

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

KZ19VRY00029272

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных
и информационных систем, электромеханики
и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/FUMZ4050>**А. К. Мергалимова, А. У. Капанова, М. К. Сагилова**Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан

РАЗРАБОТКА ДУБЛЬ-БЛОКА ПАРОГАЗОВОЙ ТЭС НА БАЗЕ ALSTOM GT26

В статье рассматриваются вопросы с газотурбинными (ГТУ) и парогазовыми (ПГУ) энергетическими установками тепловых электростанций, являющейся одной из перспективных отраслей развития энергетики. Проводится анализ применения ГТУ и ПГУ с 2000-х годов, их качественных показателей. Рассматриваются различные тепловые схемы, основные характеристики работы и состав оборудования при объединении газотурбинной установки и паротурбинной установки различными способами. Также отмечается, что применение ПГУ с котлом-утилизатором отличаются высокой эффективностью и рядом преимуществ.

Ключевые слова: парогазовые установки, тепловая электростанция, турбина, газотурбинная установка.

Введение

В любой стране энергетика является базовой отраслью экономики, стратегически важной для государства. От её состояния и развития зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства, стабильность их работы. В промышленности электрическая энергия из тепловой получается путем промежуточного преобразования её в механическую работу. В настоящее время для эффективного функционирования любой электростанции одним из главных инструментов является организация правильной работы с топливом [1, с. 12].

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов в атмосферу вредных веществ при работе энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо, уголь). Одним из основных и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭЦ (тепловая электростанция): на их долю приходится около 14 % общего загрязнения атмосферы техническими средствами.

Тепловые электростанции работают на относительно дешевом органическом топливе угле и мазуте. Перевод с твердого топлива на газовое ведет к удорожанию вырабатываемой энергии, но так можно значительно сократить объём выбросов и поддерживать нормальное состояние окружающей среды.

Перспективное направление развития энергетики связано с газотурбинными и парогазовыми энергетическими установками тепловых электростанций. Парогазовые установки на природном газе – единственные энергетические установки, которые в конденсационном режиме работы отпускают электроэнергию с электрическим коэффициентом полезного действия более 58 % [2, с. 20].

С ускорением темпов общественного прогресса, экономических и социальных преобразований неизбежен значительный рост мирового потребления электроэнергии, что должно сопровождаться повышением эффективности ее использования за счет высокоэффективных технологий производства электроэнергии.

Тепловая энергетика обеспечивает наряду с другими факторами современный уровень жизни населения страны, в то же время она оказывает заметное влияние на окружающую среду: потребление первичных энергоресурсов, выбросы теплоты, продуктов сгорания топлива, шумовые воздействия. Для обеспечения экологической безопасности необходимы качественные изменения, включая дальнейшее техническое совершенствование, переход на принципиально новые технологии, способствующие повышению эффективности процессов производства электрической и тепловой энергии и сокращению выбросов.

Объект исследования: парогазовые установки

Предмет исследования: парогазовые теплоэлектростанции

Цель: основной объем электроэнергии в Казахстане вырабатывают 37 тепловых электростанций, работающих на углях Экибастузского, Майкубенского, Тургайского и Карагандинского бассейнов. Однако дешевле и лучших показателей можно добиться использованием парогазовыми установками, работающими на природном газе.

Задачи:

– на основе обзора работ выполнить выбор предметной области исследования парогазовых установок, выявить различия и нерешенные проблемы, а также, выполнить постановку задачи исследования;

– разработать технологическую схему дубль-блока для парогазовой ТЭС.

Методы и результаты исследования

Развитие парогазовых ТЭС, сочетающих газотурбинные и парогазовые циклы с использованием высокотемпературных ГТУ. В настоящее время сопровождаются непрерывным совершенствованием качественных показателей, что позволяет обеспечить КПД на уровне 55...60 %. Парогазовые установки на базе ГТУ в настоящее время широко применяются за рубежом при строительстве новых электростанций.

В первом газотурбинном цикле коэффициент полезного действия редко превышает 38 %.

Во втором – паросиловом цикле используется еще около 20 % энергии сгоревшего топлива. В сумме коэффициент полезного действия всей установки оказывается равным примерно 58 % [1]. Паровые энергоблоки хорошо освоены. Они надежны и долговечны. Их единичная мощность достигает 800–1200 МВт, а коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение произведенной электроэнергии к теплотворности использованного топлива, составляет до 40–41 %, а на наиболее совершенных электростанциях за рубежом – 45–48 %.

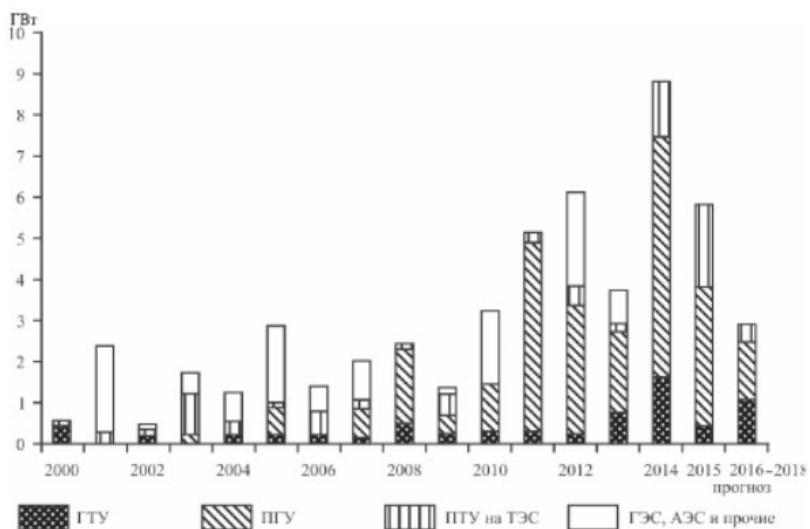
Повышение коэффициент полезного действия при объединении паротурбинной и газотурбинной установок получается за счет двух факторов:

- Осуществления надстройки газового цикла над паровым;
- Уменьшения суммарного расхода уходящих газов.

В большинстве схем используются одновременно оба фактора, дающие повышение коэффициент полезного действия.

В работе [5] представлен анализ применения ГТУ и ПГУ с 2000-х годов, где к основным причинам массового строительства относят доступность природного газа на обширной территории как в экономическом, так и в техническом плане, высокая изношенность генерирующего оборудования, а также сокращение барьеров для импорта газовых турбин высокой мощности и технологий их производства.

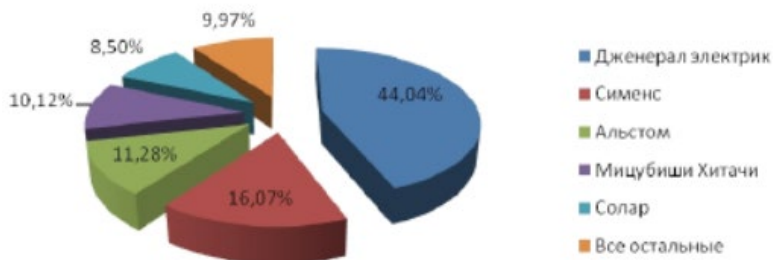
Диаграмма 1 – Структура электрогенерирующих мощностей, введенных в эксплуатацию и строящихся на территории России по типам установок [5]



Парогазовые электростанции, работающие на газообразном природном газе, могут найти применение в энергодефицитных регионах, а также на энергоемких предприятиях, которым было проблематично участвовать в формировании электрогенерирующих мощностей [5].

Согласно работе [5] по международному прогнозу будет выпущено 12521 ГТУ для электростанций общей стоимостью 152,9 млрд долл. США в ценах 2012 г. «General electric» останется лидером (44,04 %). По количеству выпущенных агрегатов лидером останется «Solar» (Диаграмма 2).

Диаграмма 2 – Распределение долей мирового рынка ГТУ



Объединение ГТУ и ПТУ осуществляют различными способами, при этом получают различные тепловые схемы, разные основные характеристики работы и состав оборудования. Тепловая схема парогазовой установки, определяющая с тип, энергетические, экономические и экологические характеристики, в значительной степени зависит от конфигурации термодинамического цикла и организации его процессов [2, с. 519].

Рассмотрим классификацию ПГУ.

По количеству рабочих тел, используемых в ПГУ, их делят на бинарные (БПГУ) и монарные. в БПГУ рабочие тела газотурбинного цикла (воздух и продукты горения топлива) и паротурбинной установки (вода и водяной пар) разделены.

В монарных установках рабочим телом турбины является смесь продуктов сгорания и водяного пара [1, 3].

Бинарные ПГУ **по технологической схеме** делятся на *одноконтурные* (в котле-утилизаторе (КУ) располагается один контур генерации пара) и *многоконтурные*.

- двухконтурные – в котле-утилизаторе располагаются два контура, генерирующих пар высокого и низкого давлений:

- трехконтурные – в котле-утилизаторе располагаются три контура генерации пара.

По назначению ПГУ подразделяют на конденсационные и теплофикационные. Первые из них вырабатывают только электроэнергию, вторые служат и для нагрева сетевой воды в подогревателях, подключаемых к паровой турбине.

По количеству ГТУ, технологически связанных с одной паротурбинной установкой, ПГУ делятся:

- на моноблочные, технологическая схема $1 \times (\text{ГТУ} + \text{КУ}) - 1 \times \text{ПТУ}$;
- дубль-блочные $2 \times (\text{ГТУ} + \text{КУ}) - 1 \times \text{ПТУ}$;
- полиблочные, $n \times (\text{ГТУ} + \text{КУ}) - m \times \text{ПТУ}$.

По числу валов турбогенераторов ПУ делят на *одновальные* и *многовальные*. Преимущество одновальной конструкции очевидно: вместо двух генераторов требуется только один генератор суммарной мощности. Вместе с тем одновальные ПГУ имеют и недостатки: затрудняется ремонт электрогенератора: невозможна автономная работа ПТУ и ГТУ; пуск всей установки определяется пуском паровой турбины, время которого существенно больше, чем время пуска ГТУ, Моноблочные ПГУ по конструктивному исполнению являются одновальными и двухвальными, дубль-блочные и полиблочные ПГУ – трех и многовальными. Большинство ПГУ выполнено трехвальными.

В энергетике получили распространение ПГУ следующих основных типов:

- 1) с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ);
- 2) со сбросом газов в топку низконапорного парогенератора (ПГУ с НПГ);
- 3) с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ);
- 4) с газовой водяной подогревателем (ПГУ с ГВП);
- 5) со сбросом газов в сетевую установку (ПГУ с ГСП);
- 6) с впрыском пара в проточную часть газовой турбины (ПГУ с ВП).

Первые пять типов ПГУ реализуют термодинамические циклы с отдельными потоками рабочих тел, а в ПГУ с ВП рабочим телом газовой турбины является смесь водяного пара и продуктов сгорания. В ПГУ с высоконапорным парогенератором парогенератор одновременно играет роль и энергетического котла ПТУ, и камеры сгорания ГТУ (рис. 1). Для этого в ВПГ поддерживается высокое давление (1,0...2,0 МПа), создаваемое компрессором ГТУ. Повышенное давление продуктов сгорания в парогенераторе приводит к более интенсивному теплообмену, чем в обычных паровых котлах, и, соответственно, к уменьшенным металлоложениям в поверхности нагрева. Для повышения экономичности перед ВПГ устанавливается газовый подогреватель конденсата, уменьшающий температуру уходящих газов ГТУ. Существенными недостатками этой схемы являются сложность эксплуатации, необходимость разработки специальных ГТУ и ПТУ или реконструкции серийных, а также невозможность автономной работы ГТУ и ПТУ.

Экономия топлива в такой установке также зависит от соотношения мощностей ГТУ и ПТУ и находится на том же уровне, как и у сбросных ПГУ. В настоящее время широкого распространения данная схема не получила. Однако применение данной схемы может быть интересно при использовании в ПУ твердого топлива (например, его сжигание в циркулирующем кипящем слое под давлением – технология ЦКСД). Парогазовые установки с НПГ используются в основном при реконструкции существующих паротурбинных энергоблоков, чем объясняется их небольшое количество. В сбросной ПГУ топливо направляется не только в камеру сгорания ГТУ, но и в энергетический котел (рис. 2), причем ГТУ работает на легком топливе (газ или дизельное топливо), а энергетический котел – на любом топливе. В сбросной ПГУ реализуется два термодинамических цикла. При этом отпадает необходимость в воздухоподогревателе котла, так как уходящие газы ГТУ имеют высокую температуру. Однако достаточно высокое содержание кислорода в уходящих газах ГТУ, а также необходимость иметь за энергетическим котлом малый коэффициент избытка воздуха приводят

к тому, что доля мощности паротурбинного цикла составляет примерно 23, а доля мощности ГТУ – 13 (в отличие от ПГУ СКУ, где это соотношение обратное).

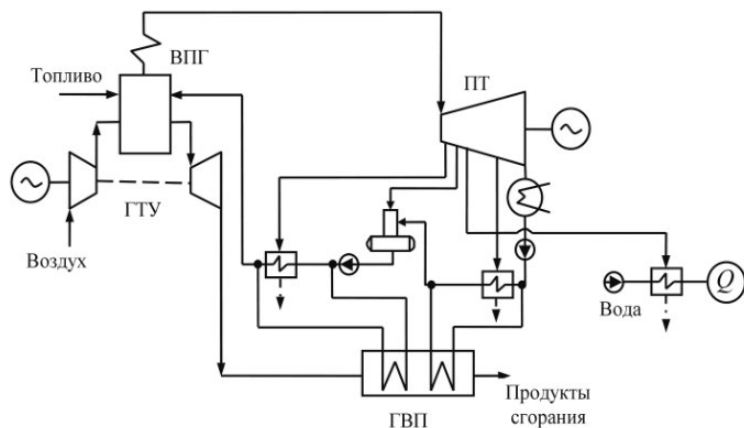


Рисунок 1 – Принципиальная схема ПГУ с высоконапорным ПТ

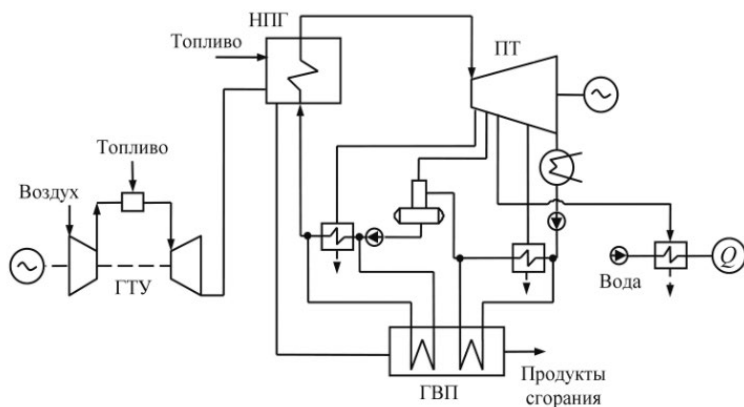


Рисунок 2 – Принципиальная схема ПГУ с НПТ

Кроме того, схема сбросной ПГУ оказывается очень сложной, так как необходимо обеспечить автономную работу паротурбинной части (при выходе из строя ГТУ), а поскольку воздухоподогреватель в котле отсутствует, то необходима установка специальных калориферов, нагревающих воздух перед подачей его в энергетический котел. Длительная эксплуатация этих ПГУ показала их надежность, хорошие маневренные

качества, определяемые возможностью автономной работы ГТУ и ПТУ [2, 4, 5]. Главным преимуществом сбросной схемы является возможность использования в паротурбинном цикле недорогих энергетических твердых топлив.

Установки с НПГ и ВПГ работают по одному и тому же термодинамическому циклу и при одинаковых параметрах и расходах рабочих тел будут иметь одинаковую тепловую экономичность. В ПГУ с НПГ можно использовать как специально разработанные, так и серийные ГТУ и сохранить регенерацию в ПТУ. ПГУ с котлом-утилизатором называют бинарными или утилизационными. Для бинарных ПГУ характерны относительно простая конструкция, монтаж, эксплуатация и наименьшие капиталовложения.

По этой схеме газы после ГТУ сбрасываются в котел-утилизатор, где генерируется пар для ПТУ (рис. 3). Утилизационные ПГУ требуют высокоэкономичных высокотемпературных газовых турбин с температурой уходящих газов 630...640 °С [5] для генерирования пара высоких параметров паротурбинной установки (ПТУ). Современные ГТУ, отвечающие этим требованиям, пока могут работать либо на природном газе, либо на легких сортах жидкого топлива. Мощность ГТУ в этих установках составляет примерно 70 % мощности ПГУ. Одним из недостатков схемы является невозможность автономной работы паротурбинной части установки при останове ГТУ.

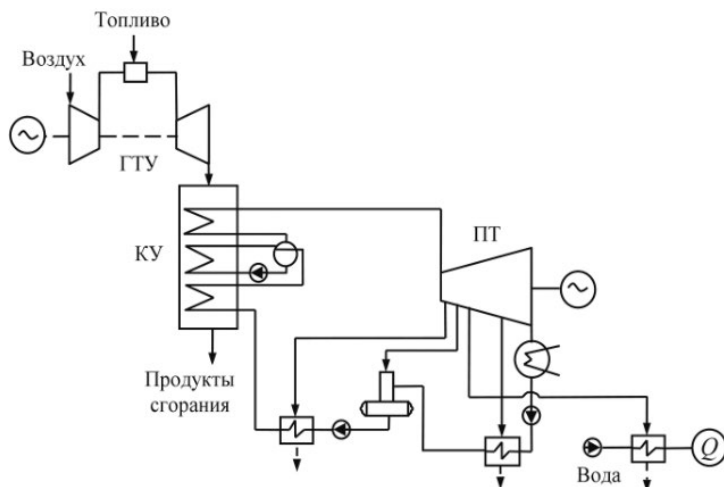


Рисунок 3 – Принципиальная схема ПГУ с КУ

Рассмотренные типы ПГУ позволяют создать энергоблоки с тепловой экономичностью на уровне 45...60 %, что в настоящее время трудно реализуемо для других типов энергоблоков. На основе анализа состояния и перспектив развития ПГУ в России, странах СНГ и за рубежом проведено сравнение эффективности различных типов комбинированных ПГУ, результаты которого показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение эффективности различных типов ПГУ

Тип ПГУ	Россия		Зарубежные страны		Уд. Капвложения, долл./кВт
	N_3 , МВт	η_3^{HT} , %	N_3 , МВт	η_3^{HT} , %	
ПГУ с КУ	80-490	48,6-54,9	62-972	44,8-58,2	450-800
ПГУ с ВПГ	200	37,1	70-725	40,0-44,0	1000-1600
ПГУ с НПГ	250-410	37,4-47,7	550-765	41,2-46,5	700-900
ПГУ с ГВП	410-550	43,4-47,4	-	-	700-800
ПГУ с ГСП	150-450	45,0-47,0	-	-	500-700
ПГУ с ВП	-	-	17,2-52,4	38,9-55,0	400-500

Видно, что создание и совершенствование ПГУ является перспективным направлением, при этом ПГУ с КУ отличаются высокой эффективностью.

Выводы

Использование парогазовых установок:

- позволяют достичь электрического КПД в диапазоне 58–64 %.
- имеют низкая стоимость единицы установленной мощности
- потребляют меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками
- более технологичны в возведении и могут быть установлены за 9–12 мес.
- компактны в сравнении с другими типами электростанций, могут быть установлены вблизи объекта энергопотребления, что сокращает затраты на транспортировку электроэнергии
- однако имеют более низкую единичную мощность оборудования (160–972 МВт на 1 блок), например, с ТЭС, которые имеют мощность блока до 1200 МВт и АЭС – 1200–1600 МВт.
- необходимость осуществлять фильтрацию воздуха, используемого для сжигания топлива, с одной стороны, удорожает технологию, с другой – делает ПГУ более экологичными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Цанев, С. В., Буров, В. Д., Ремезов, А. Н.** Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. Издательство МЭИ, 2002 – 584 с.

2 **Усмонов, Н. О., Умарджанова, Ф. Ш.** Особенности использования парогазовых установок на ТЭС // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 518–522. [Электронный ресурс]. – <https://moluch.ru/archive/115/30781/>

3 **Боруш, О. В.** Парогазовые установки: учебное пособие / О. В. Боруш, О. К. Григорьева. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016 – 64 с.

4 GT26 Gas Turbine [Электронный ресурс]. – <https://www.ansaldoenergia.com/Pages/GT26.aspx>

5 **Фадеев, А. М.** Факторы и предпосылки размещения газотурбинных и парогазовых электростанций в России. – География мирового хозяйства. – №3. – 2014.

6 **Скиба, М. В.** Тенденции развития газотурбинных установок // Вестник Самарского государственного университета. Серия «Экономика и управление». 2015. №9/2(131). С. 156–164.

7 **Манушин, Э. А.** Газовые турбины: Проблемы и перспективы. – М. : Энеоатомиздат, 1986. – 198с.: ил.

8 **Рыжкин, В. Я.** Тепловые электрические станции. Учебник для вузов по специальности «Тепловые электрические станции». Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. – 488 с.: ил.

9 **Буров, В. Д., Дорохов, Е. В., Елизаров, Д. П.** Тепловые электрические станции: учебник для вузов. Под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – 466 с.: ил.

10 **Ольховский, Г. Г.** Перспективы повышения экономичности ГТУ и ПГУ / Г. Г. Ольховский, В. П. Трушечкин // Электрические станции. 2013. – № 1 (978). – с. 2–7.

References

1 **Czanev, S. V., Burov, V. D., Remezov, A. N.** Gazoturbiny`e i parogazovy`e ustanovki teplovy`kh e`lektrostantsij : Uchebnoe posobie dlya vuzov [Gas-turbine and steam-gas installations of thermal power plants : A textbook for universities]. – MEI publishing house, 2002. – 584 p.

2 **Usmonov, N. O., Umardzhanova, F. Sh.** Osobennosti ispol`zovaniya parogazovy`kh ustanovok na TE`S [Features of using combined-cycle gas installations at thermal power plants] In Young scientist. – 2016. – No. 11. – P. 518–522 [Electronic resource]. – <https://moluch.ru/archive/115/30781/>

3 **Borush, O. V.** Parogazovy`e ustanovki : uchebnoe posobie [Combined-cycle plants : a manual] In O. V. Borush, O. K. Grigorieva. – Novosibirsk : Publishing house NGTU, 2016 – 64 p.

4 GT26 Gas Turbine [Electronic resource]. – <https://www.ansaldoenergia.com/Pages/GT26.aspx>.

5 **Fadeev, A. M.** Faktory` i predposy`lki razmeshheniya gazoturbiny`kh i parogazovy`kh e`lektrostancij v Rossii. [Factors affecting the placement of gas turbine and combined-cycle power plants in Russia]. – Geography of the world economy. – No 3. – 2014.

6 **Skiba, M. V.** Tendenczii razvitiya gazoturbiny`kh ustanovok [Trends in the development of gas turbine installations.]. In Bulletin of Samara state University. Series «Economics and management». – 2015. – No. 9/2(131). – P. 156–164.

7 **Manushin, E. A.** Gazovy`e turbiny` : Problemy` i perspektivy` [Gas turbines : Problems and prospects]. – Moscow : Enegoatomizdat, 1986. – 198 p.: Il.

8 **Ryzhkin, V. Ya.** Teplovy`e e`lektricheskie stanczii : Uchebnik dlya vuzov po speczial`nosti «Teplovy`e e`lektricheskie stanczii» [Thermal power station: Textbook for higher education institutions on the specialty «Thermal power stations»]. 2nd ed., reprint. and add. – Moscow : «Energy», 1976. – 488 p.: ill.

9 **Burov, V. D., Dorokhov, E. V., Elizarov, D. P.** Teplovy`e e`lektricheskie stanczii : uchebnik dlya vuzov. [Thermal power stations : textbook for universities]. Ed. by V. M. Lavygin, A. S. Sedlov, and S. V. Tsanev. – 2nd ed., reprint. and add. – Moscow : Publishing house of MEI, 2007. – 466 p.: ill.

10 **Olkhovskij G. G.** Perspektivy` povy`sheniya e`konomichnosti GTU i PGU / [Prospects for increasing the efficiency of gas turbine and PSU] In G. G. Olkhovskij, V. P. Trushechkin In E`lektricheskie stanczii. [Electric power stations]. – 2013. – № 1 (978). – P. 2–7.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

A. K. Мергалимова, А. У. Капанова, М. К. Сагилова

ALSTOM GT26 негізіндегі бу мен газ жэо-ның қос қондырғысын дамыту

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Қазақстан Республикасы, Нур-Сұлтан қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

A. K. Mergalimova, A. U. Kapanova, M. K. Sagilova

Development of a double unit of a combined-cycle thermal power plant based on ALSTOM GT26

S.Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan
Material received on 30.09.20.

Мақалада энергетикалық дамудың ең перспективалық салаларының бірі болып табылатын жылу электр станцияларының газ турбинасы және аралас циклды электр станциялары бойынша мәселелер талқыланады. 2000 жылдан бастап газ турбинасы және аралас циклды қондырғыларының қолданылуына және олардың сапа көрсеткіштеріне талдау жүргізілді. Газ турбинасы қондырғысы мен бу турбинасы қондырғысын әртүрлі тәсілдермен біріктіру кезінде әр түрлі жылу схемалары, жұмысының негізгі сипаттамалары және жабдықтың құрамы қарастырылады. Сондай-ақ, жылу қазандығы бар аралас циклды қондырғысын пайдалануы жоғары тиімділігімен және бірқатар артықшылықтарымен ерекшеленетіндігі атап өтіледі.

Кілтті сөздер: аралас циклды қондырғылар, жылу электр станциясы, турбина, газтурбиналық қондырғы.

The article deals with issues with gas turbine and combined-cycle power plants of thermal power plants, which is one of the most promising branches of energy development. The analysis of the use of gas turbine and combined-cycle plants since the 2000s and their quality indicators is carried out. Various thermal schemes, main operating characteristics, and equipment composition are considered when combining a gas turbine unit and a steam turbine unit in various ways. It is also noted that the use of a combined-cycle plant with a heat recovery boiler is highly efficient and has a number of advantages.

Keywords: combined-cycle gas plants, thermal power plant, turbine, gas turbine plant.

Теруге 30.09.2020 ж. жіберілді. Басуға 14.10.2020 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
2,99 Мб RAM
Шартты баспа табағы 23,30. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3707

Сдано в набор 30.09.2020 г. Подписано в печать 14.10.2020 г.
Электронное издание
2,99 Мб RAM
Усл. печ. л. 23,30. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3707

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz