

горесурсах за счет большего количества выработанной электроэнергии при одинаковых начальных и конечных параметрах.

Л и т е р а т у р а

1. Схемы тригенерационных установок для централизованного энергоснабжения / А. В. Клименко [и др.] // Теплоэнергетика. – 2016. – № 6. – С. 36–43.
2. Тригенерация энергии в турбодетандерных установках на диоксиде углерода / А. В. Овсянник [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 2. – С. 41–51.
3. Овсянник, А. В. Турбодетандерная установка на диоксиде углерода с производством жидкой и газообразной углекислоты / А. А. Овсянник // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2019. – Т. 62, № 1. – С. 77–87. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-1-77-87>
4. Овсянник, А. В. Разработка компьютерной программы для оптимизации параметров низкокиспящего рабочего тела в турбодетандерной установке / А. В. Овсянник, В. П. Ключинский // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2020. – № 3/4. – С. 108–115.
5. Овсянник, А. В. Термодинамический анализ озонобезопасных низкокиспящих рабочих тел для турбодетандерных установок / А. В. Овсянник, В. П. Ключинский // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2020. – Т. 63, № 6. – С. 554–562. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2020-63-6-554-562>
6. Трухний, А. Д. Стационарные паровые турбины / А. Д. Трухний. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 640 с.
7. Бродянский, В. М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В. М. Бродянский. – М. : Энергия, 1973. – 295 с.
8. Бродянский, В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек ; под ред. В. М. Бродянского. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
9. Шаргут, Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М. : Энергия, 1968. – 280 с.

ТРИГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ОЗОНОБЕЗОПАСНЫХ ХЛАДАГЕНТАХ

Н. С. Грищенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

Рассмотрено изучение способов повышения эффективности турбодетандерного цикла на низкокиспящих рабочих телах. Исследования проведены для четырех схем турбодетандерного цикла. Были изучены принципы их работы, а также принцип работы тригенерационной турбодетандерной установки на низкокиспящих рабочих телах.

Ключевые слова: тригенерация, хладагент, низкокиспящие рабочие тела, исследование, фреон.

Тригенерация – эффективный способ удовлетворения потребителей электроэнергией, теплом и холодом, необходимыми в различных отраслях промышленности (для реализации технологических процессов), а также в сфере услуг и жилищно-коммунальном хозяйстве. В определенных условиях тригенерация позволяет снизить затраты топливно-энергетических ресурсов и улучшить экологические показатели генерирующих установок.

Целью данной работы является изучение способов повышения эффективности турбодетандерного цикла на низкокиспящих рабочих телах (НКРТ).

В зависимости от наклона линии насыщенного пара на $T-s$ -диаграмме НКРТ можно разделить на «сухие», «влажные» и «изоэнтропные».

Исследуемые схемы и принцип их работы. Исследования проводились для четырех схем турбодетандерного цикла: без перегрева НКРТ (рис. 1, а); с однократным перегревом (рис. 1, б); с двукратным перегревом (рис. 1, в); с двукратным перегревом на сверхкритических параметрах (рис. 1, г).

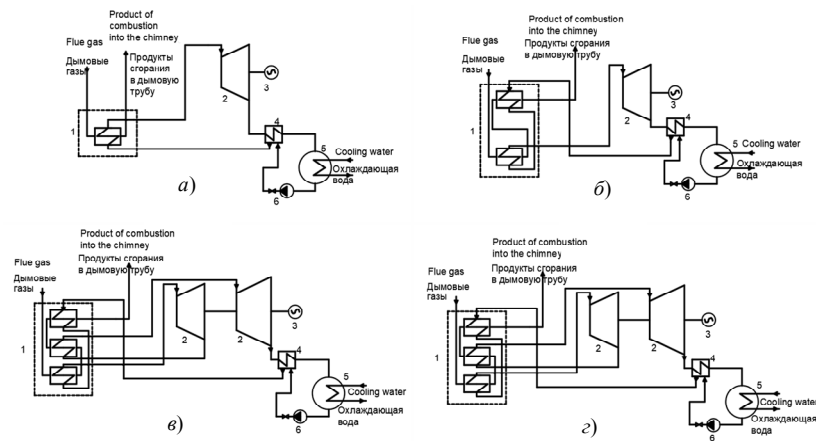


Рис. 1. Исследуемые схемы турбодетандерного цикла

В качестве НКРТ принят озонобезопасный фреон R236EA, имеющий «сухую» характеристику линии насыщения, нулевой потенциал разрушения озонового слоя и потенциал глобального потепления, равный 1370 за 100 лет.

Схема тригенерационной турбодетандерной установки дана на рис. 2.

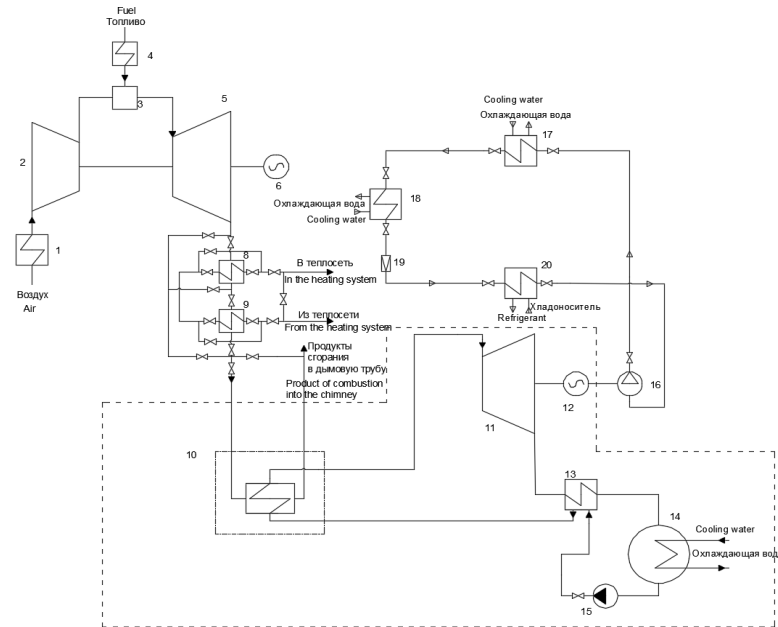


Рис. 2. Схема тригенерационной турбодетандерной установки на озонобезопасных хладагентах:

1, 4, 13 – теплообменник; 2 – компрессор газотурбинной установки; 3 – камера сгорания; 5 – газовая турбина; 6, 12 – генератор; 8, 9 – подогреватель сетевой воды; 10 – котел-утилизатор; 11 – турбодетандер; 14 – конденсатор; 15 – насос; 16 – компрессор; 17 – конденсатор пароконденсационной холодильной машины; 18 – переохладитель; 19 – дроссель; 20 – испаритель

Результаты исследований. Приняв эксергию продуктов сгорания, поступающих в котел-утилизатор, за единицу, можно найти относительное распределение потерь эксергии по элементам исследуемых циклов [2].

Для удобства анализа полученных данных представим результаты в виде диаграммы Грассмана–Шаргута (рис. 3) [1].

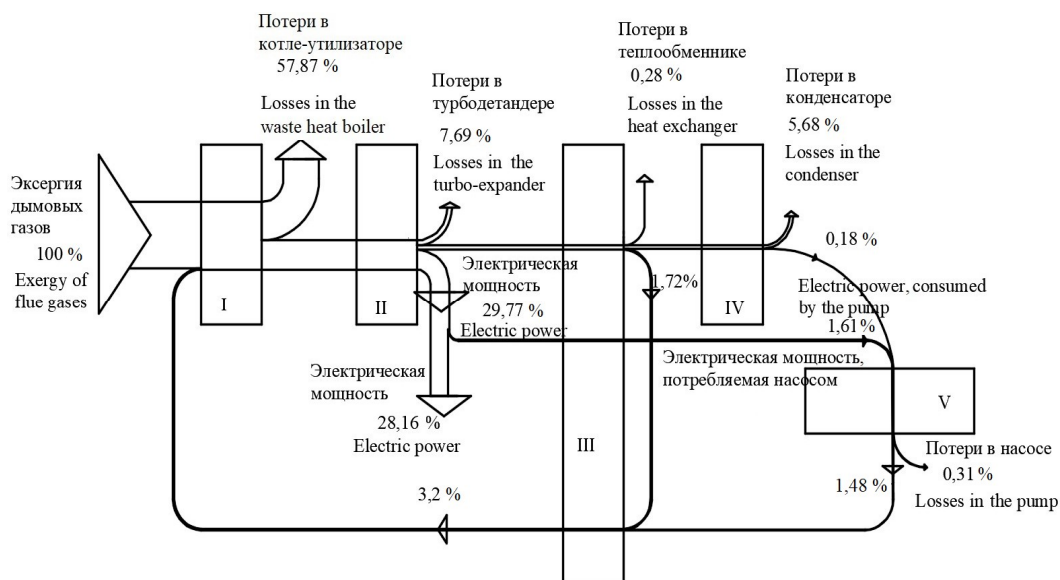


Рис. 3. Диаграмма Грассмана–Шаргута для турбодетандерного цикла без перегрева низкокипящего рабочего тела:

I – котел утилизатор; II – турбодетандер; III – теплообменник; IV – конденсатор; V – насос

Как видно из диаграмм на рис. 3, однократный и вторичный перегрев НКРТ в конечном итоге приводят к увеличению эксергетического КПД с 28,16 до 36,22 % и с 36,22 до 37,20 % соответственно. Это связано, в первую очередь, со снижением потери эксергии в котле-утилизаторе и увеличением эксергии, превращаемой в электрическую энергию в турбодетандере [4]. Увеличение параметров рабочего тела приводит и к увеличению регенерации эксергии в теплообменнике.

Таким образом, основные потери, оказывающие существенное влияние на эксергетический КПД, происходят в котле-утилизаторе. Повышение параметров низкокипящих рабочих тел, а также использование промежуточного перегрева приводят к снижению потерь в котле-утилизаторе и, как следствие, к повышению эксергетического КПД турбодетандерного цикла. Наибольшим эксергетическим КПД из исследуемых схем обладает турбодетандерный цикл с двукратным перегревом на сверхкритических параметрах НКРТ.

Литература

1. Схемы тригенерационных установок для централизованного энергоснабжения / А. В. Клименко [и др.] // Теплоэнергетика. – 2016. – № 6. – С. 36–43.
2. Тригенерация энергии в турбодетандерных установках на диоксиде углерода / А. В. Овсянник [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2019. – № 2. – С. 41–51.
3. Овсянник, А. В. Турбодетандерная установка на диоксиде углерода с производством жидкой и газообразной углекислоты / А. А. Овсянник // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. – 2019. – Т. 62, № 1. – С. 77–87. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-1-77-87>

4. Овсянник, А. В. Разработка компьютерной программы для оптимизации параметров низкотемпературной газотурбодетандерной установки / А. В. Овсянник, В. П. Ключинский // Вест. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2020. – № 3/4. – С. 108–115.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОЛОЧНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ С ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ И СВЕТОДИОДНЫМИ ЛАМПАМИ

Е. В. Акулова, А. В. Ванкович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Л. И. Евминов

Представлены результаты экспериментального исследования потолочных светильников с газоразрядными и светодиодными лампами. Определены электрические и световые характеристики и выполнено их сравнение.

Ключевые слова: источники света, газонаполненные лампы, светодиодные лампы, электрические и световые характеристики.

Эффективное использование электроэнергии – одна из главных задач энергосистемы Республики Беларусь. В этих целях реализуется Государственная программа «Энергосбережение» на 2021–2025 гг. В рамках подпрограммы 1 «Повышение энергоэффективности» [1] предусмотрена модернизация систем освещения мест общего пользования жилых домов с внедрением энергоэффективных осветительных устройств, в том числе светодиодных, и автоматических систем управления освещением.

Целью данной работы является сравнительный анализ электрических показателей двух видов светильников: люминесцентного и светодиодного для выявления более экономичного варианта.

Для каждого светильника в соответствии со схемой эксперимента (рис. 1) были выполнены измерения следующих величин: напряжения U , тока I и коэффициента мощности $\cos\varphi$. На основании полученных данных рассчитаны значения активной мощности P .

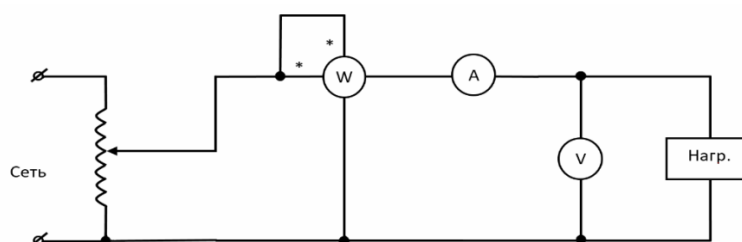


Рис. 1. Схема эксперимента

Регулирование напряжения сети производилось с помощью ЛАТРа. Измерения производятся от значения напряжения 220 В до напряжения угасания светильника. Для газоразрядного светильника оно равно 162 В, для диодного – 84 В. Предпоследнее напряжение в табл. 1, 2 – минимальное напряжение, при котором лампы светильника не гаснут. Остальные значения напряжений соответствуют 220 – (5–50) % В,