

УДК 621.311.22

Оцінка вторинних енергоресурсів та напрямки підвищення енергоефективності при реконструкції систем паропостачання промислових підприємств

Е.С. Малкін¹О.Г. Погосов²

¹д.т.н., професор. Київський національний університет будівництва і архітектури, saodhar@gmail.com

²завідуючий лабораторією. Київський національний університет будівництва і архітектури, pogosov_aleksandr@ukr.net

В статті наводяться види та параметри характерних вторинних енергоресурсів та розглянуті можливі варіанти реконструкції систем паропостачання промислових підприємств, при реалізації яких досягається підвищення рівня енергозбереження та відповідно зменшуються енергетичні затрати на одиницю продукції. Представлене систематизоване коло завдань, пов'язаних із енергозбереженням в досліджуваній сфері. Наведені заходи дозволяють в повній мірі зберегти основу технологічного процесу, особливо на етапі споживання енергії кінцевими споживачами. Наводяться схеми енергоефективних систем паропостачання.

Ключові слова: паропостачання, вторинний енергоресурс, енергозбереження, система паропостачання, парова турбіна малої потужності, пара вторинного скипання, ступенева система паропостачання.

Вступ. Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) промислових підприємств на рівні з нетрадиційним та відновлювальними джерелами енергії можуть значно скоротити енергоспоживання та в результаті енергоємність промислової продукції. Значний потенціал ВЕР має місце в системах паропостачання промислових підприємств. Пара є невід'ємним та обов'язковим енергоносієм багатьох технологічних циклів та процесів. Нераціональне використання високо потенціального енергетичного ресурсу, яким є пара в насиченому та перегрітому станах, та погіршення якості пари, наприклад на етапі переходу в вологий стан, очевидно значно підвищують шкідливі втрати енергії та енергоємність будь-якої продукції.

Актуальним завданням є використання ВЕР промислових підприємств для енергетичного забезпечення споживачів, особливо супутніх виробництв. ВЕР промисловості діляться на три основні групи: горючі, теплові та ресурси надлишкового тиску. В таблиці 1 наведено комплекс систематизованих вторинних енергетичних ресурсів промислових підприємств з типами та характеристиками первинних та вторинних енергетичних ресурсів.

Таблиця 1

Систематизація ВЕР промисловості

Первинні енергетичні ресурси	Супутні вторинні енергетичні ресурси	
	Різновиди енергоресурсів	Характеристика, якісні параметри
1. Тверде, рідке, газоподібне паливо або електроенергія для обслуговування технологічних високотемпературних процесів (промислові печі) і охолоджуюча вода.	1.1. Відхідні горючі гази коксових та доменних печей:	
	1.1.1. Коксовий газ – продукт випалу коксу в коксових печах.	Теплота згоряння: $Q_{н}^p = 17600-18000$ кДж/м ³ Склад газу: CO ₂ =2÷4%; CO= 6 ÷ 8 %; H ₂ = 55÷ 62%; CH ₄ = 24-28%; етилен, пропілен та ін. = 2-3 %; N ₂ = 3-2 %; O ₂ = 0,4-08 %, густина 0,4-0,55 кг/м ³ . Вибухонебезпечний.
	1.1.2. Доменний газ – побічний продукт доменного виробництва, утворюється в результаті неповного згоряння коксу.	$Q_{н}^p = 3350 \div 4610$ кДж/м ³ Склад газу: CO ₂ =10-12,5%; CO=28,5-30,5%; H ₂ =1,5-3,8%; N ₂ = 58-59,5%; O ₂ = 0,1-0,2%, густина 1,28-1,3 кг/м ³ , теоретична температура горіння 1430-1500 °С.
	1.1.3. Феросплавний газ – виплавка феросплавів в електропечах.	$Q_{н}^p = 11300$ кДж/м ³ Склад: CO = 85%; H ₂ = 4%; N ₂ = 5,6 %; O ₂ = 1%; CO ₂ =3%; H ₂ S =0,4%. Високотоксичний, вибухонебезпечний газ.
	1.2. Відхідні горючі гази підприємств нафтової промисловості.	$Q_{н}^p = 10000-15000$ ккал/м ³
	1.3. Відхідні горючі гази промислових печей.	$t_{o,r} \geq 500-1000$ °С
	1.4. Нагріта охолоджуюча вода та пара випарного охолодження	$t_{o,v} \leq 95$ °С. $P_{н.о} = 1,6-4$ атм
	1.5. Тепло, що виділяється розплавленими металами, коксом і шлаками промислових печей.	$t_{отх} > 1000$ °С
2. Газ і рідке паливо для обслуговування технологічних силових процесів (з двигунами внутрішнього згоряння повітродувних, компресорних та інших агрегатів) і охолоджуюча вода.	2.1. Гарячі гази, що відходять від двигунів внутрішнього згоряння.	$t_{o,r} = 350-600$ °С
	2.2. Нагріта охолоджуюча вода, що відходить від двигунів внутрішнього згоряння.	$t_{o,v} < 100$ °С

Продовження таблиці 1

3. Горюча і технологічна сировина (в підприємствах металургійної, деревообробної, текстильної, харчової та інших галузях промисловості).	3.1. Горючі тверді та рідкі відходи виробництва.	$Q_{н}^p = 10000$ ккал/кг
4. Пара для обслуговування технологічних силових (в молоткових, пресових і штампувальних агрегатах) і нагрівальних процесів.	4.1. Відпрацьована виробнича пара.	$P_{о,п} = 1,3 \div 1,5$ атм
	4.2. Вторинна виробнича пара.	$P_{в,п} = 1$ атм
	4.3. Конденсація пари, що використовується для нагрівальних цілей (гаряча скидна вода).	$t < 100$ °C
	4.4. Внутрішні тепловиділення у виробничих приміщеннях.	$t < 100$ °C
5. Гаряча вода для побутового тепло споживання.	5.1. Скидна забруднена вода.	$t < 50$ °C
6. Електроенергія для обслуговування силових, термічних та освітлювальних процесів.	6.1. Внутрішні тепловиділення у виробничих приміщеннях.	$t < 100$ °C
	6.2. Скидна нагріта вода від виробничих агрегатів.	$t < 100$ °C

Особливо цікавими є питання корисної утилізації ВЕР в системах паропостачання. Цей напрямок тісно перетинається із питанням енергозбереження систем паропостачання промислових підприємств. Таким чином, завдання, пов'язані із енергозбереженням в системах паропостачання, повинні бути систематизовані та окреслені рядом заходів з виділеною першочерговістю (рис. 1). Так заходи першої черги досліджені та широко висвітлені в літературі [1, 2]. Відсутність цих заходів пов'язана з моральною та технічною застарілістю існуючих систем паропостачання. До другої черги відносяться заходи з заміни елементів з нераціональною втратою енергії (наприклад установки редуціювання пари для досягнення необхідних параметрів енергоносія [3]) та заходи, що пасивно впливають на втрати енергії в системі (надмірна вологість пари [4], недостатній рівень перегріву). Заходи третьої черги значно впливають на систему паропостачання в тепломеханічній та гідравлічній частинах, при цьому дозволяють повністю зберегти параметри енергоносія та значно зменшити енергетичні затрати в системі.

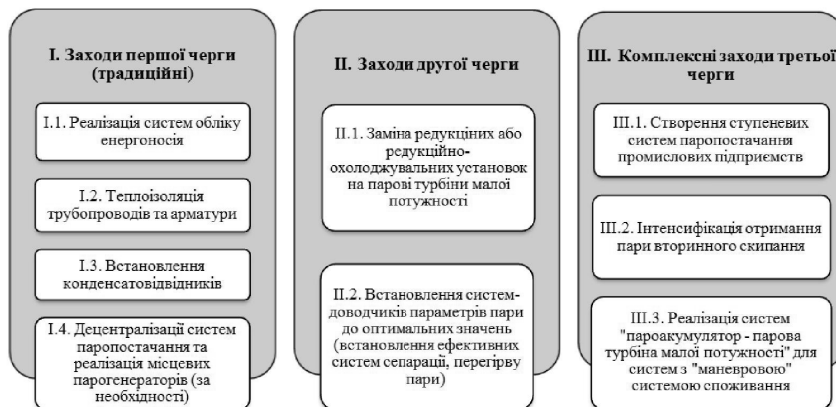


Рис. 1. Систематизація заходів щодо підвищення ефективності систем паропостачання

Технологічні цикли та процеси, що потребують пару в якості енергоносія, практично завжди вимагають різних параметрів тиску та температури (Таблиця 2). Це в свою чергу призводить до появи в схемах систем паропостачання редукційних або редукційно-охолоджувальних установок. Фактично найчастішим варіантом реалізації необхідної системи для підтримання різних параметрів пари у споживачів є встановлення для кожного з них окремого дросельного вузла (типові схема наведені на рисунках 2, 3).

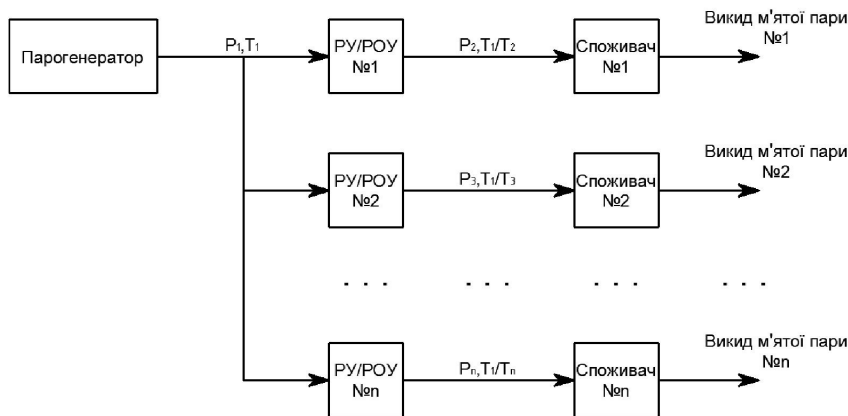


Рис.2. Типова схема паропостачання промислового підприємства зі скиданням м'ятої пари

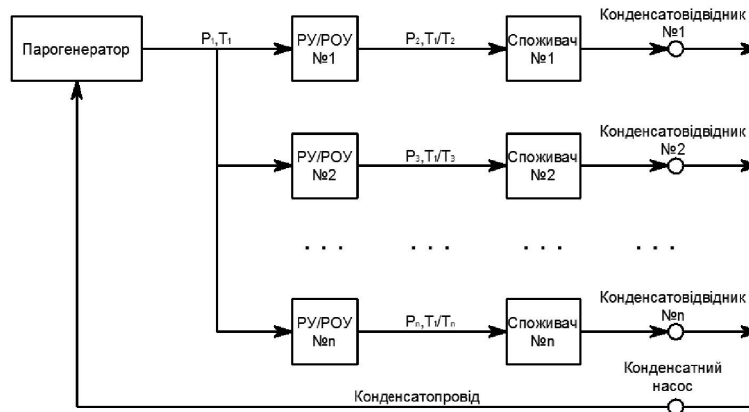


Рис.3. Типова схема паропостачання промислового підприємства з поверненням конденсату

Таблиця 2

Характерні технологічні параметри пари різних технологічних процесів

Технологічні споживачі водяної пари	Тиск, МПа	Температура, °С
Автоклави циліндричні (ніздроватий бетон та пінобетон)	до 1,6	до 210
Ямна пропарювальна камера (ЗБ вироби):		
- одностороння	0,05	80-90
- двостороння		до 100
Тунельні стерилізація та пастеризація (харчова промисловість)	0,2	121-150
Сушильні камери (деревообробка)	0,15-0,3	115-160
Модуль дезодорації (етап рафінації олії)	0,3-0,67	220-230
Установка асептичної консервації (харчова)	0,1-0,3	до 140
Ланцюгові пляшкомиючі машини	0,3	130
Варильні котли (кондитерська промисловість)	0,2-0,6	108-112
Круглосіткові циліндричні вали (сушіння паперу)	0,5-0,6	160-165
Бункери підігріву інертних речовин (пісок, глина і т.п.)	0,4	150
Пропарювальна камера (тротуарна плитка)	0,1	85-90

Запропонована схема енергоефективних систем паропостачання (Рисунок 4) виключає з системи місця «нерациональних втрат» енергії та підвищують якісні параметри енергоносія. Для запропонованих схем необхідно проводити енергетичний та ексергетичний аналіз, що дозволить зрозуміти кількісні показники підвищення ефективності та зменшення енергоємності продукції.

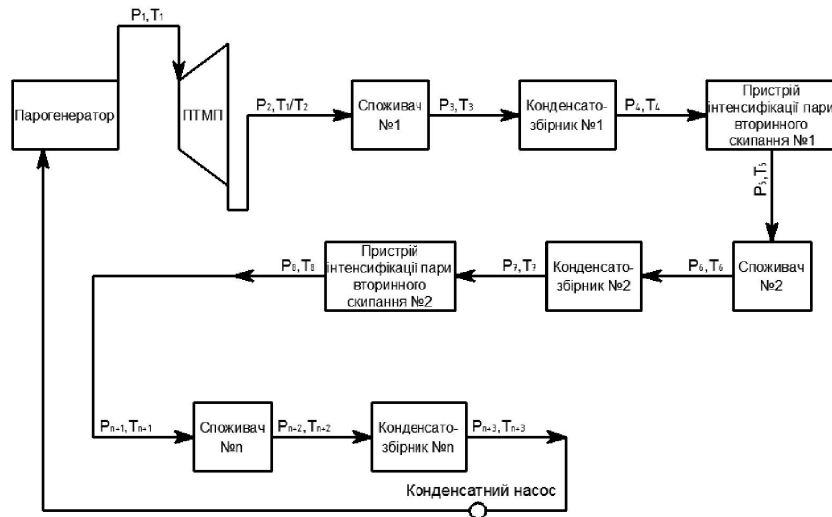


Рисунок 4. Можлива енергоефективна ступенева схема паропостачання промислового підприємства

Висновки. Приведена класифікація ВЕР промислових підприємств вказує на їх високий потенціал та перспективність використання. Систематизовані шляхи підвищення енергоефективності промислових підприємств можуть призвести до значного зростання ефективності виробництва та якості продукції в цілому. Більшість функціонуючих систем паропостачання можуть бути модернізовані за приведеними схемами систем паропостачання.

Література:

1. *Цветков В.В.* Организация пароснабжения промышленных предприятий. М.: Энергия, 1980. - 206 с.
2. *Щегляев А.В.* Паровые турбины. Том 1 - Теория теплового процесса и конструкции турбин. Учебник для вузов: в 2 кн. Кн. 1. 6-е изд., переработанное, дополненное проф. Б. М. Трояновским. М.: Энергоатомиздат, 1993 г. - 384 с.: ил.
3. *Малкін Е.С., Погосов О.Г.* Методика техніко-економічного обґрунтування впровадження парових турбін малої потужності в системах теплопостачання промислових підприємства результати її розповсюдження на типові редуційно-охолоджувальні установки. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. – Вип. 17/відповідальний редактор Е.С. Малкін. – К.: КНУБА, 2014. – 148 с.
4. *Погосов О.Г., Малкін Е.С.* Експериментальні дослідження ефективності відцентрових сепараційних пристроїв з подвійним відведенням рідкої фази. Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. Зб. наук. праць/ Уклад. М.Д. Кізеєв, О.С. Новицька. – Рівне: НУВГП, 2015. – 198 с.

Оценка вторичных энергоресурсов и направления повышения энергоэффективности при реконструкции систем пароснабжения промышленных предприятий

Э.С. Малкин, О.Г. Погосов.

В статье приведены виды и параметры вторичных энергетических ресурсов и рассмотрены возможные варианты реконструкции систем пароснабжения промышленных предприятий, в случае реализации которой достигается повышение уровня энергосбережения и соответственно уменьшается энергоемкость продукции. Представлен систематизированный круг задач, связанных с энергосбережением в исследованной сфере. Приведенные мероприятия позволяют в полной мере сохранить основу технологического процесса, в особенности на этапе потребления энергии конечными потребителями. Приведены схемы энергоэффективных систем пароснабжения.

Ключевые слова: пароснабжение, вторичные энергоресурсы, энергосбережение, система пароснабжения, паровая турбина малой мощности, пар вторичного вскипания, ступенчатая система пароснабжения.

Evaluation of secondary energy resources and the direction of energy efficiency increasing at the reconstruction of steam supply systems of industrial enterprises

E. Malkin, O. Pogosov.

The article describes the types and parameters of secondary energy resources and considered possible options for Reconstruction of steam supply systems of industrial enterprises, in the case of the implementation of which is achieved to improve energy efficiency and reduced energy consumption of production, respectively. It provides a systematic range of problems related to energy saving in the field. These activities help to fully preserve the basis of the process, especially at the stage of energy consumption by end users. The schemes of energy efficient steam supply systems.

Keywords: steam supply, waste energy, energy conservation, steam supply system, steam turbine low-power, stage system of steam supply.

Надійшла до редакції 14.05.2015 р.