

УДК 621.316

Я.А. ПОПОВА, студентка гр. С-АЭС-21 (СГТУ)

**Научный руководитель Е.Ю. БУРДЕНКОВА, с.н.с. ОЭП ФИЦ СНЦ РАН
(СГТУ)
г. Саратов**

ПРИМЕНЕНИЕ ГТУ НА АЭС

Одной из проблем современного общества является проблема нехватки электроэнергии. Спрос растет с каждым днем, а ресурсы ограничены. Встает вопрос, где взять дешёвую и безопасную энергию. Один из возможных вариантов атомная энергетика, но и здесь имеется проблема. Человек использует электроэнергию неравномерно, активно утром и вечером, и очень мало ночью. Из-за этого возникают перепады в спросе, и тепловые станции вынуждены работать в переменном режиме. Но для атомных станций данный вид эксплуатации попросту губителен и небезопасен, нужна маневренность, которую невозможно на данный момент реализовать. Именно в этом направлении ведутся исследования и разработки в России и за рубежом. Именно в этом заключается актуальность реализации способов комбинирования ГТУ и АЭС [1].

Проанализируем преимущества газотурбинной установки. Весьма рационально и эффективно утилизировать тепло выхлопных газов. КПД ГТУ составляет 35–38 %, зачастую он ниже этих значений. Возможно осуществить подключение установки ГТУ типа ГТЭ-130-850 к АЭС с реакторной установкой ВВЭР-1000 и турбиной К-1000-60/1500 или К-1000-60/3000 [2].

Рассмотрим схему подключения ГТУ к АЭС [3] с дожигающим устройством, изображённую на рисунке 1. Паротурбинная установка АЭС состоит из цилиндров высокого и низкого давления, обозначенных на рисунке цифрами (2) и (3) соответственно, сообщающимися друг с другом при помощи паропровода (15) с подключенным к нему сепаратором-пароперегревателем (5,4). Цифрой (13) обозначен трубопровод соединяющий промежуточный пароперегреватель (1) и цилиндр низкого давления. Воздух поступает в компрессор (6) где он сжимается, а затем направляется в камеру сгорания (8), куда так же подается и топливо. Газы из камеры сгорания направляются в газовую турбину. С помощью трубопровода (12) турбина (7) связана с промежуточным пароперегревателем, перед которым подключается дожигающее устройство (11).

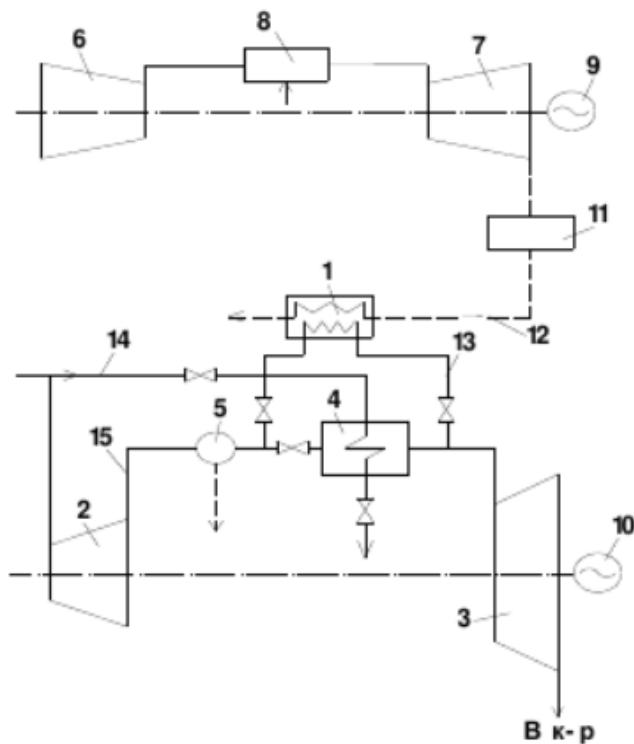


Рис. 1. Схема комбинированного оборудования АЭС с ВВЭР и ГТУ с использованием дожигающего устройства

Можно отметить следующие преимущества использования ГТУ совместно с АЭС:

- 1) автономность установки и изотропность выработки энергии;
- 2) повышение маневренности атомной станции без потерь в мощности;
- 3) повышение выработки мощности при понижении температуры ниже нуля на 20% [4];
- 4) дополнительное аварийное электроснабжение.

Далее будет представлен один из возможных способов подключения данной установки в цикл. Для каждой установки стоит подбирать ГТУ, подходящую по температуре выхлопных газов, мощности и другим параметрам, например, экономичности.

Схема с промежуточным перегревом газа [2].

Осуществляется промежуточный перегрев пара в газопаровом перегревателе, при отключенном сепараторе-пароперегревателе. Температура пара, направляемого в цилиндр низкого давления, при этом повысится до 350 градусов. Как следствие, влажность пара уменьшится, а перепад температур и мощность увеличится, что поможет продлить срок работы установки, уменьшая возможность появления коррозии, либо уменьшая скопи-

рость ее распространения. Но еще более важным аспектом подобной системы является повышение КПД.

Можно комбинировать работу газопарового перегрева с паропаровым. При такой эксплуатации турбины современного производства способны отработать весь нормативный срок без замены. Так же ГТУ очень компактны и не требуют большого количества металла для изготовления, что весьма эффективно и привлекательно для совместной работы с ядерным энергоблоком.

Повышенные требования к пожаробезопасности этих установок должны быть учтены при их проектировании. Кроме того, требуется корректировать меры безопасности и увеличивать расходы на научные исследования для реализации данных проектов.

Сейчас все более интересной становится идея использования топлива для атомных станций повторно. В скором времени в эксплуатацию будет вводится все больше реакторов на быстрых нейтронах, которые как раз используют данную технологию [5]. Второй контур в подобных реакторах с натриевого заменяется газовым, и появляется больше возможностей использования газотурбинных установок. И это имеет неоспоримые преимущества, к примеру, невозможность взаимодействия топлива и воды, сосредоточение радиоактивных элементов в первом контуре и т.д.

Для подобных станций так же есть несколько видов подключения ГТУ: разомкнутый и замкнутый, рассмотрим их преимущества.

В разомкнутой системе воздух, отработавший в турбине, выбрасывается в окружающую среду. Это упрощает конструкцию. Но есть и сопутствующие этому риски: возможность выброса радиоактивных веществ в атмосферу и низкий КПД.

В случае с замкнутой системой газ циркулирует по конуру и охлаждается при помощи пруда охладителя. У такой установки более высокий КПД и имеется возможность использовать любой газ в качестве рабочего тела.

Возможность установки ГТУ на данный вид атомных станций представляет значительный интерес благодаря его потенциалу, более полноценно раскрывающему энергию газа.

Список литературы:

1. Комбинирование АЭС и ГТУ – один из способов повышения эффективности АЭС в энергосистемах / А.С. Наумов, В.А. Хрусталев // 2012, [<https://cyberleninka.ru/article/n/kombinirovaniye-aes-i-gtu-odin-iz putey-povysheniya-effektivnosti-aes-v-energosistemah/viewer>].

2. Эффективность применения парогазовых технологий на АЭС с турбинами насыщенного пара / А.Г. Ильинченко, С.Г. Адрианов, М.А. Бу-

тов//2015, [<https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-parogazovyh-tehnologiy-na-aes-s-turbinami-nasyschennogo-para/viewer>].

3. Пат. 2489574 РФ, МПК Г 01 К 23/10, F 24 Н7/00. Парогазовая установка на базе АЭС / Хрусталев В.А., Новикова З.Ю., Наумов А.С.; заявители и патентообладатели Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ имени Гагарина Ю.А.) 19.01.2012; опубл. 10.08.2013, Бюл. № 22 - 12 е.: 1 ил. [https://yandex.ru/patents/doc/RU2489574C1_20130810].

4. Повышение системной эффективности энергокомплексов на базе АЭС и ГТУ с тепловой аккумуляцией / З.Ю. Новикова, В.А. Хрусталев и др. // 2013, [<https://www.dissercat.com/content/povyshenie-sistemnoi-effektivnosti-energokompleksov-na-baze-aes-i-gtu-s-teplovoi-akkumulyats/read>].

5. Анализ применения газотурбинного цикла на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах/ И.А. Ташириева, О.В. Черных, С.Е. Щелкин//2016, [<http://elar.urfu.ru/handle/10995/64071>].

Информация об авторах:

Попова Яна Алексеевна, студентка гр. С-АЭС-21, СГТУ, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая д.77, ianapopova107@gmail.com

Бурденкова Елена Юрьевна, с.н.с. ОЭП ФИЦ СНЦ РАН, СГТУ, г. Саратов, ул. Политехническая д. 77, lena.burdenkova@yandex.ru