

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 8383

(13) С1

(46) 2006.08.30

(51)<sup>7</sup> F 02C 7/00,  
F 25B 29/00

(54)

## КОМБИНИРОВАННАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

(21) Номер заявки: а 20030592

(22) 2003.06.12

(43) 2004.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Качан Аркадий Дмитриевич; Качан Светлана Аркадьевна; Копко Виктор Михайлович; Копко Михаил Викторович; Кравцов Владимир Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 2707 С1, 1999.

ВУ 4850 С1, 2002.

SU 547121, 1982.

SU 1067308 А, 1984.

RU 2076929 С1, 1997.

RU 96100929 А, 1998.

RU 4783 U1, 1997.

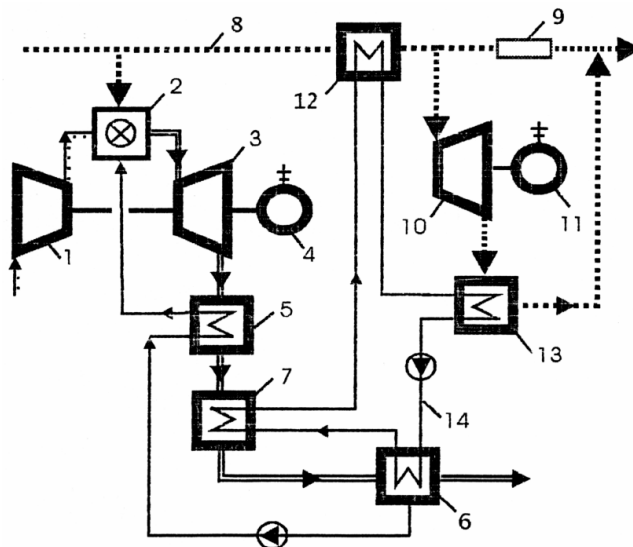
FR 2344718 А1, 1977.

US 4282708, 1981.

US 4597256, 1986.

(57)

Комбинированная энергетическая установка, содержащая воздушный компрессор, соединенный с камерой сгорания, и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, отличающаяся тем, что содержит подогреватель воды, установленный в выхлопном тракте газовой турбины между котлом-утилизатором и конденсатором водяных паров, подключенный к магистральному газопроводу с редуцирующим



ВУ 8383 С1 2006.08.30

устройством турбодетандер с электрогенератором, подогреватели газа высокого и низкого давления, установленные соответственно на входе и выходе турбодетандера и соединенные промежуточным водяным контуром, при этом выход воды из подогревателя газа низкого давления соединен со входом ее в конденсатор водяных паров, вход воды в подогреватель газа высокого давления соединен с выходом ее из подогревателя воды, а вход воды в подогреватель воды соединен с выходом ее из конденсатора водяных паров.

---

Изобретение относится к области теплоэнергетики и может быть использовано на парогазовых установках (ПГУ), использующих впрыск водяного пара в камеру сгорания и расположенных вблизи газораспределительных станций (ГРС) природного газа, для повышения их экономической эффективности.

Парогазовые установки с впрыском водяного пара в камеру сгорания - один из наиболее эффективных путей развития энергетики. При высокой тепловой экономичности они имеют низкую удельную стоимость, улучшенные маневренность и экологические характеристики, однако отличаются высокими потерями химочищенной воды и теплоты пара с уходящими газами.

Известна схема парогазовой установки со впрыском пара [1], в составе воздушного компрессора, камеры сгорания, газовой турбины с электрогенератором и последовательно установленных в газовом тракте за газовой турбиной котла-утилизатора и конденсатора водяных паров. При этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания. Образующийся в конденсаторе водяных паров конденсат вместе с необходимой подпиткой воды из химводоочистки подается на впрыск в камеру сгорания. В данной схеме достигается сохранение воды как физической субстанции, однако недостатком ее является применение для конденсации водяного пара в качестве охлаждающей жидкости холодной циркуляционной воды, не использующей теплоты конденсации.

Наиболее близкой к предлагаемой является комбинированная энергетическая установка (КЭУ) [2], содержащая воздушный компрессор, камеру сгорания и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, и снабженная контуром теплонасосной установки (ТНУ) с компрессором с электродвигателем, конденсатором, дроссельным вентилем и испарителем, при этом последний присоединен к конденсатору водяных паров посредством промежуточного водяного контура.

При использовании теплонасосной установки происходит глубокое охлаждение воды в промежуточном водяном контуре, что обеспечивает надежную конденсацию водяных паров и возвращение их конденсата в котел-утилизатор. При этом теплота конденсации водяного пара и физическая теплота газов, аккумулированная в процессе испарения в испарителе низкокипящей жидкостью, после повышения ее температурного уровня в процессе сжатия в компрессоре передается в конденсаторе тепловому потребителю.

Таким образом, в данной схеме не только исключаются потери химически очищенной воды, но также возможно полезное использование теплоты конденсации водяных паров. Однако необходимость потребления электроэнергии на привод компрессора ТНУ, а также высокая стоимость последней снижают эффективность утилизации теплоты конденсации водяных паров в КЭУ.

В то же время на ГРС Беларуси начинают применять турбодетандерные агрегаты (ТДА), использующие потенциальную энергию газа вместо его дросселирования. После ТДА газ захлаживается до минусовых температур и по условиям надежной работы газопроводов требуется его подогрев до 10-20 °С. Использование ТДА в составе комбиниро-

## ВУ 8383 С1 2006.08.30

ванных энергетических установок создает наиболее благоприятные условия для утилизации теплоты парогазовой смеси после контактной ПГУ и конденсации водяного пара и позволит получить высокий (до 90 % и более) электрический КПД КЭУ.

Задача, решаемая изобретением, - повышение экономической эффективности и расширение области применения парогазовых комбинированных установок, работающих с впрыском пара.

Для решения поставленной задачи комбинированная энергетическая установка, содержащая воздушный компрессор, соединенный с камерой сгорания, и газовую турбину с приводимым от нее электрогенератором, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины котел-утилизатор и конденсатор водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора водяных паров, а выход - с камерой сгорания, содержит подогреватель воды, установленный в выхлопном тракте газовой турбины между котлом-утилизатором и конденсатором водяных паров, подключенный к магистральному газопроводу с редуцирующим устройством турбодетандер с электрогенератором, подогреватели газа высокого и низкого давления, установленные соответственно на входе и выходе турбодетандера и соединенные промежуточным водяным контуром, при этом выход воды из подогревателя газа низкого давления соединен со входом ее в конденсатор водяных паров, вход воды в подогреватель газа высокого давления соединен с выходом ее из подогревателя воды, а вход воды в подогреватель воды соединен с выходом ее из конденсатора водяных паров.

Сущность изобретения поясняется чертежом, где приведена принципиальная схема предлагаемой комбинированной энергетической установки.

Установка включает воздушный компрессор 1, камеру 2 сгорания и газовую турбину 3 с приводимым от нее электрогенератором 4, последовательно установленные в выхлопном тракте газовой турбины 3 котел-утилизатор 5 и конденсатор 6 водяных паров, при этом вход пароводяного тракта котла-утилизатора 5 соединен с патрубком отвода конденсата из конденсатора 6 водяных паров, а выход - с камерой 2 сгорания, подогреватель 7 воды, установленный в выхлопном тракте газовой турбины 3 между котлом-утилизатором 5 и конденсатором 6 водяных паров, подключенный к магистральному газопроводу 8 с редуцирующим устройством 9 турбодетандер 10 с электрогенератором 11, подогреватели газа высокого 12 и низкого 13 давления, установленные соответственно на входе и выходе турбодетандера 10 и соединенные промежуточным водяным контуром 14, при этом выход воды из подогревателя газа низкого давления 13 соединен со входом ее в конденсатор 6 водяных паров, вход воды в подогреватель газа высокого давления 12 соединен с выходом ее из подогревателя 7 воды, а вход воды в подогреватель 7 воды соединен с выходом ее из конденсатора 6 водяных паров.

Работа установки осуществляется следующим образом.

Атмосферный воздух воздушным компрессором 1 подается в камеру 2 сгорания для окисления топлива в присутствии водяного пара, подводимого из котла-утилизатора 5. Газовая турбина 3 обеспечивает привод воздушного компрессора 1 и электрического генератора 4.

Смесь продуктов сгорания и водяного пара, отработав в газовой турбине 3, отдает затем теплоту в котле-утилизаторе 5 на выработку пара и в подогревателе 7 воды и поступает для дальнейшего охлаждения парогазовой смеси и конденсации водяных паров в конденсатор 6 водяных паров. Образующийся здесь конденсат, при необходимости химически доочищенный, подается в котел-утилизатор 5.

Нагретая в конденсаторе 6 водяных паров и подогревателе 7 воды вода промежуточного водяного контура 14 подается на подогреватели 12 и 13 для подогрева газа перед и за турбодетандером 10. Охлажденная в подогревателе 13 вода возвращается для последовательного подогрева ее в конденсаторе 6 водяных паров и подогревателе 7 воды.

Работа расширения газа в турбодетандере 10 превращается в электрическую энергию в электрогенераторе 11.

# **ВУ 8383 С1 2006.08.30**

Источники информации:

1. Патент США 4 128 994, МПК F 02С 7/00, F 02С 7/10, 1978.
2. Патент РБ 2707, МПК F 02С 7/00, F 25В 29/00, 1999 (прототип).