

О. В. РАДЧУК, канд. техн. наук, доц., СНАУ, Суми;
Л. Г. РОЖКОВА, канд. техн. наук, доц., СНАУ, Суми;
Д. Д. КАЗАКОВ, асистент, СНАУ, Суми

ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОУСТАНОВОК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, НА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ТА УЗГОДЖЕННЯ ЇХ ВИХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗІ СПОЖИВАЧЕМ

В статті проведений аналіз о доцільності використання на переробних підприємствах поновлюваних джерел енергії, зокрема, низькотемпературних теплових джерел і енергії вітру. При впровадженні теплових pomp треба враховувати світовий досвід, зокрема, у виборі сучасних теплообмінних апаратів, компресорів та холодильних агентів. Що стосується вітроустановок, то доцільно впроваджувати ВУ з достатньо високим коефіцієнтом перетворення енергії вітру, працюючими і при низьких швидкостях вітру, маючими самозапуск, добрі експлуатаційні властивості і невисоку ціну. Такими ВУ можуть бути вертикально осьові середньої швидкохідності. Лл.: 4. Бібліограф.: 11 назв.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, вітрова енергія, низько потенційна теплота, вторинні енергоресурси, теплові помпи, вітроустановки, коефіцієнт використання енергії вітру, узгодження, енергозбереження.

Вступ.

Необхідність енергозбереження в теперішній час актуальна для усіх галузей промисловості. Безумовно, це актуально і для переробних підприємств, тому що для переробки і зберігання сировини і готової продукції потрібно багато енергетичних ресурсів, особливо у вигляді теплової енергії. Одним з напрямів зберігання традиційних паливно-енергетичних ресурсів є використання альтернативних (поновлюваних у тому числі) джерел енергії. А враховуючи те, що у даному випадку зменшується екологічна небезпека, використання альтернативних джерел енергії стає ще більш доцільним. Таким чином, впровадження енергетичних установок що використовують вище названі джерела енергії на підприємствах харчової галузі може бути обґрунтовані як економічно, так і з точки зору екології. Відомо, що до таких джерел відносяться безпосередньо сонячна енергія, енергія вітрових потоків, низькотемпературна теплова енергія різноманітних середовищ, як природних (земля, повітря, водоймища та ін.), так і штучних, тобто вторинних ресурсів (відпрацьована гаряча вода, каналізаційні стоки та ін.)

З точки зору специфіки харчової промисловості найбільш перспективними для

використання на підприємствах галузі можуть бути низькотемпературні теплові джерела, енергія вітру та біомаси.

Ми зупинимось на можливостях використання в харчовій галузі низькотемпературної теплової енергії та енергії вітру.

Аналіз останніх досліджень та літератури.

Для використання низькотемпературної теплової енергії застосовуються так звані теплові помпи (далі ТП), тобто установки, що за допомогою механічної

або електричної енергії перетворюють низькотемпературну теплову енергію в теплову

енергію, яка має більш високу температуру.

Принципова схема конструкцій ТП приведена на рис.1.

У загальному випадку кількість

теплоти, що одержує споживач від ТП, визначається за формулою:

$Q_{\text{спож.}} = Q_{\text{утил.}} \cdot \psi$, де $Q_{\text{утил.}}$ – кількість теплоти, що утилізується; ψ – коефіцієнт перетворення теплоти.

В світі за останній час суттєво збільшився обсяг виробництва, а також ринок ТП. Це викликано наступними причинами [1]:

1. Підвищення вимог до опалювального обладнання з точки зору енергозбереження та екологічної безпеки;
2. Стрибками цін на нафту і перебоями постачання природного газу;
3. У ряді країн введено пільгові законодавчі акти, що підтримують впровадження енергозберігаючого екологічно безпечного обладнання і використання альтернативних джерел енергії.

Слід відмітити, що європейський союз в 2008 році включив теплові помпи в перелік систем, які використовують поновлювані джерела енергії. Завдяки цьому, вже у 2008 було продано близько 1 млн. шт. теплових pomp АТW. Першими виробниками даних ТП були фірми Японії (з 2001 р.), тому що мали велику підтримку уряду. В наш час теплові помпи АТW широко використовуються в країнах Європи, але європейські виробники розробили і власні ТП і мають свою частку світового ринку теплових pomp. В основному ТП використовують для опалення та одержання гарячої води. Наприклад, у Швеції на 2007 рік працювало 250 тисяч теплових pomp, що забезпечило 20% потреб теплової енергії і зменшило споживання нафтопродуктів на 1.2 млн. тон на рік [2].

В Україні задіяна незначна кількість теплових pomp, хоча по даним [2] ресурси низькотемпературної теплової енергії прогнозується на рівні 23000МВт, як позитивний приклад можна навести впровадження теплових pomp УАРК в готелі «Ялта» потужністю 1440кВт та пансіонаті «Дружба» потужністю 527кВт(м. Ялта) [3]. Джерела низькотемпературної теплоти у даному випадку наступні:

1. Теплова енергія морської води від відповідного водопостачання;
2. Теплова енергія від потоку морської води басейнів;
3. Теплова енергія від кондиціонування приміщень;
4. Теплова енергія від холодильних установок.

Згідно з [3] економія палива за рахунок впровадження ТП у готелі «Ялта » і пансіонаті «Дружба» у сумі дорівнює 4200 т. у. п. на рік.

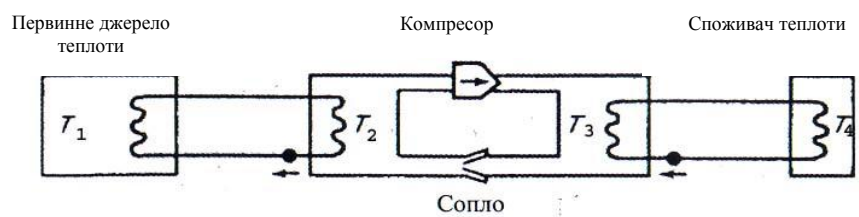


Рис. 1. Принципова схема конструкцій ТП

Зараз одним із відомих виробників ТП в Україні є завод холодильного машинобудування «Рефма», м.Мелітополь. Він виготовляє ТП потужністю до 100 кВт для побутових потреб.

Що до використання енергії вітрових потоків, то в ряді розвинутих країн світу спостерігається бум у спорудженні вітроелектростанцій. Згідно з [4] загальна потужність вітроелектростанцій (далі ВЕС) у 2006 дорівнювала 74221 МВт, а в 2009 -

вже 159213 МВт [5], товарообіг світового ринку вітроенергетики в 2009 році склав 50 млрд. євро, кількість робочих місць дорівнює 550 тисяч, а в 2012 році очікується 1 млн. робочих місць. На рис. 2 показана прогнозуемая динаміка розвитку вітроенергетики до 2020 року [5].

В Україні потужність ВЕС в 2009 році дорівнювала 90 МВт [5].

Слід відмітити, що ВЕС, які споруджені в Україні, в основному мають велику потужність і не завжди рентабельні, тому що деякі з них були запроектовані в США у 70-х роках минулого століття для середньої швидкості вітру 10 -14 м / с, а в Україні середня швидкість вітрових потоків не перевищує 6,2 м/с [4]. Але за останні роки в Україні розробляються вітроустановки малої потужності

(до 20 кВт або можливо до 50 кВт). Як показав досвід, набутий при впровадженні вітроустановок (далі ВУ) малої потужності, вони можуть бути в Україні найбільш перспективними. Мала вітроенергетика залежно від потужності може мати наступних споживачів [4]:

1. 0,020-0,024кВт- забезпечення локального резервного освітлення .
2. 0,060-0,075кВт- використання на яхтах
3. 0,20-0,24кВт- приміські дачники
4. 0,60 - 0,75кВт- середньостатистична українська сім'я
5. 2,0-2,4кВт- малосімейні сільськогосподарські приватні підприємства
6. 6,0-7,5кВт- невеликі фермерські господарства
7. 20кВт - малі села, хутори, середні та великі фермерські господарства

Таким чином, мала вітроенергетика може бути доволі корисною в напрямку децентралізації і можливості енергопостачання споживача, як фізичної особи, так і юридичної, тобто підприємства. В наш час в Україні є ряд виробників малих вітроустановок, зокрема, відомі такі фірми як НВФ «Енергодар», ПП «Світ вітру»(м. Харків); НТЦ «Альтекс»(м Київ), «ЕКО», ДКБ «Південне»(м Дніпропетровськ). Дані підприємства виробляють ВУ переважно з горизонтально-осьовим робочим колесом.

Мета досліджень, постановка проблеми.

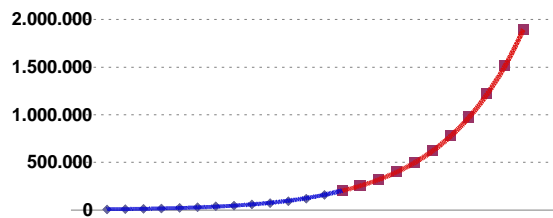


Рис. 2. Прогноз розвитку світової вітроенергетики до 2020 року в МВт (данні наведено з 1997року)

Мета даної статті - аналіз та обґрунтування шляхів впровадження на переробних підприємствах харчової галузі енергоустановок, що використовують альтернативні джерела енергії, зокрема, теплових pomp та вітроустановок, і розгляд узгодження їх вихідної потужності зі споживачем.

Матеріали досліджень.

Як вже було вище вказано, підприємства харчової промисловості споживають значну кількість паливно-енергетичних ресурсів: теплоти, електричної енергії, холоду т. і. При цьому виборчі процеси супроводжуються відходами енергії у вигляді теплоти, що називаються вторинними тепловими ресурсами. До них відносяться:

1. Вторинна пароконденсатна суміш гріючої водяної пари, яка була вже використана у теплообмінних апаратах;
2. Відпрацьована пароповітряна суміш із термічних камер теплової обробки продукції;
3. Відпрацьоване повітря із сушильних установок;
4. Відхідні димові гази котельних установок та технологічних печей;
5. Відхідна гаряча вода;
6. Фізична теплота продукції;
7. Теплота конденсації холодного агенту у холодильних машинах.

Якщо вторинні теплові ресурси мають доволі високу температуру ($>50^{\circ}\text{C}$), то їх використовують безпосередньо, наприклад, для побутових потреб. Але низькотемпературні теплові джерела доцільно перетворювати з метою одержання більш високих температур. Кількість теплової енергії залежить від кількості і параметрів теплоносія. Прикладом такого джерела є теплота холодильного агенту в холодильній машині. Температура у даному випадку для умов України (клімат і опалення) не перевищує 40°C . Будь-яке підприємство галузі обов'язково має холодильну установку, тому практично на всіх можливо і доцільно впроваджувати теплові помпи. Найбільш у даному випадку доцільна категорія теплових pomp «повітря-повітря» і «повітря-вода». Схема холодильної машини і теплової помпи наведена на рис.3, при цьому Q_1 - теплота, що утилізується ТП, Q_2 – теплота, що передається споживачу.

Відомо що теплота конденсації холодильного агенту в загальному випадку дорівнює сумі теплоти, що відібрана в холодильній камері і енергії, яку споживає компресор.

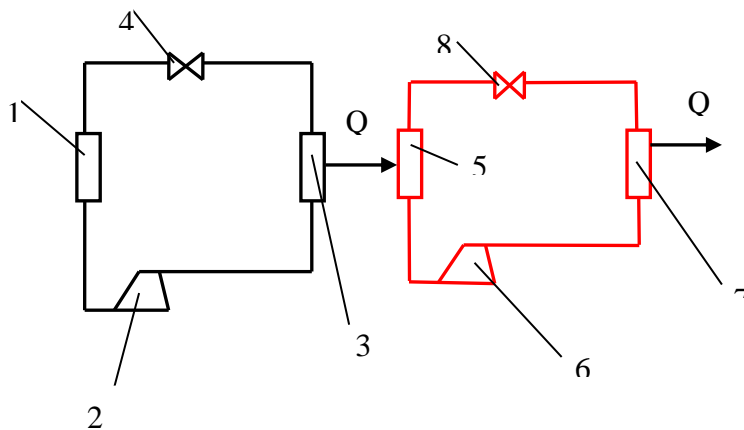


Рис 3. Принципова схема установки «Холодильна машина – теплова помпа»: 1, 2, 3, 4- відповідно випарник, компресор, конденсатор, дросельний вентиль холодильної машини; 5, 6, 7, 8 - відповідно випарник, компресор, конденсатор, дросельний вентиль теплової помпи

$$Q_{\text{конд.}} = Q_0 + L_{\text{к.х.м.}},$$

де Q_0 кількість теплоти, відібраної у холодильній камері,

$L_{\text{к.х.м.}}$ - робота компресора, яка еквівалентна спожитій електричній енергії холодильної машини.

Якщо врахувати втрати теплової енергії, то теплота, одержана від теплової помпи, дорівнює

$$Q_{\text{т.п.}} = \varphi Q_{\text{конд.}} \psi,$$

де φ – коефіцієнт втрат теплоти;

ψ – коефіцієнт перетворення теплоти ТП.

$$\psi = Q_{\text{т.п.}} / L_{\text{к.т.п.}},$$

де $L_{\text{к.т.п.}}$ – робота компресора теплової помпи.

ψ (або COP у міжнародному визначенні) визначає ефективність роботи теплової помпи. В залежності від умов роботи він може бути досить високим, наприклад, досягати 5. Зокрема, ефективність роботи теплової помпи залежить від двох температур: по-перше, від температури джерела теплової енергії - чим вище температура, тим більш сприятливі умови роботи; по друге, від температури, необхідної споживачу: чим нижче потрібна температура, тим вище буде ефективність ТП.

Другим напрямом на переробних підприємствах є використання теплоти відпрацьованої води, повітря, димових газів та ін. (тобто вторинних теплових ресурсів). Теплота вторинних теплових ресурсів у загальному випадку дорівнює:

$$Q_{\text{в.р.}} = M_{\text{ен.}} \Delta h \tau,$$

де $M_{\text{ен.}}$ - кількість джерела теплоти, кг/год або м³/год;

Δh – перепад ентальпії, кДж/год;

τ - час роботи, год.

Порядок розрахунку теплоти, що перетворюють ТП при використанні вторинних теплових ресурсів, аналогічний наведеному вище.

Слід відмітити, що для ефективної роботи ТП велике значення мають холодоагенти, тому що температури їх випаровування і конденсації обумовлюють тиск, який повинен бути у випарнику та конденсаторі, і тому задають параметри роботи компресору. До теперішнього часу переважно використовувались холодоагенти R-12 і R-22. Але в зв'язку з тим, що вони можуть стати дефіцитними і, крім того, цей клас холодоагентів є озоноруйнуючим, у країнах Європи прийнято рішення з переходу на альтернативні озонобезпечні холодоагенти [6]. Таким вимогам відповідають, наприклад, аміак, двоокис вуглецю (CO₂), бутан та деякі інші речовини [7,8]. Досвід показав, що аміак є неперевершеним з точки зору енергетичної ефективності в промислових системах холодильних машин та теплових pomp потужністю вище 500кВт. Також показали досить високу енергоефективність ТП на двоокису вуглецю і на суміші аміаку і диметилового спирту.

Узгодження потужності ТП зі споживачем полягає у тепловому розрахунку споживаючого обладнання, тобто кількості теплоти при потрібних параметрах теплового режиму, що і визначить необхідні характеристики ТП.

Що стосується вітроустановок (далі ВУ), то їх використання на підприємствах харчової галузі, на наш погляд, також є доцільним. По-перше, вітер як джерело енергії є безкоштовним і невичерпним, до того ж, як вже було

вказано вище, може використовуватись децентралізовано. В сучасних умовах це важливо, тому що спостерігається поява все більшого числа середніх та малих харчових підприємств, які досить часто розташовані у місцевості, де потрібно автономне джерело енергії. В Україні виготовляються ВУ переважно традиційного горизонтально-осьового типу, швидкохідні та тихохідні [4]. Перші мають при високому коефіцієнті використання енергії вітру деякі недоліки: важкий початковий запуск, тому що обертаючий момент зрушення вітроколеса зі стану спокою дуже малий; потребують доволі високої швидкості вітру, крім того, спостерігається підвищений шум при великих швидкостях вітру. Тихохідні мають великий обертаючий момент, можуть працювати при швидкості вітру від 2 м/с, але їх ККД нижчий ніж у швидкохідних. Відомі вертикально – осьові ВУ (ротор Дар'є, ротор Савоніуса) мають таки ж недоліки.

На наш погляд, на підприємствах харчової промисловості доцільно впровадження нового типу вертикально-осьового ВУ з середньою швидкохідністю [9]. Дані ВУ характеризуються наявністю самозапуску, можливістю роботи при низькій швидкості (від 2 м/с) і будь - якого напрямку вітру. Діючий демонстраційний макет такої ВУ посвідчив наявність самозапуску, роботу у широкому діапазоні швидкості вітру і показав відсутність шуму і обледеніння. До того ж, найбільш важливе, що дані ВУ мають досить високий коефіцієнт використання енергії вітру (рис. 4.)

Крім того, середня швидкохідність обумовлює зниження вимог до міцності та надійності конструкції ВУ по зрівнянню зі швидкохідними, а вертикальне розташування валу поліпшує експлуатаційні характеристики ВУ, спрощує одержання не тільки електричної, але теплової і механічної енергії, що є важливим в умовах підприємств. Узгодження

потужності і характеристик ВУ зі споживачем має деякі особливості, що обумовлюється нестабільністю характеристик вітру. Якщо ротор ВУ безпосередньо з'єднується з обладнанням, треба забезпечувати відповідність не тільки потужності ВУ та обладнання, але і обертаючого моменту і швидкості обертання. Маючи залежність потужності ротору ВУ від швидкохідності, можна завжди визначити ці параметри за відомою формулою:

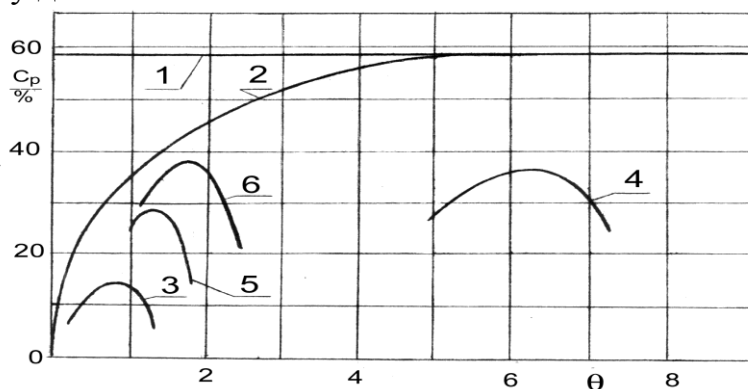


Рис.4. Залежність коефіцієнта використання енергії вітру C_p від швидкохідності θ : 1 - критерій Бетца; 2 – ідеальне вітроколесо; 3,4 - відповідно вертикально осьові ВУ: тихохідний ротор Савоніуса та швидкохідний ротор Дар'є; 5,6 – відповідно вертикально – осьові Вітроустановки середньої швидкохідності з лопатями КН і двохелементними

$$P_{\text{рот.}} = M_{\text{об.}} \cdot \omega,$$

де $P_{\text{рот}}$ – потужність ротора ВУ;

$M_{\text{об.}}$ - обертаючий момент на валу ротора;

ω – кутова швидкість обертання ротора.

Таким чином, відповідні характеристики обладнання, що споживає енергію, обумовлюють вибір ВУ з забезпеченням роботи ротора в області характеристики, де коефіцієнт використання енергії вітру є максимальним або величина його зниження є допустимою. Зрозуміло, що при зміні швидкості вітру змінюються і параметри роботи ВУ. Тому в роботі споживача можуть бути паузи, що іноді вкрай неприпустимо. Тому доцільне впровадження акумулюючих пристроїв. Якщо зосередитись на одержанні теплової енергії, то доцільне використання теплоакумулюючих установок. В останній час у розробці акумуляторів теплової енергії спостерігається зріст активності. Наприклад, пропонуються адсорбційні термотрансформатори, де тепла енергія акумулюється у вигляді термохімічного потенціалу сорбенту і може зберігатися тривалий час практично без втрат[10]. Автори підкреслюють, що вищеназвані теплоакумулятори є ефективним інструментом енергозбереження, який сприяє залученню в енергообіг поновлювані джерела енергії.

З точки зору універсальності найбільш прийнятні для впровадження електричні акумулятори (батареї). Характеристики сучасних електричних батарей наведено у табл. (по даним [11]).

Таблиця - Характеристики деяких батарей (Jensen і Sorensen, 1984; Cultu, 1989a; Scrosati, 1995; Buchman, 1998) та порівняння їх з метою, яку встановили в 1977 році (Weiner, 1977)

Батареї	Електроліт	ККД, %	Щільність енергії	Пікова питома потужність (Вт/кг)	Постійне питома навантаження (Вт/кг)	Термін експлуатації (кількість циклів)	Робочі температури, °С
Промислові:							
Свинцово-кислотні	H ₂ SO ₄	75	20-35	120	25	200-2000	від —20 до 60
Нікель - кадмієві	КОН	60	40-60	300	140	500-2000	від —40 до 60
Нікель – метало-гібридні	КОН	50	60-80	440	220	<3000	від 10 до 50
Літій - іонні	LiPF ₆	70	100-200	720	360	500-2000	від -20 до 60
Які розробляються							
Натрій-сірні	Б-Al ₂ O ₃	70	120	240	120	2000	от 300 до 400
Літій-сульфідні	AlN	75	130	200	140	200	от 430 до 500
Цинк-хлорні	ZnCl ₂	65	120	100			0
Літій-полімерні	Li-b-Alu	70	200			>1200	от —20 до 60
Цільові елементи 1977 року:							

Високо-енергетичні		65	265		55-100	2500	
Високо-потужні		70	60	280	140	1000	

Висновки

Проведений аналіз свідчить о доцільності використання на переробних підприємствах поновлюваних джерел енергії, зокрема, низькотемпературних теплових джерел і енергії вітру. При впровадженні теплових pomp треба враховувати світовий досвід, зокрема, у виборі сучасних теплообмінних апаратів, компресорів та холодильних агентів. Що стосується вітроустановок, то доцільно впроваджувати ВУ з достатньо високим коефіцієнтом перетворення енергії вітру, працюючими і при низьких швидкостях вітру, маючими самозапуск, добрі експлуатаційні властивості і невисоку ціну. Такими ВУ можуть бути вертикально осьові середньої швидкохідності. Нестабільність енергії вітру ускладнює узгодження характеристик ВУ і споживаючого обладнання при безпосередньому підключенні. Тому доцільне впровадження сучасних теплоакумулюючих і електроакумулюючих пристроїв.

Список літератури: 1. Мировой рынок тепловых насосов «воздух-вода» // Холодильная техника – 2010 - №2. 2. Щербина О. Энергия для всех.: Технический довідник з енергоощадності та відновлювальних джерел енергії. Видання четверте / О. Щербина. – Ужгород: Видавництво Валерія Падяка -2007. 3. Лежнева Л. И. Теплонасосы: Крымские перспективы / Л. И. Лежнева // Энергосбережение.- 2010 - №9. 4. Онінко О. Ф. Вітроенергетика та енергетична стратегія. / О. Ф. Онінко, Б. П. Коробко, В. М. Миханюк - Київ.: Фенікс, 2008. 5. Отчет Всемирной ассоциации по использованию ветровой энергии за .2009. 6. Переход с R22 на альтернативные хладагенты – актуальное, простое и экономически эффективное решение. // Холодильная техника., 2010-№6. 7. Моника Витт Природные хладагенты состояние вопроса и тенденции. / Витт Моника // Холодильная техника - 2010-№10. 8. Доктор Карин Ян. Экологически безопасные тепловые насосы. / Карин Ян // Холодильная техника -2010-№4. 9. Рожкова Л. Г. Нові форми профілів лопатей вертикально – осьових вітроустановок середньої швидкохідності.: автореф. дис. канд. техн. наук.: Рожкова Людмила Георгіївна. – Суми, 2004 – 21с. 10. Корінчевська Т. В., Снежкін Ю. В., Чалаєв Д. М., Шаврін В. С., Дабіжжа Н. О. Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. 2009.: Матеріали з Інтернету. 11. Соренсен Б. Преобразование, передача и аккумуляция энергии : Учебно – справочное руководство /Б. Соренсен – М., Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011.-296с.

УДК 620.9(083)

Пути внедрения энергоустановок которые используют альтернативные источники энергии на перерабатывающих предприятиях и согласование их вырабатываемой мощности с потребителем / Рожкова Л. Г., Радчук О. В., Казаков Д. Д. // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ».- 2012.- 50(956). С.139-146

В статье проведен анализ о целесообразности использования на перерабатывающих предприятиях возобновляемых источников энергии, в том числе, низкотемпературных тепловых источников энергии ветра. При внедрении тепловых pomp необходимо учитывать мировой опыт, в том числе, при выборе современных теплообменных аппаратов, компрессоров и холодильных агентов. Что касается ветроустановок, то

рационально внедрять ветровые установки с достаточно высоким коэффициентом преобразования энергии ветра, которые работают и при низких скоростях ветра, имеют самозапуск, удобные в эксплуатации и недорогие. Такими ветровыми установками могут быть вертикально - осевые средней быстроходности. Ил.: 4. Библиограф.: 11 назв.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, ветровая энергия, низкопотенциальная теплота, вторичные энергоресурсы, тепловые насосы, ветроустановки, коэффициент использования энергии ветра, согласование мощности, энергосбережение.

UDC 620.9(083)

Way of introduction energoustanovok that use alternative sources energii in processing plants and harmonization of their power output with the consumer/Rozhkova L. G., Radchuk O. V., Kazakov D. D.//Bulletin of NTU "KhPI". Subject issue:New desicionns of modern technologies.- Kharkov: NTU "KhPI".- 2012.-№ 50(956). P.139-146

In article is take the analysis of use expediency at the processing enterprises of renewed energy sources, including low-temperature thermal wind energy sources. At introduction thermal pump it is necessary to consider global experience, including, at a choice modern heat exchange devices, compressors and refrigerating agents. As to wind driver generator, it is rational to introduce windfarm with high enough of wind power transformation factor, which work and at low speeds of a wind, have the self-start, convenient in operation and inexpensive. Such wind driver generator can be vertically - axial average rapidity windfarm. Im.: 4, Bibliogr.: 11.

Keywords: alternative energy sources, wind energy, low potential heat, waste energy, heat pumps, wind turbines, wind energy utilization, coordination capacity, energy saving.

Надійшла до редакції 10.10.2012