

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА БУ ГАЗДЫ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҚ ОЛДАНУ БАҒЫТЫНДА МЫТУ

*Достияров А.М., Тютеебаева Г.М.,
Тулеуов Д.Е.*

Аннотация

Мақалада Қазақстан энергетикасының энергия тиімділік, энергия ресурстарын үнемдеу және экологиялық қауіпсіздік саясаты есепке алусыз дамыды. Құрамдастырылған циклды қондырғыны құрастыру, дүние жүзіндегі бу газды қондырғыны қолдануы жылу энергетиканың соңғы үш он жылдықтың негізгі даму бағыты болып табылады. Газ турбина қондырғысының негізгі Брайтонциклі мен бу турбина қондырғысының Ренкин циклімен құрамдас қиыстырылған құрылымы жылу тиімділігі мен үнемділігін айқын жоғары болуын қамтамасыз етеді. Сол себепте ең үздік бу газды қондырғының ПӘК-і (брутто) 58-60%. Көмірдің арзандығы қарамастан электр энергияның үнемділігін ынталандырмайды.

Кілттік сөздер: газ турбина, Ренкин циклі, Брайтон циклі, бу турбина, жылу тиімділігі.

Кіріспе

Қазақстан Республикасы Киото келісімі бойынша ЖЭС-на органикалық отын қорларына және CO₂ залалды заттардың ауаға таралуын шектеу келісімін қабылдағаннан кейін энергия тиімділікті, энергия ресурстарын үнемдеу және энергетикалық көздерінің экологиялық қауіпсіздігін белсенді түрде жоғарылату жағдайын шешу қарастырылады.

Қазақстанның Республикасының аумағы кең байтақ, ал тұрғын халықтардың көбісі облыстық орталықтарда және өнеркәсіптік аймақтарда шоғырланған. Сондықтан энергетиканы дамыту

тұжырымдамасы төрт негізгі бағыттан тұрады:

1) ЖЭС-ні салу, жаңғырту немесе бу газды қондырғылармен кеңейту арқасында ірі қалалармен облыстық орталықтарды энергия мен жылумен қамтамасыз ету.

2) Газбен қамтамасыз етілген өңірлерде және өнеркәсіптік аймақтарда бу газды қондырғы арқасында энергетиканы дамыту.

3) Газ құбыры жоқ өңірлерде АЭС салу, қайта қалпына келетін энергия көздерін (ВИЭ) қолдану немесе бу газды қондырғылар көмірмен газификация арқасында дамыту.

4) Агроөнеркәсіптік аудан орталықтарында қайта қалпына

келетін энергия көздері (ВИЭ) колдану аркасында дамыту.

Бүгінгі күнде дүние жүзінде БГҚ-ға үлкен ықылас бөліп жатыр. Мысалға, АҚШ-да ең ірі газификациялық көмірлі бу газды қондырғы іске қосылды. Қуаты нетто 618 МВт құрайды. Отыны синтезді-газ, табиғи газ немесе олардың қоспасы болуы мүмкін. Қазіргі уақытта БГҚ газификациялық БГҚ-лы TRIG (интеграцияланған транспортты

реактор) жүйесі құрастырылып жатыр. БГҚ – ның синтезді-газбен жұмыс істеген кезді абсолютті қуаты 524 МВт. Ашық олжалы лигнитті газификацияның ылғалдылығы 40% аса екі транспортты реакторда өндіріледі. H_2S алып тастау «Селексол» технологиясы бойынша сұйық күкіртті қышқылға қайта өндіру және 65% CO_2 -ның жоюмен іске асырылады [1-3].

Зерттеу материалдары мен әдістемесі

Газ турбина қондырғысы және бу турбина қондырғысының қосылысы біріккен біртұтас жылулық сұлба болып құрамалы бу газды қондырғы құрастырылады. Газ турбина қондырғының бастапқы жоғары температурасы құрамалы циклінің орташа жылу беру температурасының көтерілуі. Бу газды қондырғының бу турбина қондырғысынан кететін газды жылуын пайдаға асыру мүмкіндіктері су мен бу аралас бөлік циклінде болады. Бір бірлік электрлік капиталды шығыны, қазіргі жаңа көмірлі станциялар шығыны төмен және бұл құрылыс қысқа мерзімде салынады.

Бу газды қондырғының экологиялық көрсеткіші жоғары себебі газ турбина қондырғысының жану камерасы төмен уландырғыштық қабілетінен тұрады. Бу турбина қондырғыға қарағанда қосымша электр

энергиясын өндірген кезде жылу тұтынуға 25-30% әрбір шығарылған 1 кВт*сағ үшін көмірқышқыл газы азаяды. Бу газды қондырғы қазан утилизатор мен ерекшелігі бұл қарапайымдылығында және электр энергиясын жоғары тиімділікпен өндіру ПӘК 51-52%, ал Ресейдің алдыңғы қатардағы шекарада ПӘК-і 60%.

Бу газды қондырғылардың артықшылығына сенімділік, тәуелсіз электр энергиямен ғимараттарды жабдықтау және сапалы электр энергиямен қамтамасыз ету, белгіленген кернеу мен жиіліктің мәндерін қадағалау, энергия берілісі кезінде шығын болмауы, электр энергия берілу желісінің және аралық станциялардың қымбаттылығының қажеттілігі жоқтығы болып табылады (кесте 1).

Кесте 1 – Салыстырмалы меншікті капиталды жұмсалым сипаттамасы және әртүрлі электрлік қондырғылар үшін отын шығыны

Көрсеткіш	БТҚ	ГТҚ	БГҚ
Меншіктікапиталдыжұмсалымы, долл./кВт	1100	350	525
Шарттыотынныңменшіктішығыны г/(кВт*сағ)	320	408	245

Қазіргі күнде Қазақстанда екі БГҚ жұмыс істейді: Ақтөбелік электр станция ферросплавті зауыты қуаты 137 МВт (2002 жылы іске қосылды) және АҚ «Жайық жылу энерго» (БГҚ Уральдық ЖЭС) қуаты 28,5 МВт (2006 жылы іске қосылды).

Уральдық ЖЭС – ның БГҚ негізгі жабдығы қазан-утилизатор Daekyung Machinery Engineering, оңтүстік Корея өндірісі, бу өнімділігі 48 т/сағ, жаңа будың көрсеткіштері $P_0=3,9$ МПа және $t_0=438$ °С. Газ турбина түрі Н-25, электр қуаты 28,5 МВт, өндірісі Жапония Hitachi, LTD.

Бу газды электр станциясы АЗФ 137 МВт өндіреді және зауыттың 70% электрлік қажеттілігін қамтамасыз етеді. Бу газды қондырғыға ГТ-13ДЗ бу турбинасы өндірісі АBB, электр қуаты 100 МВт, қазандық утилизатор HSRG өнімділігі 160/250 т/сағ, бу конденсациялық турбина К-37/40-3,4, өндірісі Калуж турбина заводы.

Будың массалық шығыны қосымша жанусыз бен үрлеу 15% (24 т/сағ) және рециркуляция 160 т/сағ құрайды, қосымша газды жағу және үрлеу 15% (37,5 т/сағ) және рециркуляциясыз 250 т/сағ. Сол себепте, АЗФ электр станциясында бу газды қондырғы қазан утилизаторы бір контурлы қысыммен қолданылады.

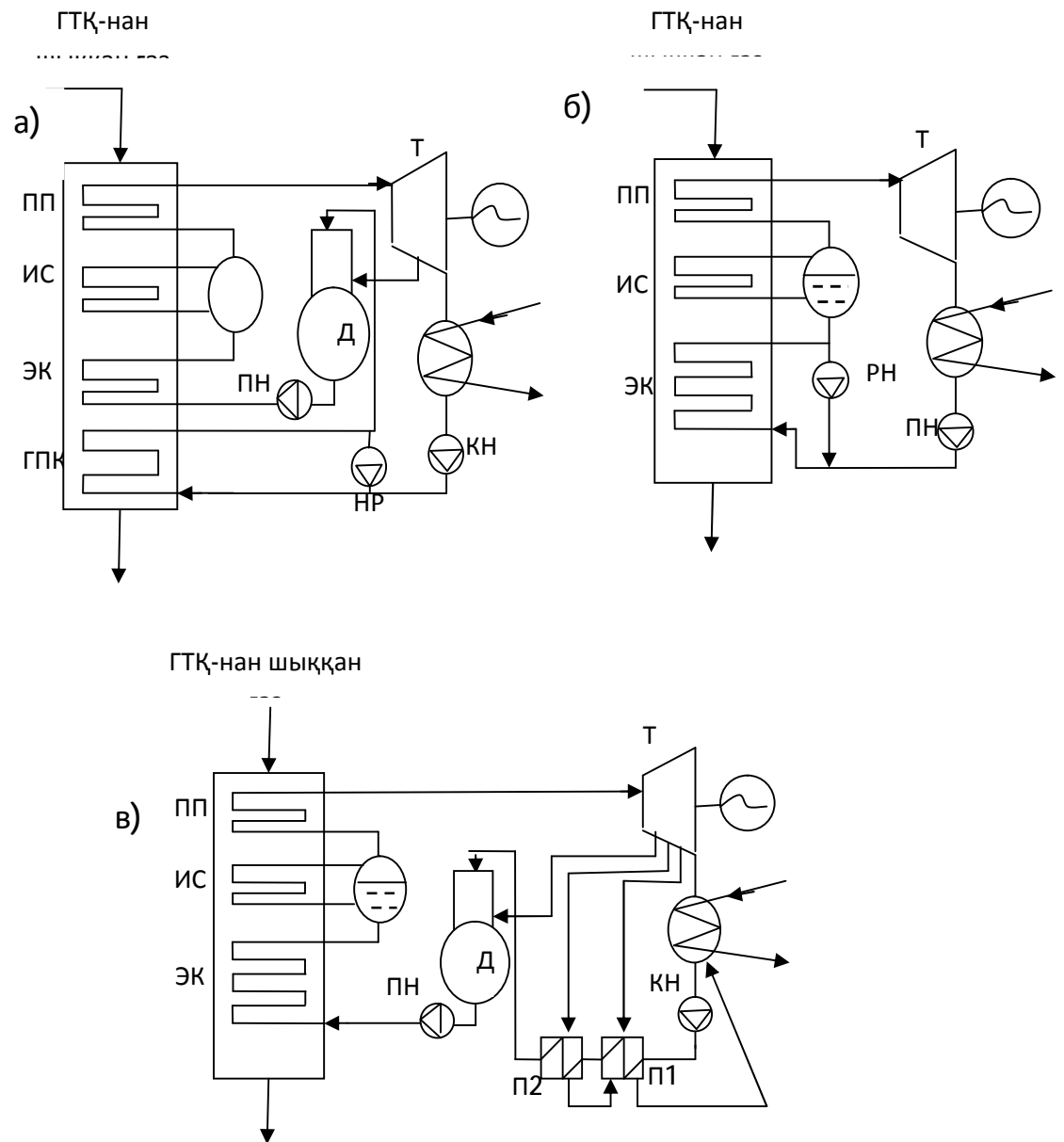
Бір контурлы бу газды қондырғының жылулық

схемалардың ықтимал нұсқауларын және тиімділігін қарастырайық.

Бу газды қондырғысының түрі ең қарапайым жылулық схемасы, бу турбина қондырғысынан өзгешілігі негізгі конденсатты жылытуы болады. Бу турбиналы қондырғыда жылулық сұлбада конденсатты жылытуы болмау мүмкін (сурет 1, б), немесе жылыту газды жылытқыш конденсатында болу мүмкін (сурет 1, а), немесе екі төменгі қысымды қыздырғышымен және деэратордын болуы (сурет 1, в).

Қарастырылған сұлбалардың тиімділігі әр түрлі болады. бу газды қондырғының жылулық сұлбаның есептік нәтижесі көрсетілген, бұл құрылымда газ турбина-110 (кесте 2).

Есептің көрсеткіші бойынша, сұлбада бу газды қондырғының төменгі қысымды қыздырғышпен конденсатты жылыту және деэраторда кететін газдың температурасы 195°С, сол себепте өндірілетін электр энергияның ПӘК-і 48% жоғары емес (сурет 1, в). Жылулық сұлбада газды конденсатты жылытқыштың болмауы, экономайзердегі жылыту ауданының көбеюіне әкеледі (сурет 1, б). Бір контурлы бу газды қондырғысы қазан утилизатордың жылулық сұлбасындағы газды конденсатты қыздырғышпен деэраторы бар сұлбасы ұтымды нұсқау болып табылады (сурет 1, а) [4].



ПП –бу аса қыздырғышы; ИС -буландырғыш; ЭК - экономайзер; ПТ – бу турбинасы; КН, ПН - конденсатты және қоректендіргіш сорғысы; ГПК – газды конденсатты жылытқыш; Д - деаэратор; П1, П2 – төменгі қысымды қыздырғыш; НР – жұмыстық дененің рециркуляция сорғысы.

Сурет 1 – Бу газды қондырғының жылулық нұсқау сұлбасы және
бірконтурлы қазан утилизаторы

Кесте 2 – БГҚ қазан утилизатордың жылулық сұлбасының есептік көрсеткіші
(ГТҚ-110)

Жылулық сұлбаның түрі	$N_{\text{ГТҚ}}^{\text{эл}}$, МВт	$G_{\text{Г}}$, кг/с	ГТҚ-нан шығатын газ t , °С	ҚУ-дан кететін газ, °С	$\eta^{\text{КУ}}$	$\eta^{\text{БГҚ}}$	$N_{\text{БГҚ}}^{\text{эл}}$, МВт
сұлба а) ГКЖ және деаэратор	110	356	550	159	0,72	0,496	156
сұлба б) ГКЖ жоқ	110	356	550	158	0,724	0,501	157,4
сұлба в) ПНД және деаэратормен	110	356	550	195	0,66	0,48	154

Қазан утилизатордың ПӘК-інің төмендігінің себебі шығатын газдардың температурасын 158°С – тан төмендете алмауынан БГҚ-ның ПӘК-і төмендейді. БГҚ қазан утилизатор тиімділігін көтеру үшін газ турбинадан шығатын газдардың терең суытуынан байланысты болады. Бұл мәселені шешу үшін қазан утилизаторға газ су тораптар желісінен және жылуландыруға қажет мұқтаждықтарға қосымша беттік газ су жылуалмастырғыштық

қыздырғыш қондыру болып табылады.

Су торапты газды қыздырғыштан кірген және шыққан су желісінің температурасы 60/110°С тең, ал қазан утилизатордың кіріс және шығыс газдардың температурасы 158/100°С. Су торапты газды қыздырғышпен БГҚ-мен ГТҚ-110 жұмыс істеуімен су желісінің шығының анықтауға болады [6, 7].

$$G_{\text{В}} = \frac{G^{\text{Г}}(I_{\text{кір}} - I_{\text{шығ}})}{(H_{\text{шығ}} - H_{\text{кір}})} = \frac{356(177 - 113)}{(460,9 - 293,3)} = 108,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 391,5 \frac{\text{т}}{\text{сағ}} \quad (1)$$

мұндағы

$G^{\text{Г}}$ – газ шығыны;

$I_{кір}$ – кіретін газдардың энтальпиясы;

$I_{шығ}$ – шығатын газдардың энтальпиясы;

$H_{кір}$ – кіретін будың энтальпиясы;

$H_{шығ}$ – шығатын будың энтальпиясы.

Су торап желісінің жылу қабылдауы:

$$Q = G_B (H_{шығ} - H_{кір}) = 108.7(460.9 - 293.3) = 18120.29 \text{ кВт,}$$

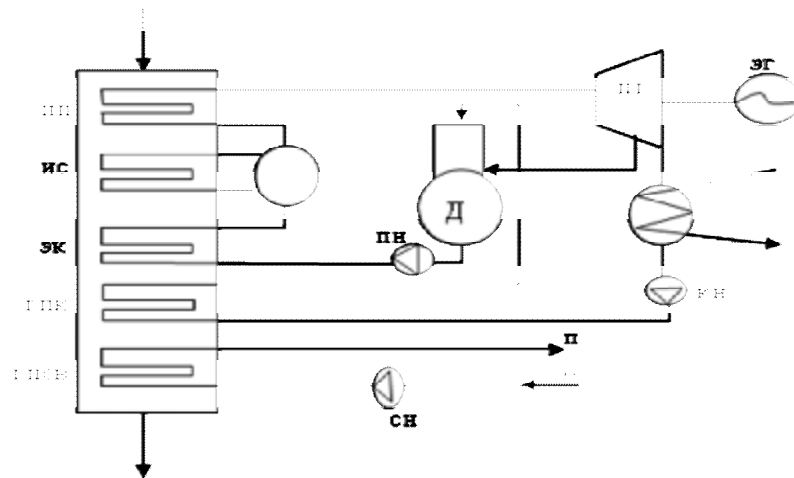
(2)

мұндағы

G_B – су желісінің шығыны;

$H_{кір}$ – кіретін будың энтальпиясы;

$H_{шығ}$ – шығатын будың энтальпиясы.



ПП - бу аса қыздырғышы; И - буландырғыш; ЭК- экономайзер; ПТ - Бу турбина; КН, ПН-конденсаттыжәнекоректендіргішсорғысы; ГПК - газдыконденсаттыжылытқыш; Д- деаэратор; НР- жұмыстықдененің

рециркуляция сорғысы; П,0 – жіберілетін және кері қайтарымды су желісі
СН – сорғы желісі; ГПСВ – су торап желісінің газ қыздырғышы

Сурет 2 – БГҚ су торап желісінің газ қыздырғышының негізгі жылулық сұлбасы

БГҚ қазан утилизатор су торап желісінің газ қыздырғышының ПӘК:

$$\eta_{\text{КУ}} = \frac{I_d - I_{\text{ш}}}{I_d - I_t} \quad (3)$$

мұндағы:

казан утилизатордың кіре берістегі газдардың энтальпиясы;
қоршаған орта температурасындағы газ энтальпиясы;
шығатын газдардың энтальпиясы.

БГҚ-ның жылу мен электр энергиясын өндірудің ПӘК-і:

$$\eta_{\text{БГҚ}} = \frac{N_3^{\text{БГҚ}} + Q^{\text{ЖЭ}}}{Q^{\text{ЖЭ}}} = \frac{156 + 18,12}{314,3} = 0,55, \quad (4)$$

мұндағы

$N_3^{\text{БГҚ}}$ – БГҚ-ның электрлік қуаты;

$Q^{\text{ЖЭ}}$ – ГТҚ-нан қазан утилизаторға жіберілген жылу.

Қазіргі күнде газ турбиналы электр станцияларды тиімді емес түрде пайдаланып жатыр: Орал газ турбиналы электр станция ГТЭС-нің қуаты 54 МВт, газпоршенді қондырғы Ақтөбелік рельсобалочтік зауыттың қуаты 36 МВт, Қызылорда облысы Ақшабұлақ және Құмкөл өңірлерінде ГТҚ қуаты 87 МВт,

Жаңажол ГТЭС-тің қуаты 152 МВт. Бу газды қондырғылардың технологиясының артықшылықтарын толығымен қолдануы техника-экономикалық және қондырғылардың экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға және көтеруге зор ықпал тигізеді [8, 9, 10].

Қорытындысы:

1. Қазақстан Республикасының электр энергетикасын дамыту жолдары энергия тиімділікті, энергия ресурстарын үнемдеу және энергетикалық көздерінің экологиялық қауіпсіздігін жоғарылату сұрақтарын шешу тұжырымдамаларын ескере отырып дамытуға болады

2. Энергия тиімділікті және үнемдеуді жоғарылату үшін ЖЭС – салу және қайта құру кезінде көмірлі газификациялы жүйесі бар бу газды қондырғыларды қолдануды қарастыру қажет.

3. Бу газды қондырғыларды талдау жүргізгендегі бір контурлы БГҚ қазан утилизаторы және регенеративті сұрыптауы жоқ қондырғының көрсеткішінің тиімділігі жоғары екенін көрсетті. Бір контурлы БГҚ – ның кемшілігі кететін газдардың температурасының жоғарлығы. Қазан утилизаторға қосымша беттік қызғырғыш қондыру арқылы кететін газдардың температурасының төмендеуін және БГҚ-ның ПЭК-тің көтеруге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Ольховский Г.Г. Газификация твердых топлив в мировой энергетике (обзор) – Журнал «Теплоэнергетика», 2015, №7, с.3-11.
2. Масленников В.М., Штеренберг В.Я. Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва. Высокоэкономичная парогазовая установка для совместного производства электроэнергии и тепла. Журнал «Теплофизика высоких температур», 2011, том 49, выпуск 5, с.777-781.
3. Steam Generators For Combined Steam and Gas Turbine Plants//Naval Engineers Journal//December 1968//Volume 80, Issue 6, Pages 835–988.
4. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовыеустановки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Под ред.С.В. Цанева – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.
5. Economic Evaluation of Flexibility in the Design of IGCC Plants with Integrated Membrane Reactor Modules//Juzheng Zhang, Michel-Alexandre Cardin, Nikolaos Kazantzis, Simon K. K. Ngland, Y. H. Ma Fellow, AIChE//Systems Engineering// March 2015, Volume 18, Issue 2, pages 208–227.
6. Трухний А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа: Методическое пособие по курсу «Энергетические установки». –М.: Издательство МЭИ, 2001. – 24 с.
7. Манушин Э.А. Газовые турбины: Проблемы и Перспективы. – М.; Энергоатомиздат, 1986. – ил (Б – ка Теплотехника) 168 с,
8. Уваров В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки М.: «Высшая школа» 1970. 320 с.
9. А. Джадж. Газотурбинные двигатели малой мощности. Из. Иностранной литературы, Москва, 1963. 408 с.

10. Л. В. Арсеньева и В. Г. Тырышкина. Газотурбинные установки. Конструкции и расчет. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1978. —232 с.

Резюме

Перспективное направление развития энергетики связано с газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми энергетическими установками тепловых электростанций. Парогазовые установки практически не имеют недостатков, скорее следует говорить об определенных ограничениях и требованиях к оборудованию и топливу. Установки, о которых идет речь, могут работать при использовании в ГТУ природного газа, тяжелого нефтяного топлива, сырой нефти, побочных продуктах переработки нефти, синтетического газа, получаемого при газификации угля. У Казахстана есть все необходимые условия для строительства ПГУ ТЭС, так как в стране широко развита добыча природного газа в Западном и Южном Казахстане.

Эксплуатационные издержки мощной современной ПГУ вдвое ниже по сравнению с издержками на пылеугольной ТЭС. Сроки строительства ПГУ намного короче, чем сроки строительства мощных тепловых электростанций других типов. Поэтому в Казахстане следует широко пропагандировать и внедрять строительство ПГУ в новой энергетической политике Казахстана. В настоящее время важной задачей является выявление преимуществ и недостатков различных схем и исследование показателей тепловой экономичности ТЭС с ПГУ.

Summary

Perspective directions of the development of energy is connected with gas turbine and combined cycle thermal power plants. Combined cycle plants practically have disadvantages, rather it is necessary to talk about certain limitations and demands of equipment and fuel. Installations, can operate at the use of natural gas in a gas turbine installations, heavy fuel oil, crude oil, incidental products of oil processing, synthetic gas got at gasification of coal. Kazakhstan has all the necessary conditions for the construction of combined cycle thermal power plants, because production of natural gas in the Western and Southern Kazakhstan is widely developed in the country.

The operating costs of a powerful modern combined cycle plant twice lower than dust-coal power plants. Terms of construction combined cycle plants is much shorter than powerful thermal power plants of other types. Therefore in Kazakhstan it is necessary widely propagandize and introduce the construction of combined cycle plants in the new energy politics of Kazakhstan. Currently, an important task is identification of advantages and disadvantages of the different

schemes and research of the indicators of thermal economy of combined cycle plants with thermal power plants.