі (зони) економічної роботи і зниження енергоспоживання.

Регулювання швидкості обертання виконується під час обертання двигуна і дозволяє здійснити перехід вентилятора на необхідний режим роботи. Регульований електропривод найзручніше поєднувати зі схемами автоматизації й автоматичного регулювання

провітрювання. Існує практична можливість тривалої роботи вентиляційних установок зі зниженою порівняно з розрахунковою продуктивністю.

Застосування регульованого електропривода додатково дає:

- зняття обмежень за газовим фактором на ведення технологічного процесу видобування і можливість підвищення продуктивності шахти за того самого устаткування і витрат;

- істотне збільшення зони економічної роботи вентилятора, зменшення числа типорозмірів вентиляторів, підвищення серійності і зниження вартості вентиляторів;

- збільшення терміну служби вентилятора за рахунок роботи в полегшених режимах за зниженої швидкості обертання;

- зниження витрат на виробництво, передавання і розподіл електроенергії, що обумовлено скороченням її споживання майже вдвічі.

Додатково нова технологія енергозбереження у вентиляційних установках із великою сумарною потужністю дозволяє регулювати потужність у години максимуму навантаження і тим самим скоротити витрати на електроенергію за двоставковим тарифом.

Електропривод і система регулювання вентиляторів головного провітрювання вугільних шахт повинні забезпечувати:

- глибину регулювання за подачею 1:2, за тиском 1:3 за плавного характеру зміни параметрів;

- якомога більшу зону економічної роботи вентилятора;

- високі енергетичні показники – к. к. д. і коефіцієнт потужності;

- стійку швидкість у разі зниження чи стрибка навантаження і коливань напруги мережі живлення;

– можливість оперативного регулювання режиму роботи вентилятора.

Наведений порівняльний аналіз показує безумовну доцільність устаткування потужних шахтних вентиляторів регульованим електроприводом.

6.2 Енергозбереження в системах кондиціонування

6.2.1 Історія розвитку систем кондиціонування

Перший пристрій, який офіційно прийнято вважати кондиціонером, з'явився рівно 100 років тому, коли Уїлліс Каррієр сконструював холодильну машину для друкарні Брукліна в Нью-Йорку. З того часу конструкторська думка ні одного дня не стояла на місці, а в останніх 10 років прогрес у цій галузі просто вражає.

Ще десять років тому системи кондиціонування провідних виробників на 1 кВт електроенергії видавали 2,5 кВт холоду, то сьогодні для устаткування розрахованого на 220 В рекордом є значення 3,74 кВт. За той самий час рівень шуму знизився в 2–3 рази, а функціональні можливості виросли на порядок.

Якщо розглядати, як удосконалюється сучасна кліматична техніка, то можна виявити, що вона розвивається за трьома основними напрямками: холодильна частина, механічні вузли та електронна начинка. Отже, почнемо поетапно.

Звідки прохолода?

Основою будь-якого кондиціонера є холодильний контур. Він має два теплообмінники, серце кондиціонера – компресор, і сполучні комунікації. Цим замкненим колом циркулює холодоагент, який і дозволяє отримувати цілющу прохолоду, керуючись відомими законами фізики: під час випаровування рідина поглинає тепло, а під час конденсації,

навпаки, – виділяє. Будучи головним «посередником» між теплом і холодом, холодоагент був і залишається вічною темою пошуку.

Так, перший із визнаних істориками техніки кімнатних кондиціонерів, випущений у 1929 році компанією General Electric, працював на аміаку. Щоб уникнути витoku в приміщення цієї небезпечної для здоров'я людини речовини, конструктори визнали за благо винести компресор і конденсатор поза приміщення. Так з'явився прототип тих, що існують на сьогодні систем кондиціонування.

Правда, після того, як через два роки (у 1931 році) був винайдений нешкідливий для людського організму холодоагент фреон, усі вузли кондиціонера поспішили знову зібрати в одному блоці. Так, появу фреону відсунуло широке впровадження сплітсистем більше ніж на 30 років і привело до створення віконних кондиціонерів.

Згодом було синтезовано більше ніж два десятки різних фреонів, правда, до створення нових типів устаткування це не привело.

Річ у тому, що бурхлива еволюція холодоагентів за останні 15 років пов'язана переважно з проблемами екології. Адже саме використовувані в кондиціонерах і холодильниках фреони були названі головними винуватцями сумно відомих озонових дірок. Так це насправді чи ні, але у 1987 році був прийнятий протокол Монреалю, що обмежує використання озоноруйнівних речовин. Зокрема, згідно з цим документом виробники будуть змушені відмовитися від використання фреону R-22, на якому сьогодні працює 90 % всіх кондиціонерів. У більшості європейських країн продаж кондиціонерів на цьому фреоні буде припинений уже в 2002–2004 роках. І багато нових моделей уже поставляють до Європи лише на

«озонобезпечних холодоагентах» – R134a, R-407C і R-410A.

Остаточна заборона на використання кондиціонерів на сьогодні щодо використовуваного R-22 набрала чинності у 2014 році.

Великі зміни за останні роки відбулися і в конструкції теплообмінників внутрішніх блоків. Ще п'ять років тому їх виконували плоскими, а зараз вони мають складну просторову конфігурацію. Якщо подивитися на кондиціонер в розрізі, то сучасний теплообмінник ніби обіймає вентилятор, завдяки чому поліпшується його обдування і досягається висока ефективність

Але варта справа заходу – вже сьогодні кондиціонери, розраховані на наші електричні мережі, можуть давати на 1 кВт споживаної потужності до 3,74 кВт холоду і до 4 кВт тепла. А моделі, що працюють від 110 В (стандарт прийнятий в Японії), дають у півтора раза більше!

Не менш важливі й механічні системи кондиціонера. До них можна віднести все, що рухається. Це вентилятори, які продувають повітря через теплообмінники, і спеціальні заслінки, що керують розподілом охолодженого або нагрітого повітряного потоку всередині приміщення.

Не зважаючи на те, що вентилятор внутрішнього блока є одним із найбільш важливих вузлів будь-якої системи кондиціонування, він був і залишається постійним джерелом шуму.

Щоб нівелювати цей недолік, провідні фірми-виробники запропонували немало оригінальних рішень.

Так, для уникнення резонансних частот конструктори розмістили лопатки вентилятора під різними кутами до осі обертання.

А нова просторова конструкція теплообмінників, дозволила збільшити його діаметр. Тепер вентилятор здатний пропускати більший об'єм повітря за меншої

кількості оборотів, а це – значне зниження шуму. Зі зменшенням швидкості обертання зменшується і зношення підшипників, завдяки цьому кондиціонер довгий час зберігає свої акустичні характеристики.

Крім того, створюваний вентилятором повітряний потік необхідно правильно розподілити в приміщенні, інакше в кімнаті буде епіцентр холоду і «мертві зони», куди охолоджене повітря взагалі не надходитиме. За рівномірний розподіл охолодженого або нагрітого повітря в приміщенні відповідає розміщена на шляху повітряного потоку система повітряних заслінок – вертикальні й горизонтальні жалюзі.

Форма потоку залежить від їх геометрії і положення. Зазвичай вертикальні жалюзі розміщені безпосередньо перед вентилятором, і їх можна вручну відхилити від первинного положення. Положення горизонтальних заслінок теж можна змінювати. В усіх сучасних системах кондиціонування це робиться з пульта дистанційного керування ДК. Крім того, горизонтальні заслінки можуть здійснювати коливальні рухи, відхиляючи повітряний потік вгору-вниз.

Але вже сьогодні існують моделі, в яких автоматичні коливання здійснюють не лише горизонтальні, а й вертикальні жалюзі. У результаті повітряний потік описує просторову вісімку, практично не залишаючи місць, куди б не попадало кондиціоноване повітря.

Крім того, рівномірність розподілу повітря можна поліпшити, розбивши потік на декілька складових. На цей час відразу декілька компаній пропонує настінні багатопотокові моделі кондиціонерів, в яких охолоджене повітря подається вздовж стіни відразу в декількох напрямках.

Електронна начинка робить кондиціонери все більш і більш «ручними», автоматизує та спрощує управління системою і забезпечує точну підтримку заданих режимів.

Завдяки електронному «мозку» сучасний кондиціонер автоматично підтримує задану температуру з точністю до одного градуса Цельсія. Він сам уміє вибрати режим роботи – охолодження або нагрівання, для цього порівнює задану температуру з температурою в приміщенні та ухвалює єдино правильне рішення. Якщо ж система вміє лише охолоджувати, то автоматика вибирає між охолодженням і осушуванням повітря. Крім того, мікропроцесор сам визначає оптимальну швидкість вентилятора внутрішнього блока залежно від умов роботи.

Але і це ще не все. У 1981 році з'явилися кондиціонери інверторного типу.

На відміну від звичайних моделей, які працюють короткими ввімкненнями на повну потужність, вони вміють зберігати і перерозподіляти свої сили. Досягши заданої температури інвертора, не відключаються, а самостійно зменшують обороти компресора, видаючи рівно стільки тепла або холод, скільки потрібно на цей час.

Інверторні моделі швидше виходять на заданий режим, а завдяки гнучкому зворотному зв'язку – точніше підтримують температуру. На відміну від звичайних кондиціонерів інверторні моделі економічніші і служать значно довше. Поступово кондиціонери «розумніють» як персональні комп'ютери. Уже сьогодні в багатьох моделях передбачена автоматична функція «Auto Restart». За короткочасного вимкнення електроенергії мікропроцесор запам'ятовує всі параметри і налаштування режиму роботи і зберігає їх у пам'яті впродовж 48 годин. За відновлення електроживлення кондиціонер включається автоматично і працює в колишньому режимі.

Подібно до телевізорів побутові кондиціонери теж мають дистанційне керування. Воно значно спрощує процеси налаштування й керування системою, а також економить багато часу. Але пультом ДК зараз уже нікого не

здивуєш. А ось кондиціонери, забезпечені «розумним оком» дадуть фору будь-якій відеотехніці. «Розумне око» – це оптичний сенсор руху. Така система реагує на присутність людини (або хоч би кішки) в приміщенні. Якщо впродовж 20 хвилин перед «пильним оком» кондиціонера не буде ніяких проявів життя, він автоматично перейде в економічний режим роботи. Приблизно так «скрінсейвер» учиняє з покинутим монітором комп'ютера.

Необхідно сказати, що економічний режим у більшості моделей називають «Sleep mode», передбачений практично в усіх сучасних кондиціонерах і зазвичай використовується для підтримки оптимальних умови для сну. Упродовж заданого таймером терміну кондиціонер працює на малій швидкості вентилятора і підтримує вибрану температуру.

Є і ще одна поширена «примочка» – система самодіагностики. За будь-якого збою в роботі кондиціонера вона видає на пульт ДК код помилки, завдяки якому працівники сервісної служби відразу ж визначають місце і причину поломки. Взагалі електронна начинка кондиціонера розвивається дуже швидко, і вже сьогодні багато моделей мають надмірну кількість найрізноманітніших функцій. Щоб якось полегшити життя користувачеві, їх усе частіше починають робити автоматичними.

Щоб прогнозувати, як розвиватиметься індустрія клімату, можна обернути свій погляд у бік Японії. Саме вона є визнаним законодавцем мод у кондиціонуванні.

Сьогодні японці посилено працюють над підвищенням економічності кондиціонера. Перспективні розробки провідних компаній (Daikin, Hitachi, Fujitsu General, Mitsubishi Electric, Mitsubishi Heavy, Panasonic, Sanyo, Toshiba) уже сьогодні видають до 4,5 кВт холоду на 1 кВт електроенергії. З'являються досконаліші системи

очищення повітря, наприклад, регеновані вугільні фільтри, упроваджують нові матеріали і технології. Але якщо в механіці навряд чи хто чекає серйозних переворотів, то електроніка – це бездонна криниця можливостей. Хтозна, можливо, через декілька років кондиціонери відгукуватимуться на голос свого господаря, або навчатися планувати роботу відповідно до розміщеного в Інтернеті прогнозу погоди. У будь-якому разі моделі, якими можна керувати на відстані за допомогою мобільного телефону, вже надходять в продаж. А деякі кондиціонери мають інтерфейс, що дозволяє внести їх до системи керування «інтелектуальною будівлею». Проте варто пам'ятати, що дійсність часто випереджає навіть найсміливіші припущення.

6.2.2 Концепція кондиціонування житлових комплексів

Кондиціонування повітря – це створення і автоматична підтримка (регулювання) в закритих приміщеннях усіх або окремих параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря) на певному рівні з метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей або ведення технологічного процесу.

Кожний із мешканців житлового будинку, міста тощо має свої уявлення про системи, що забезпечують комфортні кліматичні умови в їх квартирах. Іноді діаметрально протилежні побажання можуть бути до регулювання кліматичних параметрів. Можливо, хтось із мешканців будинку віддає перевагу індивідуальній підтримці комфортних умов у кожній кімнаті, а комусь, навпаки, цілком достатньо загального кондиціонування з одним пультом керування для всієї квартири. Не

виключено, що деякі з мешканців взагалі не захочуть мати системи кондиціонування.

Вимоги до кліматичних систем химерно переплітаються з уявленнями кожного власника квартири про їх вартість. Суто індивідуальні і, деколи, важко здійснювані побажання мешканців під час реалізації таких систем зіштовхуються з низкою об'єктивних обмежень, таких, наприклад, як неможливістю розміщення зовнішніх пристроїв на фасадах будівлі і допустимою межею електричної потужності.

Якщо мешканець квартири все-таки виявився щасливим володарем центральної системи кондиціонування, то, швидше за все, він відстоюватиме своє право оплачувати рахунки за електроенергію, споживану цією системою відповідно до витрачених на його квартиру потужностей, а не оплачувати фіксовану щомісячну суму незалежно від того, чи користувався він кондиціонером чи ні.

Малоймовірно, щоб мешканці багатьох будинків вважали за краще б обслуговувати кондиціонери своїми силами, а не під'єдналися б до централізованої системи, яка здійснювала моніторинг, дистанційне виявлення несправностей і багато чого іншого, що може дати центральна система диспетчеризації.

Крім мешканців, ще однією ланкою, зацікавленою в системі кондиціонування, є забудовник, який ухвалює рішення про концепцію інженерних мереж будівлі. Для забудовника, можливо, найвигідніше було б не мати капітальних витрат на пристрій центральної системи кондиціонування під час будівництва, а лише забезпечити можливість установки клімат-систем у будівлі за бажанням власників квартир.

На цей час вдалося адаптувати для українського ринку унікальну концепцію «DAIKIN» із кондиціонування

житлових комплексів (кондомініумів) за допомогою оригінальної розробки – центральної інтелектуальної системи HI-VRV.

Згідно з цією концепцією, забудовник і продавець житла звільняються від усіх відносин та проблем із власниками квартир із приводу реалізації системи кондиціонування повітря. Конструктивні особливості інтелектуальної системи «DAIKIN» HI-VRV такі, що капітальних витрат на етапі будівельних робіт і фінансових вкладень на первинному етапі реалізації майже не вимагається.

Майбутній власник квартири не зіштовхується з проблемою оплати вже проведеного без його відома «рукава» центральної системи кондиціонування і фанкойла. До квартири підводять необхідні комунікації (мідні трубки, кабелі), до яких власник може під'єднувати (або не під'єднувати без збитку для сусідів) свій внутрішній блок або блоки системи VRV. Ці питання він вирішує вже з постачальником і установником устаткування.

Кожний власник квартири сам визначає вибір комфортних індивідуальних умов у приміщеннях і купує устаткування за своїм смаком. Вартість системи кондиціонування «під ключ», залежно від вибору власника, може коливатися в межах від 70 доларів до 250 доларів за 1 м². Реалізація модуля системи кондиціонування для довільної квартири можлива на будь-якому етапі готовності будівлі і займає два тижні.

Що стосується економічності системи VRV, то вартість її експлуатації вдвічі-тричі менше від енерговитрат звичайної побутової системи кондиціонування. Якщо порівнювати її з колишнім «чемпіоном економічності» – центральною чиллерною установкою, то VRV через 5 років експлуатації стає дешевшим на 13 % від загальної вартості,

що включає інсталяцію, обслуговування та енергоспоживання.

Центральна система кондиціонування HI-VRV підтримує актуальні на сьогодні стандарти «інтелектуальної будівлі». Згідно з цими принципами, всі елементи інженерного устаткування квартир та інших приміщень об'єднуються в єдину центральну систему диспетчеризації, діагностики й керування. Разом із рештою систем, таких як освітлення, ліфти, протипожежні установки, кондиціонери HI-VRV, за допомогою комп'ютерної системи під'єднані до центрального пульта керування будівлею «Конвертація» в загальну систему керування здійснюється за допомогою протоколу «BACnet».

Завдяки центральному керуванню системою кондиціонування власник квартири отримує безліч нових переваг:

- по-перше, турбота про обслуговування кондиціонера і контроль за його роботою автоматично переходять до компетенції спеціальної сервісної служби, яка, здійснюючи дистанційний моніторинг системи, сама знає, коли їй потрібно змінити фільтр або усунути причину відхилень у роботі;

- по-друге, завдання програмування кліматичних параметрів мешканці квартир також можуть «перекласти на плечі» диспетчера, просто повідомивши йому свою улюблену температуру – і забути про керування кондиціонером хоча б на 1 місяць, хоча б на 1 рік;

- і, по-третє, індивідуальний підрахунок енерговитрат дає можливість чітко відстежувати і регулювати споживання кондиціонером електрики залежно від необхідності. Виїжджаючи у відпустку, власник квартири завжди може від'єднати свій кондиціонер, приїхавши – знов під'єднати до центральної системи VRV,

відчувши переваги незвичної для класичних чиллерних систем оперативності.

Компактність системи VRV часто є приємним сюрпризом для забудовника. Задумавшись про підземний гараж через необхідність кудись ставити чиллер, він раптом з'ясовує, що є вигідною альтернатива, яка дозволяє використовувати технічні площі за іншим призначенням. Усе машинне устаткування системи кондиціонування VRV може бути розміщене на плоскій покрівлі будівлі.

Уявляється, що запропонована увазі забудовника і мешканців центральна інтелектуальна система кондиціонування HI-VRV є найбільш оптимальним рішенням щодо створення індивідуальних комфортних умов для вимогливих власників.

6.2.3 Класифікація систем кондиціонування

Сучасні системи кондиціонування можуть бути класифіковані так:

- за основним призначенням (об'єктом застосування): комфортні й технологічні;
- за принципом розміщення кондиціонера в обслуговуваному приміщенні: центральні та місцеві;
- за наявності власного джерела тепла і холоду, що входить до конструкції кондиціонера: автономні й неавтономні;
- за принципом дії: прямотечійні рециркуляційні та комбіновані;
- за ступенем забезпечення метеорологічних умов в обслуговуваному приміщенні: першого, другого і третього класу;
- за кількістю обслуговуваних приміщень: однозональні, багатозональні;

– за тиском, що розвивається вентиляторами кондиціонерів: низького тиску (до 100 кг/м^2), середнього тиску (від 100 кг/м^2 до 300 кг/м^2) і високого тиску (вище ніж 300 кг/м^2).

Комфортні системи кондиціонування повітря (СКП) призначені для створення й автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам.

Технологічні СКП призначені для забезпечення параметрів повітря в максимальному ступені, що відповідає вимогам виробництва.

Центральні СКП розміщені поза обслуговуваними приміщеннями і кондиціонують одне велике приміщення, кілька зон такого приміщення чи багато окремих приміщень. Мають такі переваги: можливість ефективної підтримки заданої температури і відносної вологості повітря в приміщеннях; зосередження устаткування в одному місці; можливість забезпечення ефективного шумо- і віброгасіння.

Місцеві СКП розробляють на базі автономних і неавтономних кондиціонерів, що встановлюють безпосередньо в приміщеннях, перевагою місцевих СКП є простота монтажу.

Цю систему можна застосовувати в таких випадках:

– в існуючих житлових і адміністративних будинках для підтримки теплового мікроклімату в окремих офісних приміщеннях чи в житлових кімнатах;

– у нових споруджуваних будинках для окремих кімнат, режим споживання холоду в яких різко відрізняється;

– у нових споруджуваних будинках, якщо підтримка оптимальних теплових умов необхідна в невеликій кількості приміщень.

Автономні СКП забезпечуються ззовні лише електричною енергією. Автономні системи охолоджують і осушують повітря, для цього вентилятор продуває рециркуляційне повітря через поверхневі повітроохолоджувачі, якими є випарники холодильних машин. У перехідний і зимовий час вони можуть підігрівати повітря за допомогою електричних підігрівників або реверсуванням роботи холодильної машини за циклом «теплового насоса».

Неавтономні СКП поділяють на:

- повітряні, під час використання яких в обслуговувані приміщенні подають лише повітря;
- водоповітряні, під час використання яких у кондиціоноване приміщення підводять повітря і воду, що несуть тепло чи холод.

Однозональні центральні СКП застосовують для обслуговування великих приміщень зі відносно рівномірним розподілом тепла, вологовідведенням. Такі СКП зазвичай комплектуються пристроями для утилізації тепла (теплоутилізаторами) або змішувальними камерами для використання в приміщеннях рециркуляції повітря.

Багатозональні центральні СКП застосовують для обслуговування великих приміщень, у яких устаткування розміщене нерівномірно, а також для обслуговування ряду порівняно невеликих приміщень. Такі системи більш економічні, окремі системи для кожної зони чи кожного приміщення. Однак за їх допомогою не може бути досягнуто такого самого ступеня точності підтримки одного чи двох параметрів (вологості і температури), як автономними СКП.

Прямотечійні СКП цілком працюють на зовнішньому повітрі, оброблюваного в кондиціонері, а потім подається в приміщення.

Рециркуляційні СКП, навпаки, працюють без підмішування або з частковою подачею свіжого зовнішнього повітря чи на рециркуляційному повітрі, що забирається з приміщення і після його оброблення в кондиціонері знову подається в це саме приміщення.

СКП з кількісним регулюванням подають в одне чи кілька приміщень холодне і підігріте повітря двома паралельними каналами. Температура в кожному приміщенні регулюється кімнатним терморегулятором, що впливає на місцеві змішувачі (повітряні клапани), які змінюють співвідношення витрат холодного і підігрітого повітря в подаванні суміші.

6.2.4 Можливості енергозбереження в системах кондиціонування

З приводу цієї проблеми цікаво звернутися до досвіду Японії. З усіх відомих у природі енергоресурсів в Японії водять лише дрова, проте відключень електроенергії там практично не буває. І секрет японської ощадливості не лише у високих цінах на електрику, а й у всебічному заохоченні нових, енергоефективних технологій. Узяти хоча б таку сферу, як кондиціонування повітря. Перехід на інверторні технології дозволив Японії скоротити споживання електрики на 1 500 млн кВт · год за 1 рік!

Так що ж це таке – кондиціонери «інверторного» типу? Почнемо по порядку.

У звичайній системі кондиціонування двигун компресора має лише два режими: ввімкнений і вимкнений. Тому традиційний кондиціонер працює короткими імпульсами: навантажується на повну потужність, доводить температуру до оптимальної і «медитує», поки вона знову не зміниться в той чи інший бік. Трохи інакше діє інвертор, потужність якого може плавно регулюватися. Після того як

повітря набуло приємної прохолоди, такий кондиціонер не вимикається, а знижує обороти і підтримує температуру на заданому рівні. Така схема роботи дозволяє економити електрику – від 20 % до 30 % залежно від потужності і марки кондиціонера. Більше того, деякі сучасні моделі за певних режимів роботи дозволяють зберегти до 50 % енергії!

Водночас велику частину часу кондиціонер працює на малій швидкості вентилятора внутрішнього блока, а, отже, рівень шуму мінімальний. До того ж відсутні стрибки звукового тиску, що відбуваються через перемикання швидкостей вентилятора, особливо чутливі під час пуску. Відсутність частих увімкнень на повну потужність зменшує і ризик простуди, адже велику частину часу повітряний потік мінімальний.

До всього іншого за рівномірної постійної роботи головний вузол кондиціонера – компресор служить довше. За інтенсивністю зношення кожний пуск коштує як мінімум пів години безперервного навантаження, а тому «інверторний» кондиціонер служить довше.

Якщо в 1986 році частка інверторів не перевищувала 25 % від загальної кількості кондиціонерів, що продавалися в Японії, то вже в 1998 році вони склали основу ринку. За відомостями Міністерства міжнародної торгівлі та індустрії (MITI), з 7,2 млн побутових кондиціонерів, проданих у Японії 5,7 мільйона або 80 % припало на інверторну систему. За прогнозами фахівців, їх частка збільшуватиметься і далі, насамперед за рахунок активного впровадження подібних технологій на могутніх напівпромислових моделях. До того ж у Японії цінова різниця між традиційною та інверторною моделями скоротилася до мінімуму і сьогодні не перевищує 100–150 \$. Але в міру того, як обсяги продажів інверторних

кондиціонерів будуть рости, різниця стосовно ціни між ними і звичайними моделями зменшиться.

Передумови для цього є. Якщо до останнього часу інвертори знаходили попит переважно в себе на батьківщині, то в кінці 90-х років попит на цю техніку з'явився в багатьох промислово розвинених країнах, насамперед у Європі, Південній Кореї, Австралії, Росії.

Уперше постачання побутових інверторних кондиціонерів на український ринок почалися ще в 1994 році завдяки компанії Fujitsu General, проте ця подія пройшла майже непоміченою. Рік потому активну пропаганду цієї техніки в Росії розвернула компанія Sharp, після цього широке коло покупців і дізналося, що таке інвертор. Ще через два роки в 1997 році в Росії з'явилися інверторні спліт- і мультисплітсистеми Hitachi і Mitsubishi Electric, у 1998 році подібну техніку запропонували відразу чотири компанії: Daikin, Airwell, Electra і Panasonic. У минулому сезоні до цієї компанії приєдналися LG і Samsung, а в 2000 році на російському ринку з'явилися інверторні моделі: Toshiba, Mitsubishi Heavy, Sanyo і General Electric.

Таким чином, пропозиція інверторних систем кондиціонування набула масового характеру, правда, їх реальна частка в загальному обсязі продажів поки не перевищує 6 %. Варто звернути увагу й на те, що в останні два роки випуск інверторних систем кондиціонування був освоєний у Франції (Airwell), в Ізраїлі (Electra) і в Південній Кореї (LG, Samsung, General Electric). А це однозначно свідчить про те, що стійкий попит на цю техніку з'явився і за межами Японії, а отже, її значне поширення – питання часу.

Попит на кліматичну техніку з року в рік зростає і в Україні. Проте більшість українців погано уявляють собі, що таке кондиціонер, як він працює, і що насправді може.

Дві третини наших співгромадян до цього часу впевнені, що сплітсистема або віконний кондиціонер бореться із жарою, подаючи прохолодне повітря з вулиці. А про те, що «кондиціонер» уміє підтримувати задану вологість, не сумніваються навіть володарі дипломів про вищу освіту.

Зрозуміти, як влаштований кондиціонер і звідки в тридцятиградусне пекло береться освіжаюча прохолода, не так уже й складно. Розглянемо це на прикладі сплітсистеми. Як відомо зі шкільного курсу фізики, під час випаровування будь-яка рідина поглинає тепло. Якщо крапнути на руку спиртом або одеколоном, тут же відчуєш холод. І, навпаки, під час конденсації пари тепло виділяється.

Саме цей відомий принцип і експлуатує будь-яка система кондиціювання.

Перебільшуючи, можна вважати, що її основним елементом є замкнута мідна трубка. Одна її частина проходить через внутрішній блок, що знаходиться в приміщенні, інша – через той, що висить на вулиці – зовнішній. Це і є холодильний контур, усередині якого циркулює фреон. Під час проходження через внутрішній блок фреон перетворюється на газ, а отже, охолоджує приміщення. У зовнішньому блоці він знову стає рідиною, віддаючи надлишки тепла оточуючому повітрю.

І так кожного разу. Щоправда, фреон – рідина «ледача» і сама по собі нікуди не потече. Для цього в зовнішньому блоці передбачений компресор, що створює в холодильному контурі необхідний тиск. Крім того, ділянки холодильного контуру усередині блоків забезпечені алюмінієвими пластинами, які допомагають фреону ефективніше обмінюватися з навколишнім повітрям теплом або прохолодою. Ці пристрої так і називають – теплообмінниками. А для того щоб процес відбувався ще швидше, повітря через них продувають за допомогою вентиляторів. Те саме відбувається й у віконному

кондиціонері, лише всі його агрегати розміщені в одному корпусі, частина якого знаходиться в приміщенні, а інша – поза приміщенням.

За необхідності кондиціонер можна використовувати і для нагрівання. Лише в цьому разі тепло буде переноситься не з приміщення на вулицю, а навпаки.

Сучасні системи кондиціонування, споживаючи 1 кВт електроенергії, можуть давати до 3 кВт тепла або холоду, і ніякого порушення законів природи тут немає, оскільки енергія витрачається не на вироблення тепла, а на його перенесення з місця на місце. До того ж ніякого прохолодного повітря з вулиці побутові кондиціонери не подають.

Отже, з вулиці віконні кондиціонери нічого не беруть, а ось видаляти з приміщення до 10 відсотків повітря, що пропускається, вони дійсно можуть. Уважається, що приплив відбуватиметься через нещільність у віконних рамах і вхідних дверях. Але якщо вікна забезпечені склопакетами або просто добре підігнані, за справу візьмуться душники на кухні, у ванній кімнаті й туалеті. Тобто будинок наповниться повітрям, яким уже подихали сусіди знизу. До того ж цей «Second hand» потягне за собою весь пил, що роками накопичувався у вентиляційній системі.

Тому для подачі свіжого повітря краще використовувати спеціальне устаткування, яке підбирають із розрахунку 30 м³/год на людину або залежно від розмірів приміщення. Якщо це житлова кімната, її об'єм множать на три, якщо кухня – на десять.

А те, що стосується режиму вентиляції в кімнатних системах кондиціонування, то це – переміщення повітря, що знаходиться в кімнаті. Щоправда, в цьому разі він очищається, і температурний фон у приміщенні стає більш рівномірним.

До речі, про очищення. У більшості кондиціонерів передбачений лише один повітряний електростатичний фільтр. Це велика сіточка, яка захищає наші легені (і внутрішню частину кондиціонера) від пилу, тополиного пуху й іншого сміття, що бовтається в повітрі. Це фільтр не потребує заміни, проте не рідше ніж раз на місяць його потрібно чистити за допомогою пилососа або промивати в теплій воді. А для того, щоб запобігти розмноженню мікроорганізмів і цвілі в багатьох кондиціонерах, на нього наносять спеціальне бактерицидне покриття. У низці моделей є ще й фільтри тонкого очищення – електростатичний і такий, що дезодорує. Щоправда, за значного забруднення повітря вони забиваються впродовж 2–3 тижнів і потребують заміни.

Тепер повернемося до питання «підтримки» заданої вологості. Для того щоб людина відчувала себе комфортно, вологість повинна бути в межах 45–60 %. Приблизно в цих межах і тримає її кімнатний кондиціонер, осушуючи охолоджуване повітря. А ось зволожувати приміщення або підтримувати вологість із певною точністю він не уміє. Втім у побуті від нього це і не потрібно. Крім охолодження, нагрівання, очищення й осушення повітря більшість сучасних кондиціонерів має цілу низку корисних функцій, що дозволяють оптимізувати ці процеси.

За короткочасного вимкнення електроенергії більшість систем кондиціонерів відновлюють роботу в колишньому режимі, оскільки автоматично запам'ятовувати усі попередні налаштування. А режим комфортного сну дозволяє їм створювати ідеальні умови для відпочинку мешканців будинку.

У низці моделей існує режим підвищеної потужності, що дозволяє прогрівати або охолоджувати приміщення на 30 % швидше, ніж за звичайної роботи. А в цьому році на ринку з'явилися кондиціонери, здатні

реагувати на присутність людини. Якщо вона покидає приміщення більше ніж на 20 хвилин, вони автоматично переходять в економічний режим роботи.

Варто торкнутися і такої теми, як робота спліт-системи за низьких температур.

Коли стовпчик термометра спускається нижче ніж -10 – 15 °С, кондиціонер краще поберегти. Оскільки кондиціонер дорожчий в експлуатації, використовувати необхідно дешевий масляний радіатор. Справа в тому, що на морозі зношення кондиціонера в багато разів зростає і за регулярного використання взимку він навряд чи прослужить довше ніж 3–4 роки замість гарантованих 6–8, адже мастило на морозі втрачає свої властивості, і найбільш дорогий вузол будь-якого кондиціонера – компресор, працює на зношення. Тобто застосування його в холод, усе одно, що їздити за температури -30 °С на непрогрітому автомобілі. З цієї причини деякі марки, наприклад Sanyo, мають блокування, що відключає кондиціонер за зниження температури нижче ніж -9 °С.

Проте якщо ви хочете грітися і за -20 °С, деякі фірми доклали всіх зусиль, щоб задовольнити ваше бажання. Багато виробників оснащують картер компресора ТЕНом, тоді мастило на морозі не загустіває. Розморожують і теплообмінник зовнішнього блока, щоб на холоді він не був подібний на сніговика. У кондиціонерів DeLonghi і Daewoo для ефективнішої боротьби з льодом є відразу декілька режимів розморожування. А деякі моделі оснащують електронагрівачами, що дозволяє працювати «на тепло» у будь-які морози. Звичайно, ТЕН споживає великий об'єм електроенергії, проте компресор у цей час відпочиває.

Щоб захистити зовнішні блоки кондиціонерів від корозії і зберегти їх привабливий зовнішній вигляд, деякі фірми запропонували робити корпуси зовнішніх пристроїв з удароміцного пластику. Сьогодні цим шляхом активно

йдуть Fujitsu General, Sharp, Chofu. Є пластмасові зовнішні блоки у Hitachi, а в нових моделях Daikin і DeLonghi з пластика зроблені лише найбільш вразливі до корозії місця.

Не стоїть на місці й технологія очищення повітря. Більшість сучасних моделей оснащена потрійною системою фільтрів. Добре відома розробка компанії Samsung, що запропонувала кондиціонер, усі складові якого покриті спеціальним бактерицидним складом. Різні антибактеріальні покриття вентиляторів внутрішнього блока, теплообмінників, фільтрів і пультів керування застосовують Daikin, Fujitsu General, General Electric, Panasonic, Sharp, Sanyo. Цікаву новинку запропонували інженери фірми LG. У системі очищення повітря, що отримало назву Plasma, повітряний потік пропускається через секцію з напругою 4 800 В, унаслідок цього всі мікроорганізми і віруси гинуть, а хімічні домішки і запахи розкладаються до нешкідливих компонентів.

Турбота про екологію виявляється й у використанні нових озонобезпечних холодоагентів.

Висновки до розділу 6

Основне призначення вентиляції – це забезпечення необхідного повітряного середовища (мікроклімату) в приміщеннях і на робочих місцях відповідно до нормативних вимог.

Системи вентиляції класифікуються за такими характерними ознаками:

- за способом створення циркуляції повітря в приміщенні – з природним і штучним (механічним) примусом;
- за призначенням – припливні і витяжні;
- за зоною обслуговування – місцеві і загальнообмінні;

– за конструктивним використанням – каналні і безканалні.

Вентиляційні системи є елементами багатьох технологічних установок і значно впливають на споживання енергії системами опалення та охолодження будівель.

Під час опалення або охолодження приміщень за допомогою вентиляційних систем великі втрати енергії виникають за рахунок інфільтрації зовнішнього повітря. Зменшуючи час, упродовж якого двері залишаються відкритими, використовуючи пластикові завіси або інші пристрої, створюючи закриті перехідні «камери» на дверях, можна ці втрати значно скоротити.

Системи припливно-витяжної вентиляції ефективні з економічної точки зору, оскільки дозволять істотно знизити витрати на опалення, використовуючи утилізацію тепла. Тепло, що видаляється з приміщення разом із повітрям, може бути використане для підігрівання припливного повітря в спеціальних теплообмінниках (рекуператорах).

Підвищення енергетичної ефективності систем вентиляції можливе також за рахунок:

– узгодження подачі вентилятора з потребами споживачів стиснутого повітря. Часто вентилятори працюють зі збитковою подачею;

– зменшення витоків повітря з пневмережі. Витоки можуть бути особливо значні за неякісного з'єднання ділянок повітропроводів прямокутного перерізу;

– автоматичного керування роботою вентиляторів. Особливо ефективне керування з використанням частотно-регульованого електропривода;

– використання високоекономічних приводних електродвигунів;

- відключення вентиляторів в нічні та неробочі відрізки часу;
- системного та якісного обслуговування вентиляційних систем.

Кондиціонування повітря – це створення і автоматична підтримка (регулювання) в закритих приміщеннях таких параметрів повітря, як температура, вологість, чистота, швидкість руху з метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей або проходження технологічного процесу.

Комфортні системи кондиціонування повітря призначені для створення й підтримки температури, відносної вологості, чистоти та швидкості руху повітря відповідно до санітарно-гігієнічних вимог.

Технологічні системи кондиціонування повітря призначені для забезпечення параметрів повітря відповідно до вимог виробництва технологічного процесу.

Робота системи кондиціонування пов'язана зі значними витратами і втратами енергоносіїв. Для зменшення енерговитрат необхідно:

- при виборі системи кондиціонування узгоджувати її параметри з потребами споживача (замовника);
- використовувати кондиціонери «інвертного» типу, потужність яких плавно регулюється залежно від температури повітря і які дозволяють економити до 50 % електроенергії;
- для обслуговування великих приміщень застосувати однозональні та багатозональні централізовані системи кондиціонування.

Контрольні запитання до розділу 6

- 1 Які ви знаєте системи вентиляції?
- 2 Що таке природна вентиляція повітря? За яких умов вона відбувається?
- 3 Механічні системи вентиляції, сфери застосування. Використовуване обладнання.
- 4 Припливна і витяжна вентиляція. Принцип роботи, призначення.
- 5 Основні вимоги, які повинна задовольняти місцева вентиляція.
- 6 Як правильно вибрати устаткування систем вентиляції?
- 7 Види втрат енергії у вентиляційних системах.
- 8 Що ви розумієте під робочими характеристиками вентилятора?
- 9 Які ви знаєте способи регулювання вентиляторних агрегатів?
- 10 Напрямки енергозбереження в системах вентиляції.
- 11 У чому полягає концепція кондиціонування житлових комплексів?
- 12 Класифікація систем кондиціонування.
- 13 Які витрати енергії в системах кондиціонування?
- 14 Як зберігати енергію в системах кондиціонування?
- 15 Чи можна використовувати кондиціонер для нагрівання повітря?

РОЗДІЛ 7

Ефективне споживання енергоносіїв у системах водопостачання, каналізації та водовідведення

7.1 Основні напрямки зниження енерговитрат у системах водопостачання

7.1.1 Водопровідне господарство житлового фонду

Подача води в житлові будинки потребує дуже великих витрат електроенергії. Зараз середня подача води лише на потреби населення в місті з розрахунку на 1 мешканця реально перевищує 250 л/добу, що для системи комунального водопостачання оцінюється 100 млн м³ за 1 рік. Це дуже високий рівень, урахувавши, що за деякими зарубіжними стандартами для забезпечення комфортних умов користування водою в житлових будівлях вважається достатнім підтримувати подачу води на рівні 150–200 л на добу на особу.

У середньому питома витрата електроенергії в комунальних водопроводах (навіть без урахування роботи станцій підкачування в будівлях, що відносяться до систем внутрішнього водопостачання) становить 0,65 кВт/год на 1 м³ поданої води, причому близько 80 % електроенергії витрачається насосними станціями. Зростання питомих витрат спричинене такими основними факторами, як:

- подальше підвищення середньої поверховості забудови міських поселень;
- збільшення довжини водопровідних мереж;
- більш широке впровадження методів оброблення питної води (глибоке очищення, знезараження, озонування).

Доводиться враховувати і той факт, що значна частина водних ресурсів уже залучена до сфери використання. Зважаючи на це, а також у зв'язку з нерівномірним розподілом водних ресурсів на території міста в деяких районах необхідно перекодувати значні маси води на більші відстані. Але реалізація таких гідротехнічних проєктів поєднується з величезними капіталовкладеннями, матеріальними, трудовими та енергетичними витратами. Тому в сучасних умовах економічних труднощів здійснення заходів, спрямованих на скорочення невиробничих втрат питної води, має дуже важливе економічне та практичне значення. Дослідженнями виявлено, що лише витікання води через санітарно-технічну арматуру в житлових будівлях у середньому становлять 21 % від сумарної кількості постачання води населенню. До того ж помічено, що постійне витікання води з крана у вигляді струмочка завтовшки 2–3 мм на місяць призводить до втрати води, якої достатньо для забезпечення водою сім'ї з 3 осіб упродовж 10 діб. Основними порушеннями в роботі водорозбірної арматури, спричиненими витіканням води, є зношення прокладок, протікання сальників, зношення нарізних пар, різноманітні дефекти матеріалу арматури.

Існуючі підвищені напори в трубопроводах за подачі води в будівлі виникають не лише через зростання поверховості будівель, ускладнення схем та довжини водопровідної мережі, а й у результаті коливання режиму водопостачання, через який впродовж доби різко може збільшуватися діапазон зміни напорів. Звичайно водорозбірну арматуру регулюють без урахування можливого коливання напорів, тому з підвищенням напору внаслідок недостатньо надійної роботи запірних клапанів відбувається витікання води. Великі втрати напору води в трубопроводах спричинені і додатковим місцевим опором (установлення засувки значно меншого діаметра, ніж

діаметр труби; прикриті або зіпсовані засувки, промерзання труби) або збільшенням гідравлічного опору магістральних та розвідних мереж водопроводу.

Нестача води стає все більш відчутною. Вона вже переважає навіть над проблемами нестачі нафти. У найближчій перспективі для обліку витрат води лічильники будуть встановлені в кожній квартирі, як у багатьох інших країнах світу. Це дає такий самий ефект, як і встановлення електролічильників, що дисциплінує споживачів, і зайва електролампа або побутовий електроприлад без потреби працювати не буде. Сьогодні ж втрати води практично ніхто не враховує, оскільки оплата йде за нормативами, а не за лічильником. Тому вода в кухні, у ванній кімнаті або в туалеті може текти годинами; питною водою можна поливати дороги, теплиці. Не можна також забувати, що гаряча вода обходиться в десять разів дорожче, ніж холодна водопровідна. У розвинених країнах для заощадження води навіть умивальники обладнують корком для закривання вихідного патрубку. В умивальник набирають потрібну кількість води, необхідну для нагальних потреб, її використовують і потім випускають у каналізацію. Таким чином, щоденно економиться значна кількість води. Так, використання тепер актуальне і для нас, оскільки за нинішнього постачання води її навіть за графіками не буде вистачати для побутових споживачів.

Для економії води в домашніх умовах необхідно підтримувати всю водозапірну і регулювальну арматуру в робочому стані. Вчасно змінювати клапани, сальники, прокладки, трубопроводи, бо через несправності і неправильне регулювання змивних бачків туалетів втрачається дуже багато води.

7.1.2 Економія води в структурі водопостачання

Одним з основних положень реформи ЖКГ є зниження витрат енергоносіїв. У системах водопостачання, де витрати води доходять до 200–300 % від необхідних витрат, це може бути досягнуто раціоналізацією водоспоживання.

Водоспоживання в різних будинках змінюється в дуже широких межах – від 140 л/особу до 450 л/особу на добу. Воно залежить від великої кількості взаємозалежних факторів: виду споживача, санітарно-технічного устаткування, кількості споживачів, поверховості забудови, тиску в системі, схеми й рівня експлуатації системи й т. д.

У зв'язку з тим, що визначити вплив окремих факторів на водоспоживання складно, воно розглядається як єдине ціле: оцінюються потреба у воді й втрати. За такого підходу неможливо оцінити дійсний стан системи, виявити її резерви.

Резерв водоспоживання – це теоретична величина, обумовлена як різниця між фактичним й ідеальним водоспоживанням.

Для реалізації резерву необхідно створити умови, близькі до ідеального в системі, що потребує значних матеріальних витрат. У той самий час визначення резерву надто важливо, оскільки це дозволяє виявити можливості економії води за впливу на різні елементи системи й визначити стратегію боротьби із втратами.

Для визначення резерву господарсько-питного водопроводу необхідно знати ідеальне водоспоживання, що складається з потреби людини у воді для санітарно-гігієнічних процедур і житлово-господарських потреб.

На господарсько-гігієнічну потребу людини впливають кліматичні й соціальні фактори довкілля, в результаті цього формується соціальна потреба.

Вплив кліматичних факторів (температури, вологості повітря, кліматичної зони розміщення об'єкта, інсоляції і т. д.) на господарсько-гігієнічну потребу у воді незначна: вона становить 3–7 %. Збільшення водоспоживання в південних районах країни обумовлено використанням води з господарського питного водопроводу на полив. Збільшення водоспоживання за рахунок кліматичних факторів неістотне.

Соціальні фактори (ставлення до води, режим життя, соціальний стан, освіта, вік людини, заселеність й упорядкованість квартир, ціна на воду, наявність або відсутність обліку її витрати та ін.) можуть змінити господарсько-гігієнічну потребу у воді на 30–40 %.

Ставлення споживача до води (етика водоспоживання) може бути змінене в кращий бік за допомогою роз'яснювальної й виховної роботи через органи масової інформації і за місцем проживання. Без заходів матеріального впливу це може знизити кількість споживаної води на 2–5 %. Матеріальний вплив на соціальні фактори установами квартирних водолічильників і регулюванням ціноутворення на воду може спричинити зміну потреби у воді на 5–10 %, особливо в перші три роки.

Соціальна потреба у воді особи, яка проживає в сучасному благоупорядкованому будинку, становить 111 л/осіб на добу (див. табл. 7.1).

Потреба у воді реалізується в процесі користування водопроводом. Водночас виникають втрати води, фактичне водоспоживання значно перевищує потребу й доходить до 450 л/осіб на добу.

Таблиця 7.1 – Господарсько-гігієнічна й соціальна потреба у воді (л/особу на добу)

Процедура	Господарсько-гігієнічна	Соціальна
Питні потреби	1,5	2,0
Готування їжі	3,4	4,65
Миття посуду	8,7	10,7
Умивання	7,0	11,0
Душ, ванна	15,7	26,6
Прання	13,6	19,2
Змивний бачок	20,7	31,4
Прибирання	5,0	5,8
Разом	75,6	111,3

Втрати води виникають через недосконалість конструкції водорозбірних арматур й надлишкового тиску перед нею (невиробничі витрати), через порушення герметичності арматур й інших елементів водопроводу (витік), зливів води.

Витоки води визначаються рівнем експлуатації: підтримкою заданих тисків у системі, регулярним оглядом і ремонтом арматури та інших елементів гідросистеми.

Для визначення складових втрат води МБІ ім. В. В. Куйбишева (м. Москва) сумісно з ЦНІЕП інженерного устаткування та «Мосжилпроект» проведені спеціальні дослідження. Одержані результати показали, що тиск у мережі має визначальне значення у формуванні втрат. За тиску 0,4 МПа (8-поверховий будинок) на початку експлуатації системи корисне водоспоживання становить 58 %, непродуктивні витрати через недосконалість арматур – 15 %, продуктивні витрати від надлишкового тиску – 22 %, витік – 5 % від загального водоспоживання.

За збільшення тиску до 0,6 МПа ці складові водоспоживання дорівнюють відповідно 55, 14, 21, 10 %.

Зі збільшенням терміну експлуатації втрати води різко зростають. Зменшити їх можна по-різному: зниженням тиску в системі за допомогою удосконалювання схем водопроводів, поліпшенням конструкції змішувальних апаратів і поплавкових клапанів, підвищенням їх надійності.

Перший шлях найбільш прийнятний за реконструкції водопроводів мікрорайонів. Зниження тиску забезпечується установленням регуляторів тиску після насосних установок, на підводах у будинки, квартири, а також автоматизацією роботи насосних установок, використанням декількох груп насосів, що працюють у різні години доби, застосуванням регульованого приводу на насосах, установленням регульовальних ємностей (водонапірних баків).

Другий шлях пов'язаний із використанням нової, більш досконалої й водозбережної арматури, кращим її використанням під час нового будівництва та капітального ремонту будинків. Він вимагає значних витрат на організацію виробництва нових видів водорозподільного обладнання.

Залежно від поверховості будинків рекомендується реалізувати такі заходи щодо економії води: для будинків малої поверховості за тиску на підводі, що не перевищує нормативного, найбільш ефективним заходом є вдосконалювання водорозподільних арматур; для 8–9-поверхових будинків за нормативного тиску на підводі найбільшого зниження водоспоживання можна досягти за ліквідації витоків через водорозподільні арматури; для будинків більшої поверховості найбільший ефект дає спільне усунення витоків і застосування схемних рішень і технічних мір, спрямованих на зниження тиску на нижніх поверхах; за різноповерхової забудови насамперед необхідне зниження тиску на введеннях малоповерхових

будинків. Основним заходом щодо зниження величини водоспоживання для всіх вищеперелічених варіантів є зменшення надлишкових тисків.

7.1.3 Підвищення енергоефективності гідросистем

Шляхи підвищення енергоефективності гідросистем: підвищення к. к. д. насосів і трубопроводів, регулювання подачі водовідливної установки, упорядкування графіка навантажень гідравлічної системи, організаційні заходи тощо.

Підвищення к. к. д. насосів відбувається за рахунок ретельного балансування коліс, регулярною заміною ущільнювачів, забезпечення робочої точки насоса в зоні максимальних значень к. к. д.

Підвищення к. к. д. трубопроводу може бути за рахунок:

- збільшення перерізу труб на всій довжині й окремих ділянках;
- увімкнення на паралельну роботу резервної нагнітальної лінії;
- скорочення довжини трубопроводу, заміна похилих ділянок вертикальними;
- регулярне очищення трубопроводу;
- ліквідація в трубопроводі зайвої арматури і непотрібних поворотів чи зниження їх опору згладжуванням гострих кутів;
- використання арматури з меншими значеннями коефіцієнта місцевого опору (наприклад, заміна в приймальних пристроях на всмоктувальних трубопроводах тарілчастих клапанів на кульові).

Витрата електроенергії насосною установкою за 1 рік ($\text{kВт} \cdot \text{год/рік}$) визначається формулою

$$W = \frac{0,00272HQ_T}{\eta_{НС}\eta_{ТР}\eta_{Д}},$$

де T – число годин роботи насоса за 1 рік, год/рік;

H – висота піднімання води, м;

$\eta_{ТР}$ – к. к. д. трубопроводу;

Q – подача, м³/год.

За зміни значень величин, що входять до формули, підраховується витрата енергії за базовим варіантом та з урахуванням упровадження енергозберіжних заходів, різниця витрат енергії дасть економію електроенергії.

Регулювання продуктивності насосної установки під час використання відцентрових насосів у даний час практично не використовується, оскільки одночасно змінюється напір і подача. Тому регулювання можливе лише в невеликому діапазоні для відпрацьовування робочої точки з максимальним к. к. д.

Це може бути здійснено:

- за рахунок дроселювання на боці нагнітального трубопроводу;

- використанням різного виду муфт;

- використанням регульованого електропривода.

Зміною часу ввімкнення насосної установки на період мінімального навантаження можна зменшити втрату енергії у ствольовому кабелі. Зазначений захід, можливо, буде пов'язаний зі збільшенням водозабірника водовідливної установки, однак останнє може мати додатковий ефект за рахунок позаоблікового електроспоживання насосів.

Організаційні заходи передбачають:

- усунення витоків у трубопроводі;

- використання напору трубопроводу для зрошення (відпадає необхідність у насосах зрошення);

- регулярне чищення водозабірника (поліпшується робота приймального пристрою насосної установки й насоса);
- попередження проникнення води в шахту;
- правильну експлуатацію електродвигунів насосів.

Керування подачею насосних агрегатів

Насосні агрегати можна умовно поділити на три великі групи:

- потужні (понад 500 кВт) агрегати енергетичних об'єктів;
- промислові агрегати і насосні станції централізованого водопостачання (50–300 кВт);
- масові установки (2–50 кВт), до яких належать насоси з подачею 12–100 м³/год і напором 20–80 мм вод. ст.

У першій групі через її специфіку застосовують прогресивні види електропривода. В другій і особливо в третій, найбільш масовій, до цього часу переважає нерегульований електропривод з асинхронними короткозамкненими двигунами, а керування подачею здійснюється дуже неефективним способом – дроселюванням. Це дозволяє забезпечити режим раціонального енергоспоживання і витрати води за зміни технологічних потреб у широких межах.

Характерним прикладом таких механізмів є насосні станції холодного й гарячого водопостачання та систем опалення житлових будинків і промислових споруд. Вибрані, виходячи з максимальної подачі, механізми значну частину часу працюють із меншою подачею, що визначається зміною потреби в різні періоди часу. За деякими даними, середньодобове завантаження насосів холодного водопостачання становить 50–55 % від максимального. Існуючі системи водопостачання не забезпечують помітного зниження споживаної потужності

за зменшення подачі, а також обумовлюють істотне зростання тиску (напору) в системі, що призводить до витоків води і несприятливо позначається на роботі технологічного устаткування і мереж водопостачання.

Насос має квадратичну залежність напору від швидкості, а потужність на валу двигуна зменшується в кубічній залежності за зниження частоти обертання. Відповідно великі й можливості енергозбереження.

Традиційні способи регулювання подачі насосних установок полягають у дроселюванні на напірних лініях насосів або зміні загальної кількості працюючих агрегатів за одним із технологічних параметрів – тиску на напірному колекторі, рівню в приймальному чи регульовальному резервуарі тощо. Ці способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних завдань і практично на враховують енергетичних аспектів транспорту води. За такого регулювання від 5 % до 15 %, а в окремих випадках до 25–30 % споживаної електроенергії витрачається нерационально. Причиною цього є:

- втрати енергії в дросельній засувці;
- створення надлишкових напорів у трубопровідній мережі;
- витрати і непродуктивні витрати води в мережі й у споживача;
- збільшення геометричного підйому під час відкачування води з резервуарів каналізаційних насосних станцій тощо.

Тому з появою надійного регульованого електропривода створилися передумови для розроблення принципово нової технології транспорту води з плавним регулюванням робочих параметрів насосної установки без непродуктивних витрат електроенергії з широкими можливостями підвищення точності й ефективності технологічних критеріїв роботи систем водопостачання.

Однак саме по собі оснащення насосної установки регульованим електроприводом не гарантує економії електроенергії. Щоб одержати економію електроенергії, необхідно таке. По-перше, переконатися в потенційній можливості її економії на об'єкті з урахуванням його технологічних, гідравлічних і режимних характеристик, а по-друге, розробити раціональні технічні рішення з урахуванням додаткових капітальних витрат на їх впровадження і здійснити такий алгоритм керування насосною установкою, за якого практично реалізується потенційна можливість економії електроенергії.

Для розв'язування цих задач обов'язковий системний підхід, коли насосна установка як об'єкт аналізу і керування розглядається з погляду кількісної визначеності всіх параметрів стану взаємозв'язаних характеристик працюючих регульованих і нерегульованих насосів, характеристики трубопровідної мережі, режим енергоспоживання насосної установки, частоти обертання електроприводів, діапазону і характеру розподілу подач насосної установки тощо.

Рисунок 7.1 ілюструє можливість зниження потужності, споживаної двигуном насоса, під час регулювання швидкості електропривода порівняно з регулюванням дросельною заслінкою.

За номінальної подачі і напору насос працює в точці A , що відповідає характеристиці магістралі 3 і характеристиці $Q-H$ насоса (крива 1) за номінальної швидкості двигуна. Зі зменшенням подачі в разі нерегульованого електропривода (на рисунку показана витрата, що становить $0,6Q_H$) за рахунок дросельного регулювання відбувається зміна опору магістралі (крива 4). Насос працює в точці B кривої 1 , що призводить до зростання напору, який стає більшим від номінального.

Потужність, споживана насосом, пропорційна площі прямокутника $ODBF$.

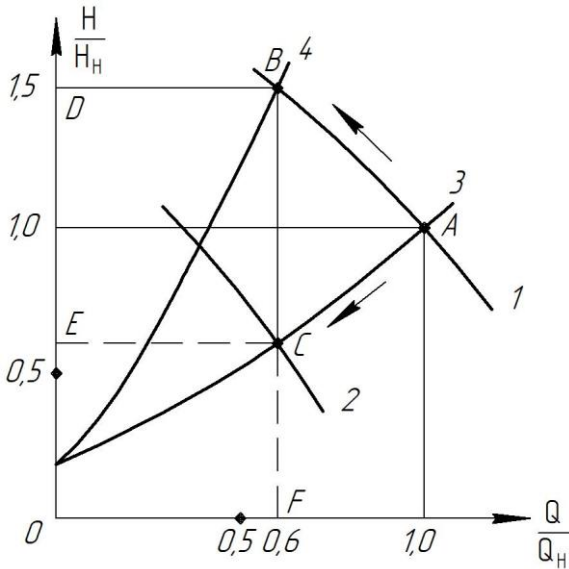


Рисунок 7.1 – Регулювання зміною швидкості привода та заслінкою

Під час використання регульованого електропривода за рахунок зниження швидкості насос працює за зниження подачі в точці C , що відповідає іншій характеристиці $Q-H$ (крива 2) за незмінної характеристики магістралі (крива 3). Потужність, споживана електроприводом у цьому випадку, пропорційна $OECF$, що наочно ілюструє можливості істотного зниження енергоспоживання за впровадження регульованих електроприводів насосів.

Щоб повніше уявити енергетичні процеси в насосній установці, обладнаній регульованим електроприводом, варто враховувати, що переміщення робочих координат насоса щодо характеристики водоводу за зниження подачі

насосної установки призводить зазвичай до виходу робочих точок насоса з робочої зони, тобто до зниження к. к. д. працюючих агрегатів, а в деяких випадках до кавітаційного чи помпажного режиму. Особливо значних змін зазнає к. к. д. регульованих насосів – у них він може змінюватися від номінальних значень до нуля, коли за зниження частоти обертання тиск, що розвивається насосом, дорівнює або нижчий від тиску, створюваного роботою паралельно ввімкнених насосів.

На рисунку 7.2 показана у відносних одиницях $\eta^* = \frac{\eta_i}{\eta_H}$ і $\frac{H_{CT}}{H_\Phi}$ область значень к. к. д. регульованого

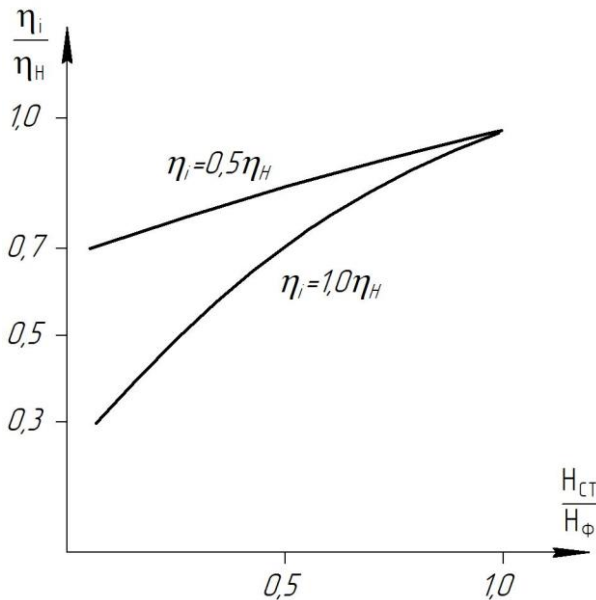


Рисунок 7.2 – Область значень к. к. д. регульованого насоса

насоса η_i , обмежена величинами $h_i = 0,95\eta_H$ і $\eta_i = 0,1h_H$, де n_i і n_H – поточна і номінальна частота обертання насоса; H_{CT} і H_ϕ – геометричний підйом чи протитиск і фіктивний напір насоса за нульової подачі.

З рисунка бачимо, що значення к. к. д. залежить як від частоти обертання, так і від поточних координат насоса, водоводу і протитиску в мережі. Тому закономірна поява питання, якою мірою зниження к. к. д. насоса за зменшення обертів компенсується зниженням напорів під час руху траєкторією водоводу. Визначено, що для регульованого насоса залежно від його характеристик, а також характеристик паралельно працюючих насосів і трубопроводної мережі існує обмежений інтервал частоти обертання, на якому його енергетичні характеристики не гірші, ніж за номінальної частоти обертання.

На рисунку 7.3 зображені криві, що відображають залежності відносних питомих витрат електроенергії W^* на перекачування одиниці об'єму води від відносної частоти обертання $\left(\frac{n_i}{n_H}\right)$ насоса за різних значень протитиску в мережі.

Залежності мають яскраво виражений екстремальний характер. Спочатку за зниження частоти обертання від номінальних обертів питомі витрати електроенергії знижуються, а потім, коли економія електроенергії від зниження напору стає сумірною з втратами від зниження к. к. д. насоса, виявляється екстремум функції. У подальшому зменшення частоти обертання призводить до різкого зростання питомих витрат електроенергії, і ліва ділянка кривих прямує до нескінченності в разі прямування к. к. д. насоса до нульового значення. Абсолютне значення екстремуму кривих залежить від протитиску з боку працюючих насосів.

За зміни кількості насосів екстремум зміщується в той чи інший бік.

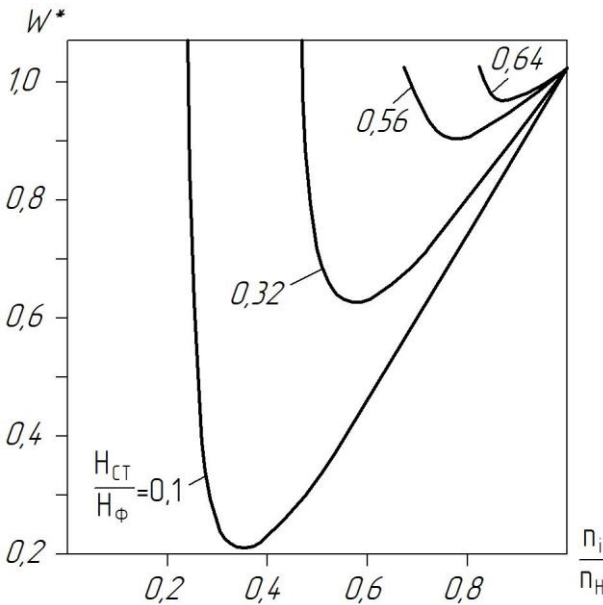


Рисунок 7.3 – Залежність відносної питомої витрати електроенергії на перекачування одиниці об'єму води від відносної частоти обертання насоса та протитиску в мережі

Оскільки системи водопостачання є динамічними об'єктами, в яких постійно змінюються в часі робочі параметри, насосна установка може потрапити в режим роботи, за якого значення к. к. д. виявляться занадто низькими (до 0,1). За деяких умов цей режим може бути тривалим (до 3–5 год на добу). Щоб уникнути таких режимів, уже на стадії розроблення систем автоматичного керування (САК) розраховують режимні точки, за яких

варто робити зміну загальної кількості працюючих агрегатів, щоб мінімізувати енергоспоживання насосної установки. Під час реалізації систем автоматичного керування застосовують технічні рішення, що дозволяють утримувати регульовані агрегати від входження в зону низьких значень к. к. д. насоса. Ці рішення використовують сучасну програмувальну мікропроцесорну регульовальну апаратуру, здатну ідентифікувати об'єкт керування і розрахувати поточні значення настроювальних параметрів САК. Потім за допомогою регульованого електропривода переміщувати вектор параметрів стану об'єкта відповідно до критерію регулювання, що розраховують тим самим регульовальним пристроєм або задають за зовнішньою програмою.

На рисунку 7.4 порівнюються криві необхідної потужності насосних приводів трьох способів керування. Як бачимо з рисунка, в разі подачі обсягом 50 % від розрахункового максимуму необхідна потужність під час дроселювання (крива 1) становить 73 %, використання запірно-регульовальної арматури (крива 2) – лише 50 % від номінальної, регулювання частоти обертання електродвигуна (крива 3) – лише 14 % від номінальної потужності.

Економічність визначається не лише енергетичними витратами, враховуються також шуми під час регулювання. Рисунок 7.5 показує зміну рівня звукового тиску (шумів) під час регулювання потоку з трьома різними системами.

Зважаючи на номінальну робочу точку, показане зростання рівня звуку для обох механічних систем, особливо в діапазоні частот потрібного робочого режиму – від 40 % до 80 % проектного максимуму. У цьому разі за електричного регулювання частоти обертання електродвигуна рівень звуку знижується на 20 дБ. Порівняно з механічною системою виграш становить

20–30 дБ, завдяки чому витрати на шумознижувальні заходи значно зменшуються.

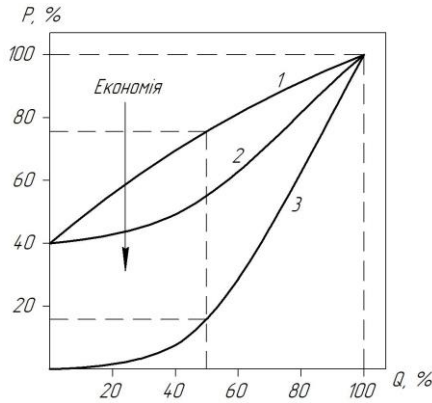


Рисунок 7.4 – Порівняння способів керування роботою насосної установки

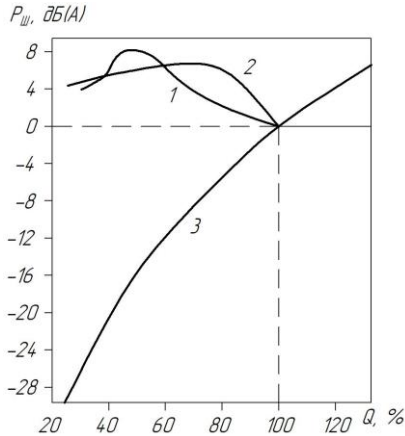


Рисунок 7.5 – Рівень звукового тиску під час регулювання:

- 1 – дроселем;
- 2 – запірно-регульовальною арматурою;
- 3 – зміною частоти обертання електродвигуна

Для кількісного оцінювання економії електроенергії і води в разі впровадження регульованого електропривода на одній із підкачувальних насосних станцій холодного водопостачання, житлових будинків був установлений частотно-регульований електропривод, що забезпечує сталість напору на виході насоса незалежно від витрати, й виконані запис тиску на вході і виході насосної станції та виміри витрати електроенергії і води під час роботи в нерегульованому та регульованому режимах. Асинхронний двигун потужністю 15 кВт надає обертання насосу із номінальною подачею 100 м³/год і напором 32 м. Проведені вимірювання показали, що за 1 рік економія електроенергії становила близько 45 500 кВт·год (40,5 %), а економія води – 114 135 м³ (25 %). За економічного ефекту лише за рахунок економії електроенергії вартість електричного устаткування для регулювання частоти обертання електродвигуна окупиться за 1 рік експлуатації.

Наведений приклад переконливо підтверджує можливість істотного зниження енергоспоживання під час використання систем регульованих асинхронних електроприводів. Попередні розрахунки показують, що за широкого впровадження частотно-регульованих приводів можна заощадити 7–10 % виробленої електроенергії.

Поява регульованого електропривода в насосних установках систем водопостачання і водовідведення дозволить створити принципово нову енергозбережну технологію транспорту води, в якій заощаджується не лише електроенергія, а й зберігається теплова енергія, скорочується витрата води за рахунок витоків за перевищень тиску в магістралі, коли подача мала. За частотного регулювання насосів можна значною мірою уникнути аварійних ситуацій за рахунок запобігання гідравлічним ударами, що виникають за зміни режимів роботи і пуску системи за нерегульованого електроприводу.

Одержано можливість гнучкого й оперативного розв'язання задач водопостачання і водовідведення за істотного зниження витрати електроенергії під час перекачування води і стоків. Однак щоб реалізувати таку можливість, необхідно на всіх стадіях розроблення, впровадження й експлуатації систем керування режимом водопостачання мати у своєму розпорядженні максимально повну кількісну інформацію про стан об'єкта автоматизації.

7.1.4 Регулювання гідросистеми з метою підвищення їх енергоефективності

Одним з основних напрямків підвищення енергетичної ефективності діючих гідросистем є їх регулювання.

Існує багато способів регулювання гідравлічних і пневматичних систем. Їх можна поділити на дві групи:

- регулювання впливом на нагнітач;
- регулювання впливом на гідравлічну мережу.

До першої групи відносять такі способи (методи) регулювання, як:

- регулювання підрізуванням (обточуванням) діаметра робочого колеса;
- регулювання заміною робочого колеса нагнітача на інше, з іншими геометричними розмірами і конфігурацією проточної порожнини;
- регулювання зменшенням або збільшенням кількості секцій, робочих коліс, ступенів багатоступеневого нагнітача;
- регулювання зміною швидкості обертання ротора нагнітача та інші.

До другої групи відносять способи:

- регулювання зміною кількості працюючих нагнітачів (якщо йдеться про насосні станції);
- регулювання зміною геометричних розмірів мережі та схем водопостачання;
- регулювання за допомогою заслінки (шибера), який встановлюється на напірному трубопроводі, за насосом; регулювання шиберам перед насосом може спричинювати кавітацію і зазвичай усі пов'язані з нею негативні явища (шум, вібрацію, руйнування проточної частини насоса і таке інше).

Регулювання зміною швидкості обертання ротора нагнітача є найбільш ефективним і економічно обґрунтованим порівняно з іншими способами. Фізичну картину зменшення енерговитрат під час використання такого способу регулювання порівняно з дроселюванням шиберам проілюструємо на прикладі. Водночас змінювати швидкість обертання нагнітача будемо за допомогою регульованого електропривода.

На рисунку 7.6 наведена типова характеристика відцентрового насоса – залежність напору H від подачі Q . Вона залишається незмінною за сталої частоти обертання $n = const$. На рисунку 7.6 також наведена характеристика мережі (крива 1). Точка перетину двох кривих є робочою точкою гідросистеми.

Звичайно, в разі зміни положення шибера буде змінюватися характеристика мережі (криві 2, 3). Потужність, споживана електродвигуном, пропорційна добутку подачі Q і напору H , тобто пропорційна площі прямокутника, одна з вершин якого збігається з робочою точкою системи, а протилежна – з початком координат. Із рисунка бачимо, що зміна подачі насоса впливає на споживання енергії незначно.

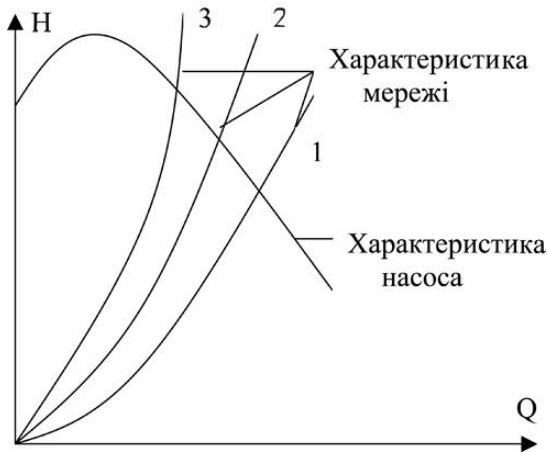


Рисунок 7.6 – Характеристика нагнітача і мережі під час регулювання шибером

Зміна частоти (швидкості) обертання нагнітача призводить до зміни його характеристики $H-Q$, як це показано на рисунку 7.7. Тут криві 2 і 3 відповідають зниженим частотам обертання. Із рисунка 7.7 бачимо, що зниження частоти обертання нагнітача призводить до зміщення робочої точки вздовж характеристики мережі. Водночас істотно зменшуються витрати електроенергії за тих самих значень Q . Кількісну оцінку зазначених змін можна визначити за допомогою формул подібності, відомих із літератури.

Аналогічні криві можна побудувати для кожного іншого лопатевого нагнітача. На рисунку 7.8 наведені (для порівняння) графіки потужності відцентрового лопатевого насоса під час дроселювання шибером і частотного регулювання. Різниця між цими кривими за заданої подачі $Q = const$ дозволяє визначити економію енергії за

частотного регулювання порівняно з регулюванням дросельною заслінкою.

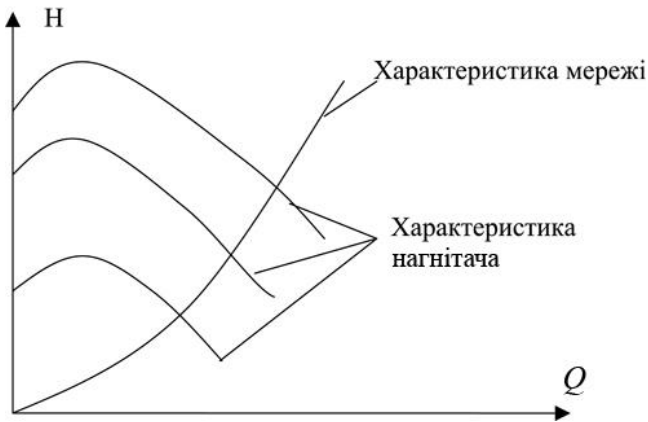


Рисунок 7.7 – Характеристики нагнітача мережі під час регулювання частоти обертання

Електроприводи нагнітачів споживають приблизно 20–25 % всієї вироблюваної електроенергії і здебільшого залишаються нерегульованими. Це не дозволяє отримати режим раціонального енергоспоживання води за зміни технологічних потреб у широких межах. Силowe обладнання вибирають із розрахунку на максимальну потужність, у дійсності ж його середньодобова завантаженість може становити близько 50 % від номінальної потужності. Значне зниження навантаження за зниження швидкості обертання приводного двигуна, характерне для розглянутих нагнітачів, забезпечує значну економію електроенергії (до 50 %) з використанням регульованого електропривода. Це дозволяє створити принципово нову технологію транспортування води, яка забезпечує ефективне регулювання агрегата. Крім того, підтримка в системі мінімально необхідного тиску

призводить до істотного зменшення непродуктивних витрат продукту і зниження рівня аварійності гідравлічних мереж.

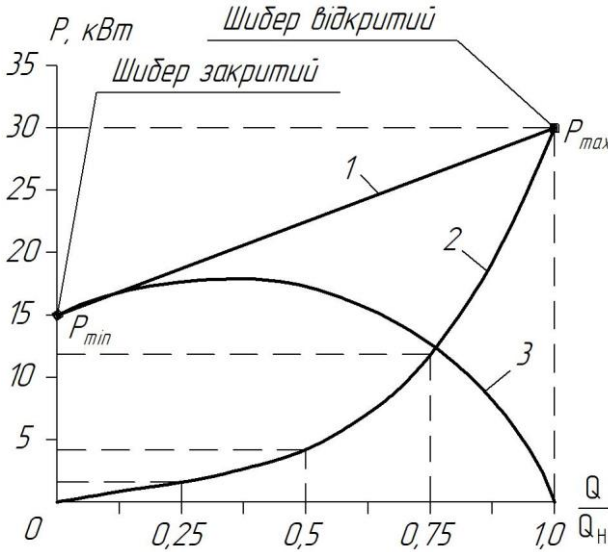


Рисунок 7.8 – Споживання потужності за різних способів регулювання швидкості обертання насоса:
1 – дроселювання шибером; 2 – частотне регулювання;
3 – економія енергії

7.1.5 Оптимізація енергоспоживання насосною станцією з кількома паралельно ввімкненими насосами за змінного навантаження

Таке ввімкнення насосних агрегатів (насосів) використовують тоді, коли потрібно перекачувати великі об'єми рідини з порівняно невеликими напорами. Переважна більшість таких насосних станцій працюють у

різних галузях промисловості, оснащених насосними агрегатами з нерегульованим електроприводом.

Наразі використовують два способи регулювання насосних станцій:

- стабілізація тиску на виході насосної станції;
- мінімізація надлишкових тисків у напірному колекторі, які мають місце під час роботи насосної станції з подачею, меншою за оптимальну.

Однак ні стабілізація тиску, ні мінімізація надлишкових тисків у напірному трубопроводі не вирішують основного питання, а саме: оптимізації витрат енергії під час роботи насосної станції зі змінним у часі навантаженням.

Використання частотно-регульованого привода сприяє вирішенню питання, але проблемними залишаються методи оцінювання ефективності використання частотно-регульованого привода (ЧРП) під час регулювання роботи насосної станції. Так, існують методи оцінювання ефективності застосування ЧРП для одного, окремо взятого насосного агрегата, але на практиці досить широко використовують роботу групи паралельно ввімкнених насосних агрегатів (насосна станція). Спроба поширити результати, одержані для одного насосного агрегата, на групу агрегатів простим введенням поправкових коефіцієнтів без математичного моделювання процесу є не досить коректним.

Аналіз результатів експериментальних досліджень насосних станцій, укомплектованих лопатевими насосами, засвідчує, що подача насосів хоча і змінюється з часом, але ця зміна відбувається доволі повільно, за винятком пусків (зупинень) насосних агрегатів (перехідний процес). Це дає можливість розглядати (з деяким припущенням) нестационарний технологічний процес роботи гідросистеми як квазістационарний. Тоді сумарні витрати енергії групою

паралельно ввімкнених насосних агрегатів за визначений період часу можна подати у вигляді функціонала

$$E_w = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{ij} \cdot H_{ij}}{\eta_{ij} \cdot 10^3} \cdot P_j \cdot T, \quad (7.1)$$

де m – число членів статистичного ряду ($1 < j < m$);

n – число паралельно ввімкнених насосів ($1 < i < n$);

ρ – густина рідини, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

Q_{ij} – подача i -го насоса в j -му інтервалі, м³/год;

H_{ij} – напір i -го насоса в j -му інтервалі подач, м;

η_{ij} – к. к. д. i -го насоса в j -му інтервалі подач;

P_j – ймовірність появи подачі Q_{ij} ;

T – число годин роботи насосів за 1 рік.

Вирішення питання оптимізації енерговитрат насосною станцією пов'язано з мінімізацією функціонала (7.1), що вимагає визначення залежностей напору і к. к. д. електронасосного агрегата від поточного значення частоти обертання n або коефіцієнта зміни частоти обертання

$K = \frac{n}{n_{ном}}$, де $n_{ном}$ – номінальне значення частоти обертання.

Виконаний аналіз експериментальних залежностей $H = f_1(Q_{ij}, K_{ij})$ і $\eta = f_2(Q_{ij}, K_{ij})$ для окремих лопатевих насосів показав, що зазначені залежності нелінійні, досить складні і потребують застосування числових методів розв'язання задачі оптимізації.

Таким чином, для мінімізації функціонала (7.1) необхідно розробити моделі, що імітують роботу насосної станції. Оскільки силами інерції під час руху рідини в трубопроводі можна знехтувати, математичні моделі

становитимуть собою систему нелінійних алгебраїчних рівнянь із рядом жорстких і напівжорстких обмежень, а також рівняння балансу подачі

$$\sum Q_{ij} = Q_{HC}, \quad (7.2)$$

де $\sum Q_{ij}$ – сума подач i -го числа насосів, що одночасно працюють у відповідних j -тих інтервалах подачі;

Q_{HC} – подача насосної станції.

Формули (7.1), (7.2) дозволяють оптимізувати енергоспоживання насосною станцією в разі одного працюючого насосного агрегата. У цьому разі подача (задається споживачем) не є керованим параметром, тоді як за одночасної роботи кількох агрегатів подача насосної станції (також задається споживачем), але оптимальний її розподіл, а з нею і розподіл навантаження між насосними агрегатами може бути отримано лише застосуванням одного з оптимізаційних методів.

Проведення теоретичних досліджень із використанням математичного моделювання, числових методів і спеціальних розрахункових програм дозволяють розв'язати задачу одночасної оптимізації енергоспоживання і складу насосного обладнання станції. За такого підходу найвигідніші енергетичні характеристики передбачуваного для використання устаткування розраховують теоретично з ув'язуванням їх зі статистичними даними технологічного процесу. Потім характеристики реального устаткування беруть максимально близькими до одержаних раніше теоретичних характеристик. У цьому разі необхідне навантаження насосних агрегатів забезпечується зміною частоти обертання їх роторів.

За допомогою формул (7.1), (7.2) можна не лише оптимізувати енерговитрати насосною станцією, а й визначити витрати енергії як за стабілізації тиску в

напірному трубопроводі насосної станції, так і за мінімізації надлишкових тисків. Для цього замість напору H_j у формулі (7.1) приймають напір стабілізації або мінімально допустимі напори.

Отже, стає можливим зіставити енергоефективність насосної станції (і окремих насосних агрегатів) за різних способів керування насосними агрегатами: стабілізація тиску, мінімізація надлишкових тисків (напорів), оптимізація енерговитрат. Для порівняння способів доцільно використати поняття «потенціалу енергозбереження», під яким потрібно розуміти максимальні втрати енергії (механічної, електричної, теплової), які можна повністю або частково повернути до технологічного процесу в результаті впровадження відповідних енергозбережних заходів.

Аналіз функціонала (7.1) показує, що мінімум енерговитрат досягається в тому разі, коли напір насоса H_j в усьому діапазоні зміни навантаження буде мінімально припустимим, а к. к. д. – максимально близьким до оптимального значення.

7.1.6 Критерії раціонального використання енергії в насосних станціях

На енергетичні характеристики гідравлічних систем впливає безліч чинників, зокрема висота підйому, кількість споживачів рідини, рельєф місцевості, діаметр, довжина, конфігурація і матеріал трубопроводів тощо. У результаті різноманітності перекачуваних рідин і їх випадкового поєднання у системі постачання та відведення для різних об'єктів мають місце неповторювані характеристики гідравлічної мережі.

Очевидно, що для досягнення максимальної енергоефективності необхідно мати достатньо велику кількість типорозмірів насосів. У кожній конкретній системі насос повинен експлуатуватися в робочій точці з максимальним коефіцієнтом корисної дії. З цією метою, наприклад, фірма Grundfos випускає 69 типорозмірів насосів марки NK, 46 типорозмірів моноблокових насосів марки NB і 150 типорозмірів насосів «у лінію» (лінійних) марки TP.

Під час проєктування енергоефективних систем доволі часто доводиться підбирати устаткування з номенклатури різних закордонних виробників. Під час вибору споживачі нерідко зіштовхуються з тим, що одні виробники не зазначають у своїх документах к. к. д. агрегата, а інші – в рекламних цілях завищують к. к. д. своєї продукції. Цю невизначеність можна вирішити, якщо взяти до уваги, що всі виробники комплектують свої насоси електродвигунами, які за потужністю відповідають потужності насоса. Це дозволяє за відношенням корисної гідравлічної потужності насоса на номінальній подачі до номінальної потужності електродвигуна оцінити енергоефективність насоса, обчисливши коефіцієнт енергоефективності K_E за формулою

$$K_E = \frac{Q \cdot H}{N_D},$$

де Q – номінальна подача насоса, м³/год;

H – напір насоса на номінальній подачі, м;

N_D – номінальна потужність електродвигуна, кВт.

З формули бачимо, що чим нижче значення K_E , тим менш ефективно використовується потужність електродвигуна насоса для транспортування рідини.

Коефіцієнт K_E акумулює в собі такі показники, як досконалість геометрії каналів проточної частини, якість поверхонь цих каналів і стабільність технології виготовлення основних елементів насосів. Перші два показники значно впливають на к. к. д. пристрою, а нестабільність геометричних розмірів проточних каналів спонукає виробника застосовувати електродвигун такої потужності, щоб уникнути перевантаження.

Якщо в чисельник формули підставити витрату і напір із гідравлічної характеристики системи, а в знаменник – номінальну потужність електродвигуна, підбраного для цієї системи насоса, та вийде коефіцієнт K_{EC} енергоефективності насоса в системі. Порівнюючи значення коефіцієнта K_{EC} різних насосів, які можуть бути використані в цій системі, можна вибрати найефективніший варіант.

Обов'язковою паспортною характеристикою будь-якого насоса є к. к. д. – відношення корисної енергії $N_{кор}$, яка передається в насосі перекачуваній рідині, до механічної енергії N_D , яка підводиться від двигуна до насоса:

$$\eta_H = \frac{N_{кор}}{N_D}.$$

Більш повне уявлення про втрати енергії в насосному агрегаті дає к. к. д. насосного агрегата:

$$\eta_{НА} = \eta_H \cdot \eta_{ПР} \cdot \eta_D,$$

де $\eta_{ПР}$ – к. к. д. передачі від двигуна до насоса;

η_D – к. к. д. приводного електродвигуна.

Значення η_H і $\eta_{НА}$ залежать від конструкції і розмірів насоса, а також від величини подачі на цей момент.

Для насосної станції, що складається з декількох насосів і забезпечує подачу в межах від Q_{\min} до Q_{\max} , можна розглядати графік к. к. д. насосної станції залежно від її подачі $\eta_{н.с.} = f(Q)$. Передбачається, що в кожний момент роботи насосної станції забезпечується включення мінімально необхідної кількості насосів. К. к. д. насосної станції будується за к. к. д. насосних агрегатів, і за вдалого підбору типу і кількості насосів у межах області перекачуваних витрат може мати значення, що відносно мало змінюються, близькі до максимальних.

Не всю енергію, передавану рідині в насосі, необхідно розглядати як корисну. Насоси можуть реалізовувати свою подачу лише в насосній установці – системі, яка складається з приймального і напірного резервуарів, насосів і зв'язувальних їх трубопроводів. Пропускна спроможність установки залежить від створюваних у ній напорів: $Q = f(H)$. Робочі режими насосної станції можливі лише в точках перерізу характеристик насосів і трубопроводів.

На рисунку 7.9 наведений графік спільної роботи насосної станції з трьома паралельно ввімкненими насосами в системі водопостачання. Лише за трьох подач напори трьох насосів H_H відповідають потрібним напорам H_M . У решті випадків у системі створюються надлишкові напори ΔH . Необхідно зазначити, що надлишкові напори можуть мати місце і в системах із регульовальними ємностями, наприклад, із водонапірними баштами. Енергія, затрачувана на створення надлишкових тисків, не може розглядатися як корисна.

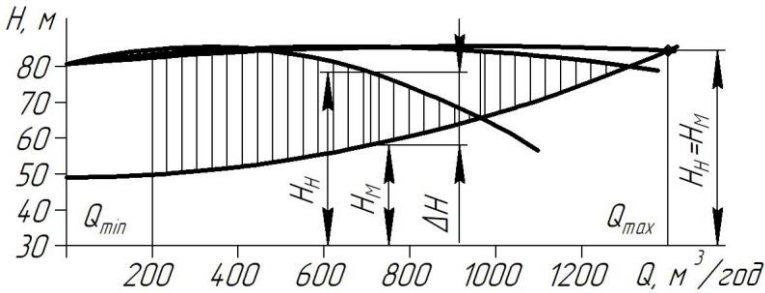


Рисунок 7.9 – Графік спільної роботи станції з трьох паралельно ввімкнених насосів

Цю особливість роботи насосних станцій пропонується враховувати під час визначення к. к. д. насосного агрегата:

$$\eta_{НА} = \eta_H \cdot \eta_{ПР} \cdot \eta_D \cdot \frac{H_M}{H_H}$$

Значення $\eta_{НА}$ істотно менше за значення η_H , але більше за к. к. д. насосної станції. Під час підбору насосного обладнання необхідно орієнтуватися саме на варіанти з великими значеннями $\eta_{НА}$. Для визначення к. к. д. насосного агрегата, крім енергетичних характеристик насосів, двигунів і передач, необхідно знати характеристики трубопроводів і принципи ввімкнення / вимкнення насосів.

Рациональність використання енергії на насосній станції істотно залежить від добового графіка забезпечуваного нею споживання рідини. Визначити її можна за допомогою коефіцієнта рационального використання енергії $K_{РВ}$ для деякого часу. Для доби $K_{РВ}$ є відношенням добової суми корисної енергії до добової суми використаної енергії. Припускаючи східчастий графік

водопостачання (рис. 7.10), добовий коефіцієнт раціонального використання енергії обчислюють так:

$$K_{PB} = \frac{\sum_{i=0}^{24} (Q_i \cdot H_{Hi} \cdot t_i)}{\sum_{i=0}^{24} \left(\frac{Q_i \cdot H_{Hi} \cdot t_i}{\eta_{HAi}} \right)}$$

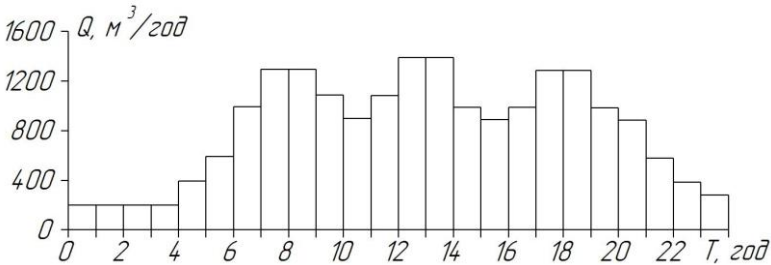


Рисунок 7.10 – Добовий графік споживання

Теоретичні дослідження з використанням математичного моделювання, числових методів і спеціальних програмних комплексів, які ми провели, дозволили вирішити завдання одночасної оптимізації вибору складу й режимів роботи для групи паралельно ввімкнених лопатевих нагнітачів, що працює за змінного навантаження.

Результати досліджень показують, що максимальну енергоефективність за змінного навантаження можна досягти лише змінивши традиційний спосіб підбору обладнання. В основу методу подвійної (довгострокової й короткочасної) оптимізації, який ми розробили, покладений такий принцип: енергетично найвигідніші характеристики передбачуваного для установаження обладнання визначаються немеханічним перебором характеристик

вироблених промисловістю насосів, а розраховуються теоретично з ув'язуванням їх зі статистичними даними технологічного процесу. Потім характеристики реального обладнання беруть такими, що дорівнюють або максимально близькі до одержаних раніше теоретичних характеристик.

За такого підходу необхідне навантаження насосів забезпечується збільшенням частоти обертання їх робочих коліс вище від номінальної, а мінімальна – її зниженням.

У цьому разі більшу (основну) частину часу обладнання працює в області високих значень к. к. д. і з мінімально припустимим тиском, тобто з найбільшою енергоефективністю.

Таким чином, виникає можливість зіставити енергоефективність застосування таких методів керування насосним обладнанням, як стабілізація тиску, мінімізація надлишкових напорів й оптимізація. Для проведення порівняльного аналізу, на наш погляд, є доцільним використання поняття «потенціал енергозбереження». Під ним розуміють максимальні втрати енергії (механічної, теплової, електричної), які можна повністю або частково повернути до енерготехнологічного циклу за допомогою відповідних енергозбережних заходів.

Якщо взяти за точку відліку такий найбільш поширений спосіб керування насосним обладнанням, як дроселювання трубопроводів, то потенціал енергозбереження може бути обчислений у цьому разі за формулою

$$P_E = S_W^{DP} \cdot S_W^{TEOP},$$

де S_W^{DP} – річні витрати енергії під час дроселювання;

S_W^{TEOP} – мінімально можливе значення цільової функції оптимізації.

Найбільший інтерес з погляду порівняльного аналізу енергоефективності застосування тих або інших енергозберіжних заходів становить не сам потенціал, а ступінь його використання:

$$СП_E = \frac{S_w - S_w^{TEOP}}{P_E},$$

де S_w – річні витрати енергії для обраного енергозберіжного заходу.

Аналіз статистичних даних свідчить, що найбільш ефективним способом керування насосним обладнанням за допомогою частотно-регульованого привода є оптимізація, що дозволяє отримати до 36 % економії енергії, а це відповідає найбільш повному (до 95 %) використанню потенціалу енергозбереження.

Проведені теоретичні дослідження з рішенням завдання оптимізації й математичним моделюванням динамічної системи «резервуар – насос – трубопровід» показують, що на відміну від поширеної в технічній і нормативній літературі точки зору характеристики насосів, що паралельно вмикають, за змінного навантаження повинні бути різними за напором і подачею.

Зазначена обставина вимагає для керування групою насосів із різними характеристиками попередньої перевірки їх на сумісність для кожного значення подачі, наведеної в статистичному ряді спостережень. У разі сумісності вирішується оптимізаційна задача розподілу навантаження з використанням методів проєкцій невизначених множників Лагранжа. На підставі проведених досліджень складено спеціальні комп'ютерні програми, які дозволяють:

– визначити витрати енергії традиційно використовуюваного методу керування – дроселювання (базовий варіант);

- розраховувати теоретичне значення цільової функції оптимізації для заданих умов експлуатації й характеристик системи «нагнітач – трубопровід»;
- виявити й розкрити наявний потенціал енергозбереження;
- зіставити енергоефективності різних способів керування насосними агрегатами за допомогою частотно-регульованого привода: стабілізація тиску, мінімізація надлишкових напорів, одночасна оптимізація складу і режимів роботи групи нагнітачів;
- оптимізувати співвідношення між кількістю регульованих і нерегульованих насосних агрегатів;
- зрівняти ефективність застосування групового й індивідуального частотного привода;
- оцінити ефективність застосування інших альтернативних способів підвищення енергоефективності (підрізування робочих коліс, заміна насосного обладнання тощо).

7.2 Ефективне споживання енергії в системах каналізації та водовідведення

7.2.1 Загальні відомості про каналізаційні та водовідвідні системи

Каналізація – це життя. У цьому гаслі немає ніякого перебільшення. Каналізацію сміливо можна назвати основним благом цивілізації. Саме вона виконує важливі санітарні функції відведення забруднених стоків і відходів життєдіяльності людини.

Каналізаційна система – сукупність трубопроводів, призначених для відведення побутових стоків із підприємств і населених пунктів за їх межі, а також для очищення забруднених стічних вод перед утилізацією.

Наявність таких звичних нам «побутових зручностей» стала б неможливою без системи відведення стоків. Водопровід, санвузол, ванна кімната – наші щоденні супутники, вихід із ладу яких завжди стає малоприємною подією.

Господарсько-побутові стоки (стічні води) необхідно відводити закритими самопливними трубопроводами в мережу зовнішньої загальносплавної каналізації. За відсутності такої мережі стоки необхідно відводити через локальну систему очищення стоків у приймальних ємностях або герметичних резервуарах з гарантією подальшого вивезення їх асенізаційними транспортними засобами.

Каналізаційна система є цілим комплексом зв'язаних між собою елементів, що забезпечують відведення господарських нечистот і фекалій із житлових будівель та інших об'єктів.

Каналізаційна система має такі елементи:

- санітарні прилади і приймачі стічних вод, призначені для приймання і відведення каналізаційних стоків;

- каналізаційні приймачі стічних вод, тобто трубопроводи, відвідні стоки від приладів і входів у каналізаційні стояки;

- каналізаційні стояки, відвідні стоки, що притікають до горизонтальних трубопроводів зі всіх рівнів даної частини будівлі;

- зливні або накопичувальні трубопроводи, що з'єднують один або декілька стояків із зовнішньою каналізацією або іншим резервуаром (накопичувачем);

- вентиляційні трубопроводи, тобто трубопроводи, що з'єднують стічну каналізаційну систему господарсько-побутових стоків з атмосферою, призначені для вентиляції цієї системи, а також для вирівнювання тиску.

Правильно і ретельно виконана каналізаційна система впливає на працездатність самої каналізаційної системи і на санітарні умови. Неправильно виконана каналізаційна система є причиною виникнення шкідливих для здоров'я протікань нечистот і виділень газів, що сприяють поширенню хвороботворних бактерій, а також сприяє відволоженню конструкції самої будівлі.

За будовою розрізняють централізовану й автономну каналізацію. Централізована – система збирання стоків, розрахована на велику кількість користувачів. Автономна система може бути сформована в окремому будинку, котеджі, і передбачає наявність збиральних, відвідних і очищувальних пристроїв.

За типом розміщення каналізація ділиться на внутрішню і зовнішню. Внутрішня виконує функцію первинного збирання і відведення стоків усередині приміщень і будівель. Зовнішня подає зібране або в централізовану каналізацію, або в систему накопичення і очищення.

У будівлях залежно від характеру і ступеня забруднення стічних вод проєктують такі системи каналізації: побутову – для відведення стічних вод від санітарних приладів (унітазів, раковин, умивальників, ванн, душових та ін.); виробничу – для відведення виробничих стічних вод (одна або декілька залежно від складу і кількості стічних вод); з'єднану – для відведення господарсько-фекальних і виробничих стічних вод за відповідної системи зовнішньої каналізації і за умови їх сумісного очищення.

Води, що містять горючі рідини, значну кількість суспендованих речовин, жирів, масел і кислот, до випуску їх у зовнішню каналізаційну мережу повинні піддаватися відповідному очищенню, нейтралізації й усереднюванню відповідно до вимог спеціальних норм.

Система внутрішньої каналізації складається з таких основних елементів: приймачів стічної рідини (умивальники, раковини, унітази, пісуари, трапи) з убудованими або окремими гідравлічними затворами-сифонами; мереж труб усередині будівель і випусків із будівлі з пристроями для огляду і прочищення трубопроводів; установок для місцевого оброблення стічних вод (пісковловлювачі, жировловлювачі, грязевідстійник, бензиновловлювачі, розріджувачі, нейтралізатори), якщо вони потрібні залежно від складу стічної рідини.

Трубопроводи внутрішньої каналізації так само, як і зовнішньої, проектують зазвичай самопливними і поділяють на: відвідні трубопроводи, якими стічні води від санітарних приладів надходять до стояка; стояки, що проходять по всіх поверхах будівлі; випуски, по яких стічні води будівлі надходять у колодязі дворової мережі, відвідної стічні води у вуличну мережу.

Для того щоб каналізаційна система працювала безвідмовно, необхідно обладнати її якісними трубами і додатковим устаткуванням.

Основною частиною структурної організації будь-якої каналізаційної системи є труби.

Для нашої країни традиційним є устаткування внутрішніх безнапірних каналізаційних систем чавунними трубами. Але вони мають низку недоліків: важкі і непластичні, схильні до корозії, засмічуються відкладеннями і швидко заростають, мають високу теплопровідність.

Ефективною заміною чавунних труб стали їх пластикові аналоги. Сучасні технології виробництва пластиків і полімерів дозволяють надавати синтетичним трубам необхідні показники пружності і міцності, що допускає їх вживання в каналізаційних системах.

7.2.2 Вимоги до монтажу систем внутрішньої каналізації

Монтаж систем внутрішньої каналізації виконують відповідно до проекту виробництва робіт, робочих креслень, діючих федеральних, галузевих і відомчих нормативно-технічних документів.

У будівлях із великорозмірних елементів монтаж санітарно-технічних систем проводять зазвичай паралельно (одночасно) з монтажем конструкцій. На невеликих об'єктах монтаж звичайно виконують послідовно після закінчення основних будівельно-монтажних робіт.

Монтаж трубопроводів внутрішньої каналізації зазвичай поділяється на два етапи.

Етап I – від випуску прокладають горизонтальні й вертикальні ділянки трубопроводів уздовж підвалу, потім – стояки і горизонтальні відвідні лінії на поверхах, далі – трубопроводи витяжної частини каналізації на горищі.

Ретельний контроль глибини всування трубних виробів у розтруб попередньої труби, виконуваний в умовах монтажу, дозволяє уникнути термопружних напруг, що виникають за відсутності компенсації теплових подовжень трубопроводу та здатних призвести до руйнування пластмасових деталей і розгерметизації з'єднань.

Монтаж системи каналізації передбачає такі операції: розмічування осей умонтовуваних трубопроводів і місць розміщення кріплень; установлення кріплень; розміщення в кріпленнях готових вузлів, зібраних із труб, патрубків і фасонних частин; з'єднання вузлів між собою і з окремими елементами трубопроводу; перевірка правильності розміщення горизонтальних і вертикальних ділянок і затягування їх у хомутах кріплення.

Етап II – монтаж горизонтальних ділянок каналізаційних трубопроводів на кожному поверсі з під'єднуванням до сифонів і випусків сантехприладів.

Визначення параметрів стічних трубопроводів і каналізаційних з'єднань передбачає визначення діаметра трубопроводів і стоків, потрібних для забезпечення необхідних швидкостей протікання стоків, а також ступеня наповнення каналізаційних труб.

Підставою для визначення розмірів каналізаційної системи є встановлені розрахункові значення протікання стоків на окремих ділянках системи.

Каналізаційні відвідні трубопроводи

Відвідні трубопроводи – це трубопроводи, що сполучають санітарні прилади з каналізаційним стояком. Відвідні трубопроводи прокладають по стінах, над підлогою або під стелею нижнього поверху, утворюючи так звані підвісні лінії. Улаштування підвісних ліній небажане й абсолютно неприпустиме в житлових приміщеннях та приміщеннях суспільного користування.

Прокладання відвідних труб у міжповерхових перекриттях, що спричинює труднощі під час ремонту, необхідно замінювати прокладанням у борознах і нішах стін або в монтажних шахтах і коридорах. У виняткових випадках застосовують прокладання каналізаційної мережі в коробах або борознах із пристроєм у місцях ревізій дверцят, що відкриваються. Перетин трубопроводами вентиляційних каналів не допускається.

Стік із кожного санітарного приладу, а також автоматичної пральної машини або мийниці повинен мати гідравлічний (водяний) затвор – сифон. Гідравлічний затвор запобігає проникненню в приміщення неприємних запахів із внутрішньої каналізаційної системи. Діаметр водовідведення не повинен бути меншим від випуску із санітарного приладу (виняток становлять пристрої, що

перекачують стоки, або прилади, оснащені подрібнювальними дробарками на випуску). Одинарні прилади повинні мати водовідведення відповідних діаметрів.

До одного водовідведення можна під'єднати декілька приладів. У ванній кімнаті злив з умивальника, ванни та автоматичної пральної машини виконують одним загальним трубопроводом. Діаметр водовідведення в цьому випадку повинен бути більшим, ніж для одинарного приладу.

Довжина групового водовідведення, яка вимірюють по його трасі, не повинна перевищувати 6 м для діаметра 50 мм і 10 м для діаметра 110 мм. Перепад висот між найвищим сифоном і з'єднанням водовідведення із стояком не повинен перевищувати 1 м. Якщо різниця за висотою більша ніж 3 м, то діаметр водовідведення необхідно збільшити на один типорозмір. За більш довгих водовідведень необхідно застосовувати додаткову вентиляцію.

Унітаз повинен мати окреме водовідведення. Рекомендується під'єднати його до окремого трійника, розміщеного нижче від решти водовідведень, особливо якщо унітаз віддалений від стояка. Допускається під'єднання решти приладів на даному рівні (поверсі) за допомогою загального водовідливу, під'єданого до трійника на стояку, розміщеного на 0,7 м нижче від поверхні підлоги даного рівня поверху).

Каналізаційні стояки

Стояки – це спускні вертикальні трубопроводи, відвідні стоки з верхнього поверху на нижній. Діаметр стояка на всій висоті повинен бути однаковим. Стояки розміщують залежно від того, як розміщені санітарні прилади. Під час розроблення архітектурної частини проєкту будівель групи санітарних приладів повинні бути

розміщені на поверхах вертикально (якщо є можливість) з метою зменшення кількості стояків і довжин відвідних ліній від приладів. Стояки вмонтовують як відкрито, так і приховано в борознах, а також у монтажних шахтах. Діаметр стояка повинен бути не меншим ніж максимальний діаметр прилеглих до нього відвідних труб. Стояки можуть бути вентиляльованими і невентильовані. У вентиляльованих стояках верхня частина виводиться вище від даху і служить для вентиляції каналізаційної системи. Стояки, виведені вище від даху, повинні міститися на відстані від вікон, що відкриваються, не менше ніж 4 м.

У будівлях, де неможливе або небажане встановлення витяжних частин (терасні будівлі, стилobati та ін.), допускається встановлення збірного трубопроводу в разі об'єднання не менше ніж три стояки. Окремий вентиляційний стояк умонтовують у будівлях заввишки більше ніж 20 поверхів у тих випадках, якщо неможливо прокласти стояк більшого діаметра або два паралельні стояки.

Під час прокладання внутрішніх каналізаційних мереж необхідно передбачати:

- відкрито – в льосі, підвалах, цехах, підсобних і допоміжних приміщеннях, коридорах, технічних поверхах і в спеціальних приміщеннях, призначених для розміщення мереж, із кріпленням до конструкцій будівель (стін, колон, стель, ферм та ін.), а також на спеціальних опорах;

- прихований – із замуруванням у будівельні конструкції перекриттів, під підлогою (в землі, каналах), панелях, борознах стін, під облицьовуванням колон (в приставних коробах біля стін), у стелях підшивань, у санітарно-технічних кабінах, у вертикальних шахтах, під плінтусом у підлозі.

Допускається прокладання каналізації з пластмасових труб у ґрунті, під підлогою будівлі з урахуванням можливих навантажень.

У багатоповерхових будівлях різного призначення в разі використання пластмасових труб для систем внутрішньої каналізації і водостоків необхідно додержуватися наступних вимог:

- прокладання каналізаційних і водостічних стояків передбачати приховано в монтажних комунікаційних шахтах, каналах і коробах, захищальні конструкції яких (за винятком фронтальної панелі, що забезпечує доступ до шахти, короба та ін.) повинні бути виконані з матеріалів, що не згоряють;

- фронтальну панель виготовляти у вигляді дверей, що відкриваються, з вогнетривкого матеріалу в разі використання труб із поліпропілену;

- прокладання внутрішніх каналізаційних мереж не допускається;

- під стелею, в стінах і в підлозі житлових кімнат, спальних приміщень дитячих установ, лікарняних палат, лікувальних кабінетів, обідніх залів, робочих кімнат, адміністративних будівель, залів засідань, залів для глядачів, бібліотек, навчальних аудиторій, електрощитових, трансформаторних і виробничих приміщень, що вимагають особливого санітарного режиму;

- під стелею (відкрито або приховано) кухонь, приміщень підприємств громадського харчування, торгових залів, складів харчових продуктів і цінних товарів, вестибюлів, приміщень, що мають цінне художнє оздоблення, виробничих приміщень; у місцях установлення виробничих печей, на які не допускається попадання вологи, приміщень, де виробляються цінні товари і

матеріали, якість яких знижується від попадання на них вологи.

Процес протікання стоків через каналізаційний стояк: у першій фазі на вході стоки стікають по внутрішній стінці стояка; в міру наростання потоку стоків захоплюється все більше поперечний периметр стояка, утворюючи водяне кільце, що переміщається вниз уздовж осі стояка. За надмірної кількості стоків можуть утворюватися так звані водяні пробки, тобто на деякій ділянці переріз стояка буде повністю заповнений стоками. За часткового наповнення стояка стоки стікають кільцями вниз, а трубопровідні гази переміщуються знизу вгору до вентиляційної труби. У момент утворення водяної пробки змінюється напрямок проходження повітря з атмосфери до стояка. Протікання стоків у стояку спричинює зміну тиску, який впливає на гідравлічні (водяні) затвори під санітарними приладами. У результаті цього по всій довжині стояка в процесі протікання з'являється знижений тиск, що спричинює характерне булькання води в сифонах санітарних приладів і, як наслідок, спорожнення сифонів від води та ліквідацію гідравлічних затворів.

З'єднання стояка з атмосферою має вирішальне значення для забезпечення функціонування каналізаційної системи загалом.

Для збільшення пропускної спроможності стояка, а також забезпечення можливості відведення більшої кількості стоків, необхідно встановлювати додатковий вентиляційний стояк, умонтований поряд із зливним стояком – так звану бічну вентиляцію.

Не можна відводити дощові стічні води з даху в стояки побутової каналізації, і навпаки, побутові стоки в стояки дощової каналізації.

Вентиляційні трубопроводи необхідно проводити вище від всіх вікон і будь-яких отворів, розміщених на рівні

менше ніж 4 м від цих трубопроводів. Вентиляційні трубопроводи повинні взагалі бути продовженням каналізаційних стояків такого самого перерізу. Одна вентиляційна труба може обслуговувати декілька стояків. Переріз такої труби не повинен бути меншим ніж $2/3$ від суми вентиляційних перерізів.

Інший спосіб вирішення вентиляції стояка – вживання вентиляційного клапана, який встановлюють над найвище розміщеним санітарним приладом. У цьому разі відпадає необхідність виведення стояка вище від даху будівлі. Такий клапан забезпечує засмоктування повітря в каналізаційні трубопроводи, гарантуючи тим самим їх безперебійну роботу. Не всі види стояків можуть закінчуватися вентиляційними клапанами.

Вентиляційний клапан повинен бути виведений на висоту мінімум 10 см над найвище розміщеним сифоном, що обслуговує цей стояк. У невисоких будівлях вентиляційний клапан може бути виведений на горище (вище за найвищий поверх). Не рекомендується застосовувати вентиляційні клапани як вентиляцію стояків у будівлях вище четвертого поверху.

Кожний клапан складається з верхньої і нижньої частин корпусу, мембрани, сітки від комах, перекладок і муфт для приєднання клапана до труб різного діаметра.

За атмосферного тиску або невеликого надлишкового тиску в каналізаційній мережі клапан закритий і перешкоджає виходу в приміщення неприємних запахів, шкідливих газів і пари. У момент розрідження тиску в системі – наприклад, після змиву унітазу, клапан автоматично відкривається, подаючи в систему повітря (до моменту врівноваження тиску в трубопроводі і довкіллі). Клапан залишається закритим до наступного дисбалансу тиску між каналізаційною системою і довкіллям.

Вентиляційні клапани на вертикальних стояках встановлюють на горищі або в іншому приміщенні, де до клапана буде забезпечено безперебійне надходження повітря. Їх розміщують у санвузлах, ванних кімнатах або підвальних приміщеннях технічного призначення за умови легкого доступу до клапанів під час технічного огляду. Якщо клапан установлений у приміщенні, де існує небезпека його замерзання, на верхню частину клапана надягають половину заводської упаковки пінопласту.

Звукоізоляція каналізаційних трубопроводів

Шум виникає в результаті перетворення енергії. Наприклад, під час руху води по вертикальній трубі остання вібрує; до того ж шуми передаються в радіальному напрямі через трубу в оточуюче повітря (звукові хвилі). Сталеві і чавунні труби добре проводять звук у поздовжньому напрямку, а пластмасові труби ефективно пригнічують таке поширення звуку. Радіальне поширення звуку, що передається в оточуюче середовище безпосередньо від його джерела, залежить від густини матеріалу труби, розміщення хомутів кріплення і наявності на них гумових перекладок. Щільному матеріалу труб важко надати руху, тому що важкі труби пригнічують звукові хвилі більш ефективно, ніж труби легкі пластмасові.

Щоб знизити шумові перешкоди до мінімуму, може бути потрібна звукоізоляція труб. У той самий час у разі виконання певних правил монтажу трубопроводів можна обійтися без звукоізоляції труб.

Конструкція трубопроводу, матеріал труб і спосіб їх кріплення в сукупності впливають на виникнення і поширення шумів у системі. Загальним правилом є те, що плавні повороти в трубах знижують загальний рівень шумів.

Під час монтажу внутрішньої каналізації в ній необхідно виключати можливість різких знижень

швидкості протікання рідини, що призводять до виникнення шумів. У цьому разі більш доцільне, наприклад, вживання двох відведень по 45° або трьох відведень по 30° , ніж одне коліно в разі повороту труби, що вертикально йде, на 90° , оскільки більш плавний поворот, що досягається використанням декількох відведень, призводить до зниження шуму й гідравлічного опору трубопроводу. Навіть поворот трубопроводу під кутом 90° , але виконаний із великим радіусом заокруглень, знижує рівень шуму.

Каналізаційні випуски

У підвальних приміщеннях каналізаційні стояки переходять у відвідні трубопроводи, або каналізаційні випуски. Вони починаються в спускних стояків і закінчуються біля першого каналізаційного (ревізійного) колодязя за межами будівлі.

Діаметр випуску повинен бути не меншим від максимального діаметра стояка, приєднуваного до даного випуску. У разі влаштування загального випуску від декількох стояків діаметр випуску визначається розрахунком. За наявності під житловими будинками технічних льохів заввишки не менше ніж 1,6 м і нескладного трасування зовнішньої каналізаційної мережі влаштовують збільшені торцеві випуски.

Улаштування збільшених випусків доцільний у тих випадках, коли досягається скорочення довжини зовнішньої мережі, і не допускається тоді, коли зовнішня каналізаційна мережа проходить уздовж будівлі, а також у будинках, що мають експлуатовані підвали (складські приміщення магазинів, столових, аптек та ін.).

Каналізаційну магістраль розташовують безпосередньо під одним із лав каналізаційних стояків будинку, а другий ряд цих стояків приєднують до каналізаційної магістралі на косих трійниках зі схилом

відвідних ліній не менше ніж 0,05. Водночас кількість горизонтальних приєднань повинна бути мінімальною.

Дворова каналізаційна мережа об'єднує всі випуски з будівель. По ній стічну рідину відводять у зовнішню каналізаційну мережу. На відстані 1–1,5 м від червоної лінії встановлюють контрольний колодязь, який служить виключно для перевірки роботи мережі. Ніяких приєднань до контрольного колодязя не допускається. Дворову каналізаційну мережу проєктують по найкоротшій трасі, по можливості паралельно осям будівель на відстані не більше ніж зазначені вище максимальні довжини випусків.

У разі відведення каналізаційних стоків із підвалу будівлі в недостатньо заглиблений трубопровід каналізаційної дворової мережі існує небезпека затоплення підвальних приміщень поверхневими зливовими потоками через контрольний колодязь. У цій ситуації рекомендується встановлювати на каналізаційному трубопроводі зворотний клапан, що діє автоматично. Зворотний клапан необхідно встановлювати горизонтально так, щоб мати нагоду його обслуговувати, а він не заважав би протіканню стоків із приладів. Приєднувальний канал, через який із будівлі відводяться стоки в зовнішню каналізаційну мережу на незахищену територію, – до накопичувального резервуара або до прибудинкової очисної станції, – повинен мати мінімальний діаметр DN 110 мм.

Трубопроводи необхідно пропускати через кладку стін перпендикулярно до останніх. На виході спускового трубопроводу з будівлі встановлюється ревізія для можливого прочищення трубопроводів. Трубопроводи, що прокладаються в підвалах під підлогами будівель, повинні мати вбудовані оглядові колодязі або ревізії на відстанях, що не перевищують 15 м.

Випуск приєднують до колектора великого діаметра так, щоб лоток приєднуваної труби був розміщений на рівні

не нижче за середню третину діаметра колектора і не нижчий за розрахункову поверхню стічної води в колекторі. У разі приєднання лотків каналізації стічних вод, що виділяють гази і неприємні запахи, влаштовують гідрозакриви.

Другорядні відвідні (від стояків) трубопроводи можуть з'єднуватися в межах будівлі у великі відвідні трубопроводи, з яких найдовший і найбільш навантажений буде головним відвідним трубопроводом. Відрізок головного відвідного трубопроводу між будівлею і місцем під'єднання до зовнішнього трубопроводу називають приєднувальним каналом. Трубопроводи, відвідні стоки від окремих частин:

- необхідно прокладати по можливості по найкоротшій трасі;

- повинні мати відповідний схил;

- потрібно добре провітрювати і промивати.

Головні трубопроводи необхідно виводити з будівлі найкоротшим шляхом.

Під час прокладання каналізаційних випусків і відвідних ліній нижче за підшву збірних фундаментів необхідно влаштовувати футляри з бетонних або залізобетонних труб (які захищають трубопровід від зовнішніх перевантажень і гарантують вільне переміщення трубопроводу) або передбачати місцеве заглиблення фундаментів не менше ніж на 0,1 м нижче за фундамент труби. У житлових будинках, а також у суспільних будівлях з підвалами, каналізаційні трубопроводи зазвичай прокладають на 0,3–0,5 м нижче від позначки підлоги підвалу. Трубопроводи необхідно прокладати прямими ділянками, паралельно найближчим стінам і на необхідній відстані від них – так, щоб не порушити рівновагу фундаментів.

Зміни напрямків трубопроводів необхідно виконувати за допомогою декількох відведень. Радіус виконаної таким чином дуги не повинен бути меншим ніж 10 діаметрів труб головного трубопроводу і п'ять діаметрів труб для другорядного трубопроводу.

Для кожного бічного трубопроводу повинно бути передбачене окреме підведення до головного відвідного трубопроводу, оскільки у відвідних трубопроводах не допускається вживання одноплщинних хрестовин.

У разі потреби приєднання додаткового відведення необхідно видалити відповідний відрізок трубопроводу і закріпити трійник, застосовуючи ремонтні муфти. Можна це також виконати за допомогою комбінації компенсаційного патрубку і ремонтної муфти.

Труби повинні лежати по всій довжині на вирівняному дні траншеї з 10-сантиметровим підсипанням з піску. Розтруби повинні бути обернені в напрямі, протилежному перебігу стоків.

У разі укладання труб безпосередньо в ґрунт під підлогою рекомендується вживання труб для зовнішньої каналізації. У решті випадків допускається вживання труб для внутрішньої каналізації з поліпропілену.

Випускні трубопроводи не потрібно укладати з дуже великими нахилами, щоб не допускати завищених швидкостей руху стоків.

7.2.3 Енергетичне обстеження систем каналізації та водовідведення

Енергетичне обстеження проводять:

- у разі виникнення аварій і позаштатних ситуацій під час експлуатації трубопроводів;
- перед уведенням в експлуатацію нових і відновлених ділянок каналізаційних ліній;

- при пошуку загублених і покинутих колодязів;
- для одержання інформації про довжину і місце розміщення внутрішніх і зовнішніх каналізаційних ліній і вентиляційних комунікацій;
- для одержання інформації про стан інспектованих ділянок;
- для ухвалення рішення про можливість подальшого обслуговування та експлуатації інженерних комунікацій;
- для складання схем інженерних комунікацій.

Порядок проведення енергетичного обстеження систем каналізації

1 Проведення інспекції проблемних ділянок самопливних і напірних внутрішніх та зовнішніх трубопроводів із точним визначенням місця і ступеня руйнування (d50 – d1500 мм).

2 Проведення інспекції побудованих каналізаційних ліній відповідно до СНП і контроль якості будівництва.

3 Визначення місця розташування заасфальтованих і загублених колодязів.

4 Визначення трасування та складання схем внутрішніх і зовнішніх каналізаційних ліній.

5 Визначення залишкового ресурсу експлуатації інженерних комунікацій.

Якщо не проводити енергетичне обстеження, то:

- не буде встановлена причина виникнення аварійних ситуацій;
- буде відсутня інформація про якість будівельних, ремонтних і профілактичних робіт;
- експлуатація та обслуговування інженерних комунікацій стає важкою або зовсім неможливою;

– неможливо провести фінансові й технічні розрахунки під час експлуатації та обслуговування інженерних комунікацій;

– відсутня можливість для обґрунтованого ухвалення правильного рішення під час експлуатації та обслуговування інженерних комунікацій. Недостатньо підстав для підтвердження доцільності витрат на обслуговування інженерних комунікацій.

Енергетичне обстеження проводять так:

У заздалегідь прочищеній ділянці трубопроводу переміщується рухома частина телеінспекційного пристрою, що фіксує внутрішній стан трубопроводу на моніторі. Усе зображення записують на відеокасету. Розміщення кожної точки трубопроводу на місцевості, визначають за допомогою показань лічильника пройденної відстані.

Відеоінспекцію каналізаційних мереж проводять за допомогою такого обладнання:

– робота Р-100 для інспекції зовнішніх трубопроводів діаметром від 125 мм до 400 мм, завдовжки до 100 м. Зображення на моніторі кольорове;

– прошовхувана відеосистема (відеооко) для інспекції внутрішніх і зовнішніх трубопроводів діаметром від 50 мм до 150 мм, завдовжки до 33 м (монітор із чорно-білим зображенням).

Відеодіагностику проводять лише на чистих ділянках трубопроводів.

На підставі відеоінспекції і вимірів позначок глибини лотка роблять висновок про технічну відповідність прийнятим нормам і правилам будівництва й експлуатації інженерних комунікацій.

На підставі відеоінспекції, показань лічильника пройденної відстані і лінійних вимірів визначають точне місцерозташування існуючих комунікацій.

Складають технічний висновок із рекомендаціями та відеофільмом на CD-диску у вигляді додатка.

Діагностика інженерних комунікацій

Діагностика інженерних комунікацій, а саме: трубопроводів промислової каналізації, напірної каналізації, систем опалювання, гарячого і холодного водопостачання, пожежного водопостачання проводять ультразвуковим товщиноміром типу СКАТ-4000. Товщиномір «Скат-4000» застосовують для вимірювання товщини виробів із різних металів, сплавів і пластмас. Для здійснення вимірювань достатньо одностороннього доступу до виробу. Товщиноміром визначають залишкову товщину конструкційного матеріалу трубопровідної комунікації. На основі аналізу експлуатаційного зношення конструкційного матеріалу встановлюється допустимий термін експлуатації інженерних комунікацій.

На підставі проведених вимірів і фізико-математичного аналізу складають технічний звіт про залишковий ресурс експлуатації обстежуваного об'єкта й технічний висновок із рекомендаціями.

Трасування і складання схем

Визначають трасування і складання схем внутрішніх і зовнішніх мереж систем водопостачання і водовідведення (незалежно від матеріалу трубопроводів) й електричних і комунікаційних кабелів за допомогою трасопошукової системи типу RD-4000 фірми RADIODETECTION (США).

На підставі свідчень трасопошукової системи і лінійних вимірів визначають точне місце розміщення існуючих комунікацій і кабелів.

Після вимірів і прив'язок усю інформацію фіксують на схемі.

7.3 Енергозберіжні технології й устаткування в системах каналізації і водовідведення

7.3.1 Утилізація тепла каналізаційних стоків

Загальні зміни в економіці багатьох країн привели до перегляду поглядів на використання нетрадиційних джерел енергії. Ураховуючи, що територія нашої держави розміщена в широтах, де зовнішня температура повітря знижується нижче ніж 0 °С впродовж 6–8 місяців на рік, витрата палива на теплопостачання перевищує витрату палива на електропостачання в 1,5–2 рази. Отже, зі зростанням цін на паливо, тарифів на його постачання виникає необхідність вирішувати завдання зі зменшення споживання паливних ресурсів. Існує також проблема зношеності теплових мереж у системах централізованого теплопостачання. У зв'язку з вищезгаданими проблемами вирішення питань енергозбереження і надійного теплопостачання набуло колосального значення. У країнах Західної Європи, США і Японії надається велика увага використанню альтернативних джерел енергії. Одним із таких джерел є низькопотенційне тепло, яке передається до споживача за допомогою теплового насоса. Нижче розглядається використання теплових насосів, які утилізують тепло каналізаційних стоків.

Принцип дії теплових насосів

Тепловий насос є термодинамічною установкою, в якій завдяки витраті механічної енергії теплота від низькопотенційного джерела передається споживачеві за більш високої температури.

Парокомпресорний тепловий насос (рис. 7.9) складається з випарника, компресора, за допомогою якого відбувається стиснення пари робочої рідини (холодильного агента), конденсатора, в якому відбувається перехід

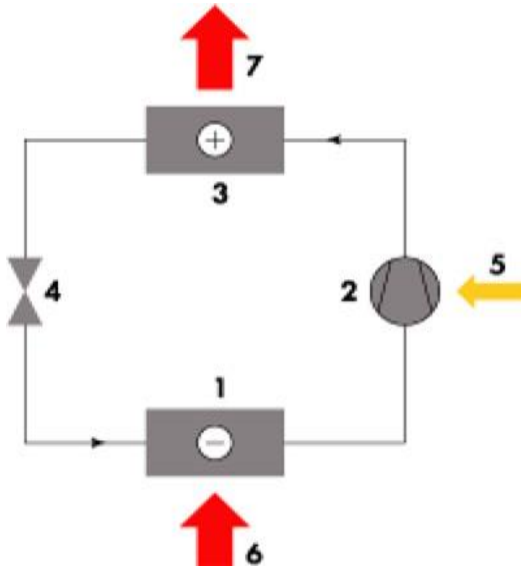


Рисунок 7.9 – Схема теплового насоса:

- 1 – випарник; 2 – компресор; 3 – конденсатор;
4 – дросельний вентиль; 5 – електрична енергія;
6 – тепло від низькопотенційного джерела енергії;
7 – тепло, що відводиться від конденсатора

пароподібного холодильного агента в рідкий стан, і дросельного вентиля, в якому відбувається процес дроселювання, тобто невідновного розширення рідини зі зниженням тиску і температури. У результаті частина рідини перетворюється на пару, водночас її ентальпія залишається незмінною. У випарнику підтримуються більш низькі, а в конденсаторі більш високі температура і тиск холодильного агента. Холодильний агент у конденсаторі перетворюється на рідину, потім у дросельному вентилі його тиск знижується і він частково перетворюється на

пару. Теплота, що відводиться від конденсатора, використовується для нагрівання теплоносія.

Тепло каналізаційних стоків

Холодна вода надходить взимку в будівлю з температурою 5–8 °С. Потім вона прогрівається в трубопроводах, бачках, нагрівається, змішуючись із гарячою водою, і виходить з будівлі з температурою 20–30 °С. З каналізаційними стоками втрачається значна кількість тепла. Сучасні теплонасосні установки дозволяють утилізувати тепло каналізаційних стоків і наблизити їх температуру до температури води, що надходить.

Перша система ДНС в Японії, що використовує необроблені стічні води як джерело нагрівання і охолодження води.

ДНС (district heating and cooling) system – перша система централізованого тепло- і холодопостачання.

Уперше в Японії, в районі Koraku 1-chome в Токіо, для теплопостачання району була встановлена система ДНС, що використовує тепло необроблених стічних вод. Як очікується, використання тепла стічних вод зменшить споживання енергії і викид парникових газів. Уживання цієї системи зменшує споживання енергії на 20 %, викид CO₂ і NO_x на 40 і 37 % відповідно.

Стічні води вже використовувалися в інших проєктах як джерело низькопотенційного тепла для теплових насосів. Проте проєкт у токійському районі Koraku 1-chome унікальний тим, що вперше в Японії використовуються неочищені, необроблені стічні води; дозволяє використовувати теплові насоси не лише на очисних станціях, а й на станціях перекачування і каналізаційних мережах.

Надалі очікується значне збільшення використання стічних вод як джерела низькопотенційного тепла.

Мета проєкту

Об'єм каналізаційних стоків, які виробляються у величезних кількостях великими містами, практично не змінюється впродовж року. Температура стічних вод нижча за температуру зовнішнього повітря в літній час і вища в зимовий. Це робить їх ідеальним джерелом низькопотенційного тепла для використання в теплових насосах. За деякими оцінками, в міській комунікації разом із стічними водами скидається близько 40 % використаного тепла. Мета проєкту полягає в тому, щоб використовувати це величезне джерело тепла для районної системи ДНС, що працює на теплових насосах, заощаджуючи значну кількість енергії і істотно скорочуючи викиди NO_x і CO₂.

Опис установки

Теплообмінники на ДНС-станції сконструйовані нижче від насосної станції для перекачування стічних вод. Їх використовують для передачі тепловому насосу тепла стічних вод, що протікають через насосну станцію. Тепловий насос дозволяє одержати охолоджену або підігріту воду (рис. 7.9).

Ця система зменшує споживання енергії (електроенергії) на 20 % порівняно з тепловим насосом, який використовує повітря як низькопотенційне джерело тепла.

Для видалення більшості зважених твердих частинок у стоках застосовується автоматичний фільтр. Для захисту від корозії деталей насоса використовується неіржавіюча сталь, для труб теплообмінника – титан. Очищаються труби теплообмінника встановленими всередині щітками.

На ДНС-станції змонтовано 3 теплові насоси, 2 з охолоджувальною здатністю 10,5 МВт і нагрівальною здатністю 12,8 МВт кожний і 1 тепловий насос з охолоджувальною здатністю 3,9 МВт і нагрівальною – 5 МВт. Цей насос використовується періодично, коли виникає необхідність подачі гарячої і холодної води одночасно. Витрата стічних вод, що проходять через ДНС-станцію, становить до 129–600 м³ за 1 день. Станція охолоджує воду до +7 °С і нагріває до +47 °С та забезпечує цією водою будівлю загальною площею 126–400 м², подаючи її через теплову мережу, виконану за 4-трубною схемою, прокладену під землею на глибині 7–8 м.

Для вирівнювання теплового навантаження і використання недорогої нічної електрики на станції встановлені баки-акумулятори загальним об'ємом 1 520 м³.

З квітня 1995 р. до березня 1996 р. станція ДНС забезпечила 37–741 ГДж теплової енергії для охолодження води і 9–151 ГДж для отримання гарячої води. У серпні 1995 року коефіцієнт перетворення теплонасосної установки становив 4,3. У лютому 1996 року – 3,9.

7.3.2 Критерії раціонального використання енергії насосними станціями

На гідравлічні характеристики водопровідних систем впливає безліч чинників, зокрема, висота будівлі, кількість споживачів води, рельєф місцевості, діаметр, довжина, конфігурація і матеріал трубопроводів тощо. У результаті різноманітність обставин, що впливають, і їх випадкового поєднання системи водопостачання і водовідведення для різних об'єктів мають неповторювані гідравлічні характеристики.

Очевидно, що для досягнення максимальної енергоефективності потрібно мати достатньо велику кількість типорозмірів насосів. У кожній конкретній системі насос повинен експлуатуватися в робочій точці з максимальним коефіцієнтом корисної дії. З цією метою фірма Grundfos, наприклад, випускає 69 типорозмірів консольних насосів марки NK, 46 типорозмірів моноблокових насосів марки NB і 150 типорозмірів насосів «у лінію» (лінійних) марки TP.

Під час проектування енергоефективних систем доволі часто доводиться підбирати устаткування з номенклатури зарубіжних виробників. Тут свідомо не згадані насоси марок АЦМК, АЦМЛ, АЦМС, ЦНЛ і ЦМК, оскільки їх збирають з імпортних частин і повторюють номенклатуру Grundfos і Wilo.

Під час підбору насосів споживачі нерідко стикаються з тим, що одні виробники не зазначають у своїх документах коефіцієнт корисної дії агрегата, а інші в рекламних цілях завищують ККД своєї продукції. Цю невизначеність можна вирішити, якщо взяти до уваги, що всі виробники комплектують свої насоси електродвигунами, які за потужністю відповідають потужності насоса. Це дозволяє корисній гідравлічній потужності насосів на номінальній подачі стосовно номінальної потужності електродвигуна оцінити енергоефективність насоса, обчисливши коефіцієнт енергоефективності K_E за формулою

$$K_E = \frac{Q \cdot H}{N_{ED}},$$

де Q – номінальна подача насоса ($\text{м}^3/\text{год}$);

H – напір насоса за номінальної подачі (м);

N_{ED} – номінальна потужність електродвигуна (кВт).

З формули бачимо, що чим нижче значення коефіцієнта K_E , тим менш ефективно використовується потужність електродвигуна насоса для транспортування рідини.

Коефіцієнт K_E акумулює в собі такі показники, як досконалість геометрії каналів проточної частини, якість поверхонь цих каналів і стабільність технології виготовлення основних елементів насосів. Перші два показники значно впливають на к. к. д. насоса, а недосконалість геометричних розмірів проточних каналів спонукає виробника застосовувати електродвигун такої потужності, щоб уникнути перевантаження.

Якщо в чисельник формули підставити витрату і напір із гідравлічної характеристики системи, а в знаменник – номінальну потужність електродвигуна, підбраного для цієї системи насоса, то одержимо коефіцієнт K_{EC} енергоефективності насоса в системі. Порівнюючи значення коефіцієнта K_{EC} різних насосів, які можуть бути використані в цій системі, можна вибрати найефективніший варіант.

Обов'язковою паспортною характеристикою будь-якого насоса є к. к. д. – відношення корисної енергії N_{KP} , яка передається в насосі перекачуваної рідини, до механічної енергії $N_{ДВ}$, що підводиться від двигуна до насоса:

$$\eta_H = \frac{N_{KP}}{N_{ДВ}}.$$

Більш повне уявлення про втрати енергії в насосному агрегаті дає к. к. д. насосного агрегата:

$$\eta_{HA} = \eta_H \cdot \eta_{ПР} \cdot \eta_{ДВ},$$

де $\eta_{ПР}$ – к. к. д. передачі від двигуна до насоса;

$\eta_{ДВ}$ – к. к. д. електродвигуна.

Значення η_H і $\eta_{НА}$ залежать від конструкції і розмірів насоса, а також від величини подачі в даний момент.

Для насосної станції, що складається з декількох насосів і забезпечує подачу в межах від Q_{\min} до Q_{\max} , можна розглядати графік к. к. д. насосної станції залежно від її подачі: $\eta_{НС} = f(Q)$. Передбачається, що в кожний момент роботи насосної станції забезпечується ввімкнення мінімально необхідної кількості насосів. К. к. д. насосної станції будується за к. к. д. насосних агрегатів, і за вдалого підбору типу і кількості насосів у межах області перекачуваних витрат може мати значення, близькі до максимальних.

Не всю енергію, яка передається рідині в насосі, потрібно розглядати як корисну. Насоси можуть реалізовувати себе лише в насосній установці – системі, що складається з приймального і напірного резервуарів, насосів і зв'язувальних їх трубопроводів. Пропускна спроможність установки залежить від створюваних у ній тисків: $Q = f(H_T)$. Робочі режими насосної станції можливі лише в точках перетину характеристик насосів і трубопроводів.

7.3.3 Енергозбережна модернізація насосних станцій

У більшості регіонів України каналізаційні насосні станції (КНС), як і вся система каналізації, перебувають в дуже зношеному стані. Будь-який практичний досвід із відновлення КНС становить інтерес як для влади і широкої громадськості, так і для професіоналів.

Модернізація старих об'єктів

Науково-дослідний і проектний інститут СибНІПІ ГазСтрой (Росія) у 80-х роках ХХ ст. розробив прямокутні

каналізаційні насосні станції (КНС) в комплектно-блоковому виконанні зі стандартними вітчизняними насосами типу СМ, продуктивністю 100–200 м³/ч (насоси типу СМ – відцентрові, горизонтальні, консольні, і одноступінчасті – призначені для перекачування побутових і промислових забруднених рідин).

Раніше насосне устаткування встановлювалося на мінімальній позначці нижнього ярусу КНС «під затокою» з приймального резервуара. У р. Когалим Ханті-Мансійського автономного округу побудовано цілу низку таких станцій. За довгі роки експлуатації металеві корпуси споруд зігнили, а за частих затоплень машинного залу насосне устаткування стало повістю непридатним. Спричинило нарікання й високе енергоспоживання об'єкта.

Московський інститут комунального господарства і будівництва спільно з «Архпроект» розробив документацію для реконструкції когалімських станцій, перебудова яких згодом була з успіхом проведена.

Розробники врахували часту затоплюваність об'єкта, вирішивши проблему оригінальним способом – «втопили» машинний зал, переобладнавши його на приймальний резервуар. На КНС встановили заглибні насосні агрегати шведського виробництва (потужністю 5–9 кВт) з новим запатентованим робочим колесом, оснастивши їх термоконтактами, датчиками протікання води у відсік статора, а також приладом, який оброблював сигнали з датчиків MiniCAS. Оператори отримали можливість керувати каналізаційною насосною станцією за допомогою сучасної техніки. Установлена потужність устаткування зменшилася приблизно в два з половиною рази за рахунок влаштування правильно підібраних насосних агрегатів із високим к. к. д. (до 80 %).

Новітня конструкція робочого колеса забезпечує високу незасмічуваність і ефективність одночасно. «Серце»

насоса – напіввідкрите колесо S-подібної форми, доповнене розвантажувальним спіральним жолобом, виконаним у лійкоподібному днищі завитки. Тести показали, що насоси типу N створюють ефект незасмічуваності на 98–100 %, водночас енергоефективність приладу вища за відомі аналоги.

Із застосуванням насосів заглибної дії було вирішене завдання реконструкції устаткування станцій циліндрової форми, виконаних із металу. Реновацію корпусів здійснили армуванням і влаштуванням монолітної бетонної конструкції.

Будівництво нових станцій

Під час будівництва каналізаційних насосних станцій важливе значення має правильний вибір агрегатів, матеріалів і форми об'єкта. Московський інститут комунального господарства і будівництва рекомендує використовувати комплектні пластикові КНС.

Їх поставляють у пластмасовому корпусі, армованому склотоволокном, зі всією необхідною арматурою і контрольними пристроями. Керування цими насосними станціями здійснюється з диспетчерського пункту. Для зручності експлуатації можлива конструкція КНС у двоблоковому виконанні: в одному блоці розміщується насосне устаткування, в іншому – перемикальні засувки.

Відмінною рисою тут є днище спеціальної форми ТОРИ, що виключає осад суспензій і замулювання. Під час його розроблення були проведені дослідження, в яких насоси працювали до найнижчої позначки резервуара на так званому сапі. У результаті було з'ясовано, що днище ТОРИ засмоктує стічну рідину практично повністю.

Монтаж комплектних КНС здійснюється швидко, легко і малими технічними засобами.

Основне завдання експлуатаційних служб КНС – це створення «чистоти» дна насосної станції. Для її вирішення

призначений промивальний клапан, що самостійно контролює чистоту резервуара. Крім того, є спеціальні датчики, що контролюють силу струму. Це дає можливість визначати рівень води в резервуарі й керувати роботою насоса на сапі.

У комплектній КНС Flygt поставлені насоси, призначені для мокрої стаціонарної установки і для роботи з частотою до 15 увімкнень за 1 годину. Кульовий зворотний клапан HDL і замкова засувка відділяє кожний насосний агрегат на напірних трубопроводах. Насосна станція обладнана панеллю керування.

Інше завдання експлуатації – підтримка рівня стічної рідини на КНС. Для цього використовують датчики поплавців рівня ENM-10, а там, де утруднений контроль за видом рідини – ультразвукові.

Датчики поплавців ENM-10 ставлять у приймальному резервуарі на різних рівнях старту / стопу насосів. Сигнали з датчиків надходять на панель керування і здійснюють роботу КНС в автоматичному режимі. Усі сигнали зводять і обробляють на центральному диспетчерському пункті.

Для спрощення відстежування роботи насосів можливе розроблення MAS-контролю, що припускає керування станцією з будь-якої точки світу за допомогою Інтернету.

Пропоновані рішення мають такі переваги:

- компактність установок КНС;
- енергозбереження;
- простота монтажу й експлуатації;
- автоматизація, враховуючи дистанційне керування;
- зниження капітальних і експлуатаційних витрат.

Крім того, вони дозволяють знизити енергоємність каналізаційних насосних станцій на 30–50 %.

Каналізаційні труби з ПВХ для зовнішньої каналізації

Останнім часом полімерні труби все більше витісняють металеві. Величезну роль у цьому процесі відіграє закордонний досвід – велика частина європейських країн використовує різні види пластиків для цього вже впродовж пів сторіччя. Необхідно зазначити, що існує достатньо велика низка полімерних матеріалів для виготовлення труб – поліетилен (ПЕ), поліпропілен (ПП), полібутилен (ПБ), полівінілхлорид (ПВХ) і металопластик (МП), який має три шари: поліпропілен – алюміній – поліпропілен або поліетилен – алюміній – поліетилен. Труби з цих матеріалів можуть бути як напірні – для водопостачання (холодного і гарячого) та опалювання, так і безнапірні – для каналізації та дренажу.

ПВХ є чудовим матеріалом для сучасних каналізаційних систем. Більше ніж 30-річний досвід із виготовлення, встановлення та експлуатації каналізаційних систем із ПВХ свідчить про те, що вироби зберігають свої властивості незмінними навіть після багаторічного використання у трубопроводах для агресивних середовищ.

Висновки до розділу 7

Серед проблемних питань, що потребують негайного вирішення, є економія води в структурі водопостачання. Втрати води в системах водопостачання міст сягають 200–300 % від необхідних. виправити ситуацію можна раціоналізацією водопостачання, для чого насамперед необхідно задіяти резерви.

Резерв водопостачання – це теоретична величина, обумовлена різницею між фактичним та ідеальним водопостачанням. Для реалізації резерву необхідно в системі водопостачання створити умови,

близькі до ідеальних, що потребує значних матеріальних і фінансових витрат.

Витоки води виникають через недосконалість трубопровідної арматури і надлишкового тиску перед нею (невиробничі витрати), через порушення герметичності арматури та інших елементів водопроводу, зливів води. Витоки води визначаються рівнем експлуатації: підтримкою заданого тиску в системі, регулярним оглядом і ремонтом арматури та інших елементів системи.

Основним напрямом підвищення енергетичної ефективності діючої системи водопостачання є її регулювання. Серед багатьох способів регулювання найбільш ефективним і економічно обґрунтованим є регулювання за допомогою частотно-регульованого електроприводу.

Підвищити енергоефективність водопровідної системи можна використанням високоекономічного насосного обладнання, економічних приводних двигунів, автоматизацією керування системою, тощо.

Під час проєктування нових трубопровідних мереж повинно бути витримане оптимальне співвідношення між гідравлічними втратами енергії в період експлуатації і капітальними витратами. Сума зазначених витрат за визначений відрізок часу повинна бути мінімальною.

Каналізаційна система – це комплекс пов'язаних між собою споруд, трубопроводів арматури та інших елементів, призначених для відведення побутових стоків підприємств і населених пунктів за їх межі, а також для очищення забруднених стічних вод перед утилізацією.

Правильно і ретельно побудована каналізаційна система впливає на працездатність самої каналізаційної системи і на санітарні умови. Неправильно побудована каналізаційна система є причиною виникнення шкідливих

для здоров'я витоків нечистот, виділень газів, що сприяють поширення хвороботворних бактерій і т. ін.

Для того щоб каналізаційна система працювала безвідмовно, необхідно обладнати її якісними трубами і додатковим устаткуванням. Для нашої країни традиційними є чавунні труби. Але вони мають низку недоліків: важкі, схильні до корозії, непластичні, засмічуються відкладеннями і швидко заростають, мають високу теплопровідність.

Ефективною заміною чавунних труб повинні стати пластикові аналоги. Сучасні технології виробництва дозволяють надавати пластиковим трубам необхідну міцність і пружність, що важливо для їх використання в системах каналізації та водовідведення.

Системи каналізації та водовідведення повинні бути внесені до загальної системи енергетичного менеджменту підприємства так, щоб ключові дані з цієї сфери збирали й оброблювали. На підставі аналізу зібраних даних визначають залишковий ресурс експлуатації систем, роблять технічні висновки з рекомендаціями.

Основним споживачем електроенергії в системах каналізації і водовідведення є насосні станції (окремі насосні агрегати). Отже, рівень енергоефективності вищезгадуваних систем насамперед визначається раціональним споживанням енергії каналізаційними насосними станціями / насосами.

Високої енергоефективності насосних станцій можна досягти довільним вибором насосних агрегатів та схеми їх з'єднання, енергозбережною експлуатацією, автоматизацією роботи, належним обслуговуванням, своєчасним ремонтом. ***Достатньо вагомими з погляду підвищення енергоефективності систем каналізації та водовідведення є:***

- енергозбережна модернізація насосного устаткування каналізаційних станцій;
- утилізація тепла каналізаційних стоків використанням теплових насосів.

Контрольні запитання до розділу 7

- 1 Що ви розумієте під системою водопостачання (гідравлічною системою)?
- 2 Чим відрізняється гідравлічна система від гідравлічної мережі?
- 3 Які системи водопостачання вам відомі?
- 4 Яке насосне обладнання використовують у системах водопостачання?
- 5 Як правильно вибрати насосний агрегат для заданої гідросистеми?
- 6 Система водопостачання міста, району, окремої будівлі.
- 7 Види витрат енергії в системах водопостачання.
- 8 Як забезпечити високу енергоефективність системи на стадії проектування?
- 9 Запропонуйте заходи зі зменшення втрат енергії в діючих системах водопостачання.
- 10 Як можна економити воду в домашньому господарстві?
- 11 Як впливає термін експлуатації гідравлічних систем на їх енергоефективність?
- 12 Функції, які виконують каналізаційні системи та системи водовідведення.
- 13 Що входить до каналізаційної системи?
- 14 Яка відмінність між централізованою та автономною системами каналізації?
- 15 Що ви розумієте під зовнішньою і внутрішньою каналізацією?

16 Вимоги до монтажу систем внутрішньої каналізації.

17 Як підвищити енергетичну ефективність систем каналізації та водовідведення на стадії експлуатації?

18 Можливості утилізації тепла каналізаційних стоків та стічних вод.

19 Критерії для оцінювання раціонального використання енергії насосними установками.

20 Енергозбережна модернізація каналізаційних насосних станцій. Що ви під цим розумієте?

Глосарій

Навчальна програма – програма щодо підвищення кваліфікації муніципальних службовців.

Енергоощадність – дії, спрямовані на ощадне використання енергії.

Паливно-енергетичні ресурси – сукупність усіх природних і перетворених (похідних) видів палива і енергії, які використовуються в будь-якому господарстві.

Енергоносії – усі види палива, електроенергія, рідини, гази тощо, здатні виконувати роботу.

Енергоефективність – досягнення максимальної ефективності споживання енергії за сучасного рівня розвитку техніки, технології.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне споживання та економне витрачання енергоресурсів і яка реалізується з використанням технічних, економічних і правових методів.

Теплозахист будівель – комплекс заходів, спрямованих на зменшення витрат теплоти будівлями.

Теплозахисні матеріали – матеріали, які використовують для теплозахисту будівель.

Система опалення – гідравлічна або пневматична трубопровідна мережа з інтегрованим у неї джерелом теплоти.

Опалювальні прилади – прилади (металеві радіатори, пластинчасті теплообмінники), за допомогою яких здійснюється опалення приміщень.

Енергозберігаючі технології – технології (технологічні процеси), які здійснюються з найменшими енерговитратами.

Система водопостачання – гідравлічна трубопровідна мережа з інтегрованим у неї нагнітачем (насосом).

Енергозбережна експлуатація – експлуатація енергетичних установок, систем тощо за мінімальних витрат, втрати енергоносіїв.

Попередньо ізольовані труби – труби, ізольовані перед тим, як застосовувати для прокладання теплотраси, іншої трубопровідної мережі.

Регулювання системи – зміна робочих параметрів системи за допомогою різних регулювальних пристроїв.

Електропостачання – комплекс заходів (організаційних, технічних, економічних та ін.), спрямованих на забезпечення споживача електричною енергією.

Енергозбережні джерела світла – різноманітні лампи освітлення, які споживають мінімальну кількість енергоносіїв.

Освітлювальні прилади – різноманітні світильники.

Частотно-регульований електропривод – електропривод з регульованою частотою обертання ротора.

Електричні мережі – мережі, по яких проходить електричний струм.

Технологічні втрати електроенергії – втрати електроенергії, пов'язані з її транспортуванням.

Система стиснутого повітря – пневматична трубопровідна мережа з інтегрованим у неї нагнітачем (компресором).

Система вентиляції – пневмосистема, що складається з трубопроводів, трубопровідної арматури, регулювальних пристроїв, вентилятора і служить для вентиляції внутрішнього повітря.

Енергозбережна експертиза проєктів – експертиза, яку проводять для перевірки проєктів вимогам ефективного використання енергоносіїв.

Енергетичний паспорт підприємства, будівлі, споруди – документ, призначений для відображення фактичного складу енергогенерувального, енергоспоживального та енергопостачального обладнання, його характеристик та стану використання паливно-енергетичних ресурсів.

Економія паливно-енергетичних ресурсів – відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, що проявляється у зниженні їх питомих витрат під час виробництва продукції, виконання робіт відповідної якості.

Список використаної літератури

1. Закладний О. М. Енергозбереження засобами промислового електропривода : навчальний посібник / О. М. Закладний, А. В. Праховник, О. І. Соловей. – Київ : Кондор, 2005. – 408 с.
2. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент : навчальний посібник / Ю. І. Бакалін. – Харків : БУРУН і К, 2006. – 320 с.
3. Енергетичний аудит : навчальний посібник / О. І. Соловей, та ін. – Черкаси : ЧДТУ, 2005. – 299 с.
4. Екологічне підприємництво : навчальний посібник / В. Я. Шевчук та ін. – Київ : Мета, 2001. – 191 с.
5. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / Г. К. Вороновський, та ін. ; за заг. ред. А. К. Шидловського. – Київ : Українські енциклопедичні знання, 2005. – 512 с.
6. Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / А. К. Шидловський та ін. – Київ : Українські енциклопедичні знання, 2004. – 468 с.
7. Енергетика світу та України. Цифри та факти / Г. К. Вороновський та ін. – Київ : Українські енциклопедичні знання, 2005. – 404 с.
8. Еремкин А. Н. Тепловой режим зданий : учебное пособие / А. Н. Еремкин, Т. И. Королева. – Москва : Изд-во АСВ, 2000. – 368 с.
9. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 Україна 244-94. затверджені Держжитлокомунгоспом України 14 грудня 1993 р. – Київ : ЗАТ «ВІПОЛ», 2001. – 376 с.

10. Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Затверджені Держкомітетом України з енергозбереження 25.10.99. – Київ : ЗАТ «ВПОЛ», 2000. – 104 с.

11. Енергоефективність в муніципальному секторі : навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А. Максимов та ін. ; Асоціація міст України. – Київ : ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 184 с.

12. Хоменко О. Г. Енергозберігаючі технології в будівництві : навчальний електронний посібник / О. Г. Хоменко. – Глухів, 2019. – 118 с.

13. Научные методы энергоресурсосбережения энергоменеджмента, борьбы с коррозией и эффективного управления процессами : монография / под общей редакцией Н. М. Фиалко, В. И. Савенко, Л. Н. Высоцкой. – Киев : Центр учебной литературы, 2019. – 200 с.

14. Внутренняя среда помещений: эколого-гигиенические аспекты / Л. Г. Чесанов, А. Г. Шапарь, А. И. Кораблева, В. Л. Чесанов. – Днепропетровск, 2001. – 164 с.

15. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н. Н. Чистяков и др. – Москва : Стройиздат, 1988. – 217 с.

16. Тихомиров К. В. Теплотехника, теплоснабжение и вентиляция / К. В. Тихомиров. – Москва : Стройиздат, 1981. – 283 с.

17. Кораблев В. П. Экономия энергии в быту / В. П. Кораблев. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 189 с.

18. Теплотехника / В. Н. Луканин и др. – Москва : Высшая школа, 1999. – 305 с.

19. Черкасский В. М. Насосы, вентиляторы, компрессоры / В. М. Черкасский. – Москва : Энергия, 1977. – 289 с.
20. Ананьев В. А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балуев. – Москва : Евроклимат, 2000.
21. Щокин Р. В. Справочник по телеснабжению и вентиляции / Р. В. Щокин, С. М. Корневский. – Киев : 1968.
22. Справочная книга по светлотехнике / под редакцией Ю. Б. Айзенберга. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
23. Кунгс Я. А. Автоматизация управления электрическим освещением / Я. А. Кунгс. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 112 с.
24. Идельчик В. И. Электрические системы и сети / В. И. Идельчик. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
25. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю. С. Железко. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 176 с.
26. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод : учеб. пособие для студ. высш. учеб заведений / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляко. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
27. Использование частотно-регулируемого электропривода в насосных станциях // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». – Москва, 2002. – № 2 (10). – Код № 10-6.
28. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод как средство энергосбережения / И. А. Авербах, Е. И. Барац, И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов // Энергетика региона. – Екатеринбург, 2002. – № 2 (45). – С. 34–35.

29. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения / И. А. Авербах, Е. И. Барац, И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов. – Екатеринбург : Свердловгосэнергонадзор, 2002. – 28 с.
30. Янтовский Е. Н. Промышленные тепловые насосы / Е. Н. Янтовский, Л. А. Левин. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
31. Шерстюк А. Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры / А. Н. Шерстюк. – Москва : Высшая школа, 1972. – 267 с.
32. Чиняев И. А. Лопастные насосы : справочное пособие / И. А. Чиняев. – Ленинград : Машиностроение, 1973. – 184 с.
33. Гейгер В. Г. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки : учебник для вузов / В. Г. Гейгер, Г. М. Тимошенко. – Москва : Недра, 1987. – 270 с.
34. Маркус Т. А. Здания, климат, энергия : пер. с англ. / Т. А. Маркус, Э. Н. Моррис ; под ред. Н. В. Кобышевой, Е. Г. Малявиной. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 544 с.
35. Энергоэффективные здания / А. И. Мелуа и др. ; под ред. Э. В. Сарнацкого, Н. П. Селиванова. – Москва : Стройиздат, 1988. – 376 с.
36. Краці практики місцевого самоврядування. Випуск 4 «Досвід ефективного використання енергії та енергозбереження у житлово-комунальному і міському господарстві» (частина друга). – Київ : АМУ та громад, 2006. – 36 с.
37. Краці практики місцевого самоврядування. Випуск 6. – Київ : АМУ та громад, 2007. – 48 с.
38. Державне управління: плани і проекти економічного розвитку : монографія / О. С. Власик та ін. ; за заг. ред. О. Ю. Кучеренка, І. В. Запатріної. – Київ : Вид-во «Віп», 2006. – 624 с.

39. Енергетична стратегія України на період до 2030 року та подальшу перспективу. – Київ : Мін-во палива та енергетики України, 2001.

40. Энергобереження у житловому фонді: проблеми, перспективи, практика : довідник / НДІ проектреконструкція, Інститут житла і довкілля (Німеччина), 2006. – 144 с.

41. От холода к теплу. Политика в сфере теплоснабжения в странах с переходной экономикой. – Публ. Организации экономического сотрудничества и развития и Международного энергетического агенства. – Париж, 2005. – 302с.

42. Матеріали II Українського муніципального Форуму 6–8.09.2006 р. у м. Алушті. – Київ : АМУ, 2006. – 314 с.

43. Лукша О. В. Аналіз типології, енергопотенціалу і заходів тепло санації будинків як необхідні етапи ефективної енергореко­струкції житлового фонду / О. В. Лукша // Обличчя міста. Кращі практики місцевого самоврядування. – Київ : АМУ, 2004. – № 2.

44. Швець Я. С. Тепло у вашому домі / Я. С. Швець, О. М. Щербина ; за заг. ред. Я. С. Швеця. – Львів : ЕКОінформ, 2003. – 174 с.

45. Березовский Н. И. Технология энерго­сбережения : учеб. пособие / Н. И. Березовский. – Минск : БИП-С ПЛЮС, 2007. – 152 с.

46. Энергоэффективность в химической промышленности. Программа ТАСИС. – Киев : Европейская комиссия, 1999. – 170 с.

47. Левенталь Н. Б. Оптимизация тепло­энергетических установок / Н. Б. Левенталь, А. С. Поперин ; под ред. М. А. Стырикова. – Москва : Энергия, 1970. – 350 с.

48. Промышленность Украины – путь к энергетической эффективности. Программа TACIS. – Киев : Европейская комиссия, 1995. – 197 с.

49. Вильям Х. Мак-Адамс Теплопередача / пер. с англ. Б. Л. Маркова ; под ред. Л. С. Эйгенсона и К. Д. Воскресенского. – Москва : Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1961. – 243 с.

50. Семиноженко В. П. Энергия и жизнь. Экология и будущее / В. П. Семиноженко, П. М. Канило, А. И. Ровенский. – Харьков : Фолио, 1997. – 176 с.

51. Управління енергоспоживанням: промисловість і соціальна сфера : монографія / за заг. ред. О. М. Теліженка та М. І. Сотника. – Суми : Видавничо-виробниче підприємство «Мрія-1», 2018. – 336 с.

Навчальне видання

Мандрика Анатолій Семенович,
Антоненко Сергій Сергійович,
Гусак Олександр Григорович та ін.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Навчальний посібник

За загальною редакцією А. С. Мандрики

Художнє оформлення обкладинки В. О. Панченка
Редактор Н. З. Ключко
Комп'ютерне верстання В. О. Панченка

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 19,18. Обл.-вид. арк. 17,67. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 3062 від 17.12.2007.