

А.С.МАЗУРЕНКО, А.Е.ДЕНИСОВА, НГО МИНЬ ХИЕУ

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК НА БИОТОПЛИВЕ

Рассмотрены перспективы использования биотоплива в энергоустановках, как одно из приоритетных направлений развития энергетики Украины и мировой энергетики. Намечены пути повышения экономической эффективности работы систем генерации энергии на альтернативном топливе для повышения энергетической стабильности стран, улучшения состояния окружающей среды и сохранению запасов традиционных энергоресурсов. Представлена методика определения экономической эффективности использования парогазовых энергоустановок путем сопоставления срока их окупаемости при изменении электрической мощности и вида используемого топлива. Выполнен анализ экономической целесообразности использования парогазовых энергоустановок на биотопливе и представлено технико-экономическое обоснование использования биогазовых электростанций, обеспечивающих теплоснабжение, горячее водоснабжение и производство экологически чистых удобрений. Приведено обоснование перспектив использования парогазовых установок на биотопливе и намечены пути уменьшения срока их окупаемости на принципах энергосберегающих технологий.

Ключевые слова: парогазовая установка, генератор биогаза, биоудобрения, экономическая эффективность, срок окупаемости.

Введение

Использование альтернативных видов топлива в энергоустановках является приоритетным направлением развития энергетики мировой энергетики, поскольку способствует энергетической стабильности стран, улучшению состояния окружающей среды и сохранению запасов традиционных энергоресурсов. Актуальной проблемой внедрения энергосберегающих технологий является повышение экономической эффективности работы энергоустановок на альтернативном топливе. Интерес к использованию указанных установок стимулируется неуклонным ростом цен на традиционные источники энергии, запасы которых ограничены. По оценкам экспертов разведанных запасов природного газа хватит на 50...60 лет [1]. Согласно Закону Украины об энергосбережении актуальной проблемой является повышение экономической эффективности энергетических установок, использующих альтернативные виды топлива. Для этого необходимо выполнить анализ экономической целесообразности использования указанных установок, работающих на разных видах топлива, отличающихся мощностью и особенностями назначения.

1. Постановка задачи

Перспективным альтернативным источником энергии является биогаз, который можно получать из отходов жизнедеятельности людей, растительного и животного мира. Кризис мировой экономики, связанный с нехваткой топливно-энергетических ресурсов, стимулирует разработку энергосберегающих технологий утилизации биологических отходов с выработкой обогащенного биогаза, способного заместить природный газ для электростанций и транспорта. Кроме этого, выработка биогаза сопровождается получением дополнительного ценного продукта – экологически чистого удобрения для аграрного сектора экономики, реализация которого позволит сократить срок окупаемости биогазовой электростанции примерно в 3 раза.

В качестве источника альтернативного топлива для парогазовых энергоустановок, работающих на биогазе, необходимо предусмотреть в тепловых схемах этих установок генераторы биогаза. При этом, в зависимости от мощности и назначения тепловые схемы парогазовых установок отличаются по составу основных элементов.

2. Тепловые схемы парогазовых установок на биотопливе

На рис. 1 представлена принципиальная тепловая схема парогазовой установки (ПГУ) на биогазе мощностью до 1 МВт для фермерских хозяйств и промышленных предприятий, назначением которой является выработка электроэнергии и биоудобрений. При этом отсутствует зависимость объектов энергоснабжения от внешних источников энергии, а дополнительная прибыль получается за счет продажи избыточной электроэнергии и экологически чистых удобрений для сельскохозяйственных потребителей.

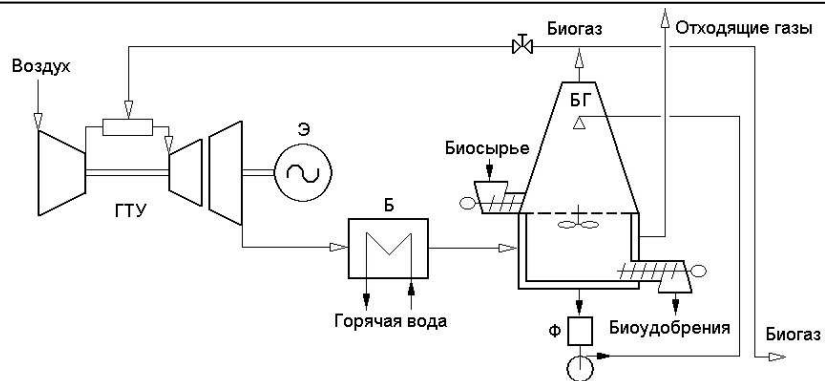


Рис.1. Принципиальная схема ПГУ мощностью до 1 МВт с генератором биогаза:
ГТУ – газотурбинная установка; Э – электрогенератор; Б – бойлер; БГ – генератор биогаза

На рис. 2 представлена принципиальная тепловая схема парогазовой установки (ПГУ) на биогазе мощностью более 1 МВт, которая в перспективе может заменить энергоблоки на традиционных видах топлива.

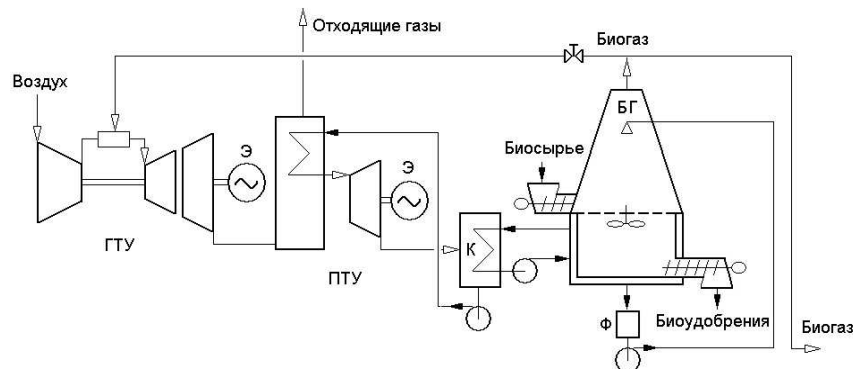


Рис.2. Принципиальная схема электростанции с генератором биогаза более 1 МВт:
ГТУ – газотурбинная установка; ПТУ – паротурбинная установка; Э – электрогенератор;
К – конденсатор; БГ – генератор биогаза; Ф – фильтр

На рис. 3 представлена принципиальная схема парогазовой ТЭЦ на биотопливе мощностью более 1 МВт, предназначенная для выработки электроэнергии, тепловой энергии для целей отопления и горячего водоснабжения, а также для производства экологически чистых биоудобрений.

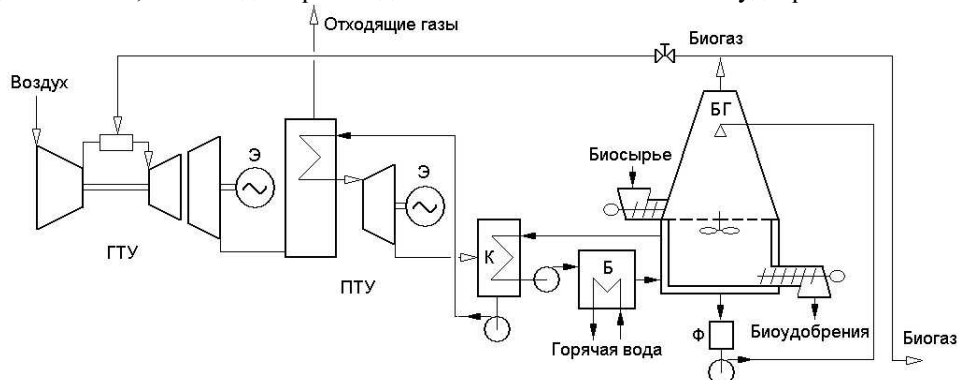


Рис.3. Принципиальная схема теплоэлектростанции с генератором биогаза более 1 МВт:
ГТУ – газотурбинная установка; ПТУ – паротурбинная установка; Э – электрогенератор;
К – конденсатор; Б – бойлер; БГ – генератор биогаза; Ф – фильтр.

3. Экономическая эффективность ПГУ на биотопливе

В качестве критерия экономической эффективности использования электростанции примем время ее окупаемости $T_{ок}$ в зависимости от электрической мощности и применяемого вида топлива: традиционного – природного газа и альтернативного – обогащенного биогаза. Для этого время окупаемости электростанции выразим в виде:

$$T_{ok} = K/D^y - Z^y, \quad (1)$$

где K – капитальные затраты на проектирование, изготовление и монтаж электростанции;

D^y – годовой доход от реализации продукции, вырабатываемой электростанцией;

Z^y – годовые эксплуатационные затраты, включающие затраты на закупку топлива, зарплату обслуживающему персоналу и текущий ремонт электростанции.

Приведем методику расчета срока окупаемости $T_{ок}$ электрической станции в зависимости от ее мощности и используемого топлива [1]:

– Капитальные затраты K рассчитываются по удельной стоимости электростанций K_i в зависимости от ее электрической мощности N_{el} :

$$K = K_i \cdot N_{el}. \quad (2)$$

– Годовой доход D^y от реализации электроэнергии, вырабатываемой электростанцией:

$$D^y = N_{el} \cdot \tau^y \cdot C_{el}, \quad (3)$$

где τ^y – количество рабочих часов в году;

C_{el} – стоимость электроэнергии, реализуемой электростанцией.

– Годовые затраты Z^y на эксплуатацию электростанции:

$$Z^y = Z_g^y + Z_o^y + Z_r^y, \quad (4)$$

где Z_g^y – годовые затраты на закупку природного газа;

Z_o^y – годовые затраты на обслуживание электростанции;

Z_r^y – годовые затраты на текущий ремонт электростанции.

– Годовые затраты на закупку природного газа:

$$Z_g^y = V_g^y \cdot C_g, \quad (5)$$

где V_g^y – объем газа, потребляемый электростанцией за год;

C_g – стоимость закупаемого газа.

– Объем газа, потребляемый электростанцией за год:

$$V_g^y = 3600 \cdot N_{el} \cdot \tau^y / (Q \cdot \eta_{el}), \quad (6)$$

где Q – теплотворная способность природного газа;

η_{el} – КПД электростанции.

– Годовые затраты на обслуживание электростанции:

$$Z_o^y = 12 \cdot n \cdot P = 12P, \quad (7)$$

где n – количество человек, обслуживающих электростанцию;

P – зарплата служащего на электростанции.

– Годовые затраты на текущий ремонт электростанции:

$$Z_r^y = 0,01 \cdot K / n. \quad (8)$$

– Для биогазовых электростанций, вырабатывающих одновременно электроэнергию и биоудобрения, доход D_f^y по сравнению с традиционными установками увеличивается за счет реализации биоудобрений. Учитывая, что с 1 м³ обогащенного биогаза, замещающего природный газ, вырабатывается ~ 5 кВт·ч электроэнергии и ~ 2 л биоудобрений, доход для биогазовых электростанций составляет:

$$D_f^y = N_{el} \cdot \tau^y (C_{el} + 2,5 \cdot C_f), \quad (9)$$

где $C_{el} = 0,25$ грн/(кВт·ч); $C_f = 0,8$ грн/л – стоимость реализации 1 л биоудобрений [2].

4. Результаты расчета экономической эффективности ПГУ на биотопливе

В табл. 1 приведены результаты расчета срока окупаемости электростанции, работающей на природном газе, а в табл.2 – на обогащенном биогазе.

Исходные данные для расчета электростанции на природном газе (табл. 1):

Теплотворная способность природного газа $Q = 34000$ кДж/м³.

Стоимость природного газа, добываемого на Украине $C_g = 0,8$ грн/ м³.

Стоимость электроэнергии, отпускаемой электростанцией $C_{el} = 0,25$ грн/(кВт·ч) [3].

Количество рабочих часов в году для электростанции $\tau^y = 8760$ час.

Таблица 1– Срок окупаемости электростанции, работающей на природном газе

$N_{el} \cdot 10^{-3}$, кВт	$K_i \cdot 10^{-3}$, грн/кВт	$K \cdot 10^{-6}$ грн	η_{el}	n	$D^y \cdot 10^{-6}$ грн	$Z^y = (Z_g^y + Z_o^y + Z_r^y) \cdot 10^{-6}$, грн	T_{ok} лет
1	8	8	0,50	6	2,19	$1,713 \cdot 10^6 = (1,484 + 0,216 + 0,013) \cdot 10^6$	16,8
10	6	60	0,55	2	21,9	$14,0 \cdot 10^6 = (13,5 + 0,432 + 0,05) \cdot 10^6$	7,6
100	5	500	0,58	8	219	$128,8 \cdot 10^6 = (127,9 + 0,648 + 0,28) \cdot 10^6$	5,6
1000	4	4000	0,60		2190	$1240 \cdot 10^6 = (1237 + 0,864 + 1,66) \cdot 10^6$	4,2

Исходные данные для расчета биоустановки (табл. 2):

Теплотворная способность обогащенного биогаза $Q = 34000$ кДж/м³.

Стоимость электроэнергии, отпускаемой биогазовой электростанцией $C_{el} = 0,25$ грн/(кВт·ч).

Количество рабочих часов в году для биогазовой электростанции $\tau^y = 8760$ час.

Удельные капитальные затраты для биогазовых электростанций больше, чем у традиционных примерно на 50 % вследствие затрат на генератор биогаза [7].

В расчетах учтено, что для биогазовых электростанций природный газ не используется, но биомасса для генератора биогаза закупается у сельскохозяйственного производителя, а также учтены расходы на упаковку и транспортировку биоудобрений. Стоимость этих затрат, в первом приближении, принимаем равной стоимости затрат на закупку природного газа для традиционных электростанций.

Таблица 2– Срок окупаемости биогазовой электростанции

$N_{el} \cdot 10^{-3}$ кВт	$K_i \cdot 10^{-3}$, грн/кВт	$K \cdot 10^{-6}$ грн	η_{el}	n	$D^y / D_f^y \cdot 10^{-6}$, грн	$Z^y = (Z_g^y + Z_o^y + Z_r^y) \cdot 10^{-6}$, грн	T_{ok} / T_{ok}^f , лет
1	12	12	0,50	8	2,19/5	$1,713 \cdot 10^6 = (1,484 + 0,216 + 0,013) \cdot 10^6$	25,2/3,6
10	9	90	0,55	12	21,9/49	$14,0 \cdot 10^6 = (13,5 + 0,432 + 0,05) \cdot 10^6$	11,4/2,6
100	7	700	0,58	20	219/499	$128,8 \cdot 10^6 = (127,9 + 0,648 + 0,28) \cdot 10^6$	7,8/1,9
1000	6	6000	0,60	30	2190/4993	$1240 \cdot 10^6 = (1237 + 0,864 + 1,66) \cdot 10^6$	6,3/1,6

Выводы

На основании расчетных данных по сроку окупаемости электростанций в зависимости от электрической мощности и от вида используемого топлива (природный газ и биогаз) на рис. 4 представлены соответствующие графики, которые показывают, что развитие ПГУ установок на биогазе связано с совершенствованием технологий по бесперебойной выработке биогаза и биоудобрений с помощью генератора биогаза – одного из основных элементов энергоустановки. Это позволит реализовать возможности биогазовых электростанций как наиболее перспективного вида электростанций будущего.

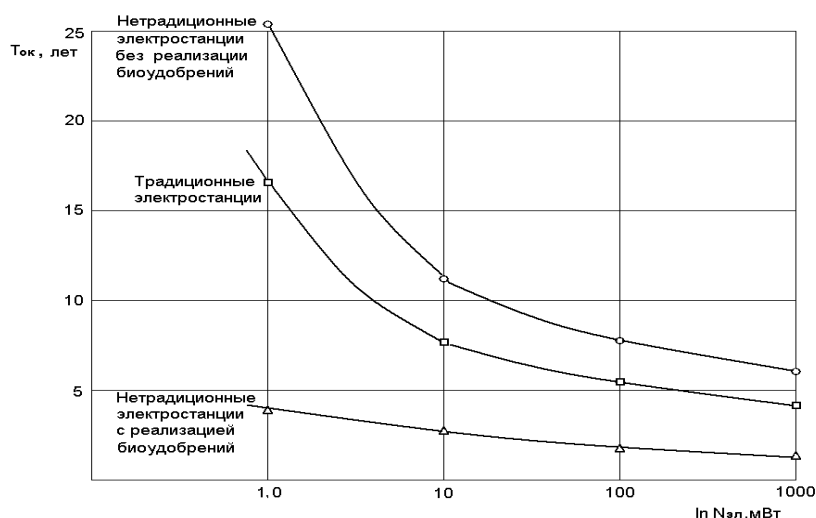


Рис.4. Зависимость срока окупаемости электростанций от электрической мощности и вида топлива: традиционного - природного газа и альтернативного - биогаза

Литература

1. Экономика и управление энергетическими предприятиями / Под ред. Н. Н. Кожевникова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.
2. Объединение «Альтернативная технология» представляет технологию и установки для производства биоудобрений и биогаза [электронный ресурс]–Режим доступа: <http://www/biogas.vn.ua> – Установки для получения биоудобрений и биогаза.
3. Интересные новости: стоимость электроэнергии в Украине 2013 год/ admin, январь 16 th, 2013 [электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://cablecompany.com.ua/articles/tarify-elektroenergii-2013-ukraina>– Стоимость электроэнергии в Украине 2013 год.

УДК 636:631

А.С.МАЗУРЕНКО, А.С.ДЕНИСОВА, НГО МІНЬ ХІСУ

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПАРОГАЗОВИХ УСТАНОВОК НА БІОПАЛИВИ

Розглянуті перспективи використання біопалива в енергоустановках, як один з пріоритетних напрямком розвитку енергетики України й світової економіки. Намічені шляхи підвищення економічної ефективності роботи систем генерації енергії на альтернативному паливі для підвищення енергетичної стабільності країн, покращення стану навколишнього середовища і збереженню запасів традиційних енергоресурсів. Представлено методику визначення економічної ефективності парогазових енергоустановок шляхом зіставлення строку їх окупності при зміні електричної потужності та виду палива, що використовується. Виконано аналіз економічної доцільності використання парогазових установок на біопаливі та представлено техніко-економічне обґрунтування використання біогазових електростанцій, які забезпечують вироблення електроенергії, теплової енергії для опалювання, гарячого водопостачання та виробництво екологічно чистих біодобрив. Наведено обґрунтування перспектив використання парогазових установок на біопаливі та намічено шляхи зменшення строку їх окупності на засадах енергозберігаючих технологій.

Ключові слова: парогазова установка, генератор біогазу, біогаз, біодобрива, економічна ефективність, строк окупності.

A.S.MAZURENKO, A.E.DENYSOVA, NGO MINH HIEU

ECONOMIC EFFICIENCY OF COMBINED-CYCLE POWER PLANTS**AT BIOFUELS**

The prospects of use of biofuels for power plants as one of the priority way for energy development of Ukraine and world energy are considered. The ways to improve the economic efficiency of power generation systems based at alternative fuels for rising energy security of countries, improving the environment and preservation of traditional energy sources are estimated. A method of determination of economic efficiency the combined-cycle power plant by comparing its payback period which depends of electric power and the type of fuel is worked out. The analysis of the economic feasibility of using combined-cycle power plants at biofuel and feasibility study of use of biogas power plants that provide thermal energy for heating and hot water supply both the production of clean bio-fertilizers are presented. Justification of the prospects for using combined-cycle power plants at biofuels and the ways of reducing the payback period at principles of energy-saving technologies are given.

Key words: combined cycle power plant, biogas generator, bio-fertilizer, economic efficiency, payback period.

1. Экономика и управление энергетическими предприятиями / Под ред. Н.Н.Кожевникова. – М.: Изд. center “Академия”, 2004. – 432 p.

2. Объединение “Альтернативная технология” представляет технологию и установки для производства биоудобрений и биогаза [электронный ресурс]– Режим доступа: <http://www/biogas.vn.ua> – Установки для получения биоудобрений с биогаза.

3. Интересные новости: стоимость электроэнергии в Украине 2013 год / admin, January 16 th, 2013 [электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://cablecompany.com.ua/articles/tarify-elektroenergii-2013-ukraina> – Стоимость электроэнергии в Украине 2013 год.

ТЕХНОЛОГІЇ TECHNIQUE

УДК 621-523.8

В.П. РОЗЕН, Є.М. ІНШЕКОВ, І.В. КАЛІНЧИК

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ВИРОБЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ КОМБІНОВАНОЮ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ

Синтезована комбінована система електропостачання хімічного підприємства, що включає джерела об'єднаної енергосистеми, міні-ГЕС та турбогенератор, який працює на теплоті, що виділяється в результаті технологічного процесу. Запропоновано математичну модель оптимізації вироблення електроенергії синтезованої енергосистеми. Показано, що використання комбінованого електропостачання забезпечує зменшення генерованої потужності в об'єднаній енергосистемі України, що призводить до пропорційного зменшення викидів CO₂ в атмосферу.

Ключові слова: електропостачання, оптимізація, комбінована енергосистема, відновлювальна енергетика.

Вступ. Для зменшення викидів парникових газів та диференціації джерел генерації енергії наразі широко впроваджуються комбіновані системи постачання на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Часто відновлювана енергетика може конкурувати з традиційною за собівартістю одиниці енергії. Крім того, в Україні як і в багатьох країнах сьогодні діють «зелені» тарифи, тобто тарифи, які стимулюють впровадження відновлюваних джерел. Це полегшує впровадження, а також зменшує термін окупності альтернативних електростанцій. Комбіновані системи на базі ВДЕ приваблюють підвищенням надійності електропостачання, зниженням викидів парникових газів та економічною складовою.

Сучасний стан питання. Сьогодні в Україні постачання електроенергії загалом здійснюється від об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України. Генерація здебільшого здійснюється традиційними джерелами енергії. Проте в останні роки все ширше впроваджуються ВДЕ. Вони можуть встановлюватися як окремо для генерації, так і комбіновано з традиційною генерацією енергії. Собівартість виробленої енергії більшістю видів ВДЕ у світі вже знизилася приблизно до собівартості енергії від традиційних джерел. Сьогодні вартість електроенергії, виробленої на міні- та мікро-ГЕС є нижчою за вартість від традиційних джерел. А вартість електроенергії, виробленої на вітрових електроустановках (ВЕУ), практично знаходиться на рівні вартості електроенергії, генерованої на газотурбінних станціях з комбінованим циклом, що мають найвищі показники ефективності серед традиційних енергосистем. Тим не менш, енергія вироблена на основі фотоелементів сонячних станцій за собівартістю все ще перевищує у 4-5 разів за неї. За рахунок стрімкого розвитку галузі вартість електроенергії від ВДЕ прогнозується знизитись до вартості від інших джерел у найближчі 5-10 років [1-3].

Варто зазначити, що собівартість електроенергії від традиційних джерел підвищується за рахунок зношеності обладнання та підвищення вартості ПЕР, використовуваних на електростанціях. За прогнозними даними буде спостерігатися стрімке зменшення покладів традиційних енергоносіїв (газ, нафта тощо) до 2050 року, що призведе до значного підвищення їхньої ціни. За світовими прогнозами вартість електроенергії, виробленої за рахунок ВДЕ, повинна знизитися з 8,5 цент/кВт·год у 2000 році, до 5,5 цент/кВт·год у 2050 році. Очікується, що за цей же період вартість електроенергії від електростанцій зі спалюванням палива за рахунок зростання цін на паливо збільшиться з нинішніх 3,2 до 4,5-7,0 цент/кВт·год. Таким чином, вартість електроенергії, що виробляється на ВДЕ та на звичайних теплових електростанціях фактично зрівняється, що забезпечить можливість більш широкого використання ВДЕ в енергетиці [1-3].

Порівняння вартості електроенергії, генерованої традиційними та відновлюваними енергосистемами показує, що енергосистеми на основі ВДЕ, крім сонячних, термодинамічних та фотоелектричних станцій, є цілком конкурентоспроможними вже зараз. Якщо прийняти до уваги тенденцію зниження вартості електроенергії від ВДЕ та підвищення вартості електроенергії на традиційних станціях, то можна прогнозувати значне зростання обсягів впровадження ВДЕ для виробництва електроенергії [1-3].

Метою роботи є синтез комбінованої системи електропостачання і розробка математичної моделі оптимізації вироблення електроенергії цією енергосистемою.

Викладення основного матеріалу. Побудову комбінованої енергосистеми розглянемо на прикладі електропостачання хімічних підприємств. Енергозабезпечення цих підприємств в основному централізоване від об'єднаної енергосистеми України. Використання власних джерел електричної енергії