

УДК 338.984

**ТУРБОДЕТАНДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ
TURBO EXPANDER INSTALLIATIONS**

Н.И. Козак, А.В. Геут

Научный руководитель – Л.А. Тарасевич, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

N. Kozak, A. Geut

Supervisor – L. Tarasevich, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье рассмотрены принцип работы турбодетандерной установки, разобраны её основные виды и используемые области применения, а также приводится описание её конструктивных особенностей.

Abstract: This article discusses the principle of operation of a turbodetander installation, analyzes its main types and applications used, and also provides a description of its design features.

Ключевые слова: турбодетандер, энергия, энергетическая эффективность, газ, охлаждение.

Keywords: turbo expander, energy, energy efficiency gas, cooling.

Введение

Турбодетандерная установка – это устройство, которое реорганизует потенциальную энергию сжатого газа в механическую. Суть работы турбодетандера заключается в следующем: сжатие и расширение газа, выработка энергии и охлаждение. Данный принцип построен на разнице давлений, что обеспечивает возможность извлечения неэффективно расходуемой энергии. Из этого следуют следующие преимущества: повышение эффективности систем, сокращение затрат на энергию и снижение выбросов парниковых газов, что играет ключевую роль на сегодняшний день в условиях глобальных изменений климата и ограниченных ресурсов.

Основная часть

Конструкция турбодетандерной установки представляет собой механизм, который состоит из нескольких ключевых элементов, каждый из которых выполняет специфические функции, способствующие эффективной и надежной работе устройства. Одним из основных составляющих является корпус, изготавливаемый из довольно высокопрочных материалов. Применение данных материалов необходимо для предотвращения коррозии, износа и механических повреждений, а также они способны выдерживать экстремальные условия эксплуатации (высокая температура, давление и агрессивные химические среды) [1].

Корпус гарантирует защиту внутренних механизмов от воздействий внешней среды и обеспечивает нужные условия для преобразования расширения и сжатия газа. Несмотря на это устройство корпуса должно обеспечивать

динамические нагрузки, которые могут возникнуть при его работе, требующей детальной проработки высококвалифицированных специалистов.

Ротор является неотъемлемой частью данного агрегата. На ротор насажено большое количество рабочих лопаток, вращение которых приводит в действие ротор, в котором происходит превращение кинетической энергии потока газа в механическую энергию вращения ротора турбодетандерной установки. Устройство ротора необходимо тщательно прорабатывать для исключения всяческих вибраций, которые в свою очередь возникают во время его эксплуатации. Сильные вибрационные нагрузки могут вывести ротор из строя.

Статор является совокупностью неподвижных частей турбодетандера. В функцию статора входит защита внутренних механизмов. Данный агрегат обеспечивает эффективное направление потока газа через лопатки, а также практичное теплоотведение: рассеивание тепла, которое может возникнуть в процессе эксплуатации данного турбоагрегата, что минимизирует перегрев и повышает срок службы.

Система смазки необходима для качественной работы, основной его функцией является уменьшение трения между движущимися частями, в свою очередь это способствует снижению риска аварийной ситуации.

Система управления включает в себя следующие компоненты: контрольно-измерительные приборы и датчики, регулирующие работу механизма и обеспечивающие эффективную производительность.

Классификация турбодетандеров:

- по конструкции: открытые и закрытые;
- по давлению: низкого (0,4-1,5 МПа), среднего (2-7 МПа), высокого (10-20 МПа);
- по количеству ступеней: одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые;
- по типу рабочего тела: воздушные и газовые (воздушно-азотные, гелиевые, водородные, природный газ);
- по агрегатному состоянию: газовое, парожидкостное;
- по способу привода: механические и электрические;
- по области применения: энергетические и холодильные;

Турбодетандерные установки подразделяются на машины объемного и динамического действия. Примером машин объёмного действия могут служить поршневые и винтовые детандеры (рис. 1).



Рисунок 1 – Машина объёмного действия [1]

Машина динамического действия наиболее распространена в криогенной технике и в воздушных холодильных машинах, где рабочим телом является воздух, и температура достигает до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).



Рисунок 2 – Машина динамического действия [1]

Принцип работы турбодетандерной установки [2].

Сперва газ, отдавая свою энергию, поступает в компрессор, где в последующем сжимается и приводит к снижению его температуры. Расширение газа совершается вследствие выполнения работы на лопастях турбины, вызывая вращение ротора. Процесс преобразования механической энергии в электрическую – это не просто механическое движение, а искусство перехода одной формы энергии в другую. Приобретенная энергия может сыграть важную роль, начиная от снабжения жилых зданий до обеспечения электроэнергией производственных предприятий. Понижение температуры и снижение давления дает возможность беспрепятственно охлаждать различные системы и процессы. В итоге, помимо создания холода, такие установки позволяют сократить затраты на электроэнергию. Общий вид схемы турбодетандерной установки приведен на рисунке 3.

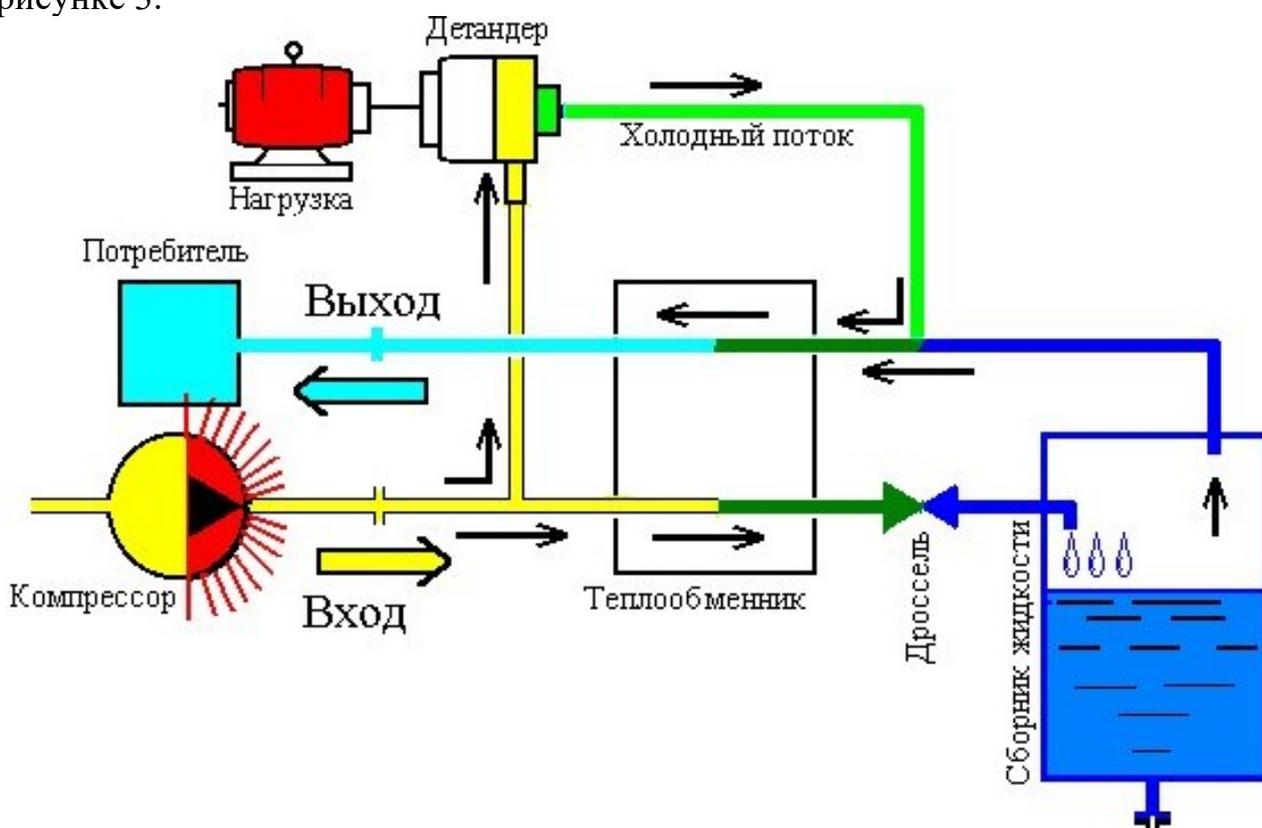


Рисунок 3 – Общий вид турбодетандерной установки [2]

Турбодетандерные установки имеют множество преимуществ, которые делают их наиболее эффективными в различных областях применения. Рассмотрим основные сферы их использования [3]:

- Воздухоразделительное устройство. Принцип его работы основан на извлечении из воздуха азота и кислорода. На сегодняшний день, различают следующие виды: адсорбционные, криогенные и мембранные. Воздухоразделительное устройство широко применяется в медицинской сфере.
- Ожигители азота, водорода и гелия. Распространено в медицине, научных исследованиях, ракетной технике и в исследованиях в области

энергетики.

- Гелиевые рефрижераторы. Суть работы заключается в адсорбции и десорбции. Основным элементом – гелий, благодаря которому достигаются очень низкие значения температур из-за малой температуры кипения. Основным преимуществом является его безопасность за счет отсутствия токсичных и горючих веществ.
- Воздушная холодильная машина. Рабочим телом является воздух. Расширение и сжатие газа – это те принципы, на которых основана данная установка. Она применяется в различных сферах, такие как промышленность, офисные здания, сельское хозяйство, торговля, а также автомобильная промышленность.
- Ожижитель природного газа. Данная установка основана на превращении природного газа в жидкую фазу, которая способствует значительному снижению затрат на его перевозку и хранение. Ожижители играют весомую роль в промышленности, быту и энергетике.
- Турбодетандеры-электрогенераторы на перепаде давлений сетевого природного газа. Эффективно применяются в следующих областях: энергетика, автономные источники энергии, газотранспортная система, промышленность.

Заключение

Турбодетандерные установки являются важным аспектом для повышения эффективности энергетических систем в промышленных областях. Одним из весомых достоинств является преобразование кинетической энергии в механическую с наименьшими потерями, что приводит к сокращению потребления топлива и позволяет снизить количество токсичных веществ. Эффективное развитие и постоянные модернизации данной установки приводят к заметным улучшениям и усовершенствованиям в области устойчивой энергетики. Применение турбодетандерной установки в сферах промышленности, медицины, газотранспортной системе, авиации, ракетной технике и энергетике подчеркивает универсальность и многогранность данной установки [4].

Таким образом, турбодетандерные установки являются неотъемлемой частью энергетических и производственных систем, благодаря его особенному принципу работы преимущества перекрывают недостатки, что делают их наиболее предпочтительнее при выборе.

Литература

1. Расчёт и оптимальное проектирование расширительных машин объёмного и динамического действия [Электронный ресурс] / Расчёт и оптимальное проектирование расширительных машин объёмного и динамического действия. – Режим доступа: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2043.pdf> /. – Дата доступа: 21.10.2024.

2. Турбодетандер и его принципы работы [Электронный ресурс] / Турбодетандер и его принципы работы. – Режим доступа:

<https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/27035/%D0%A1.%20450.pdf?sequence=1> /. – Дата доступа: 23.10.2024.

3. Расчёт параметров турбодетандера [Электронный ресурс] / Расчет параметров турбодетандер. – Режим доступа: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/53356/1/TPU680502.pdf> /. – Дата доступа: 22.10.2024.

4. Турбодетандер [Электронный ресурс] / Турбодетандер. – Режим доступа: <https://rmgas-invest.ru/upload/iblock/b6a/b6ab570d45b994afb5322a4d31cd2208.pdf> /. – Дата доступа: 21.10.2024.