



INNOVATIVE WORLD
Ilmiy tadqiqotlar markazi



TADQIQOTLAR



ILM-FAN



TEKNOLOGİYALAR

ZAMONAVIY ILM-FAN VA INNOVATSIYALAR NAZARIYASI

ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA

2025



Google Scholar



zenodo



Andijan, Uzbekistan



+998335668868



<https://innoworld.net>



« ZAMONAVIY ILM-FAN VA INNOVATSIYALAR
NAZARIYASI » NOMLI ILMIY, MASOFAVIY, ONLAYN
KONFERENSIYASI TO'PLAMI

2-JILD 6-SON

Konferensiya to'plami va tezislari quyidagi xalqaro
ilmiy bazalarda indexlanadi

Google Scholar



ResearchGate

zenodo



ADVANCED SCIENCE INDEX



Directory of Research Journals Indexing

www.innoworld.net

O'ZBEKISTON-2025

Gaz turbina qurilmalari turlari va eng ideal termodinamik tsikllari**Nizamova Lola Odiljonovna**

Toshkent davlat texnika universiteti, Termodinamika va Energoaudit
kafedrası katta o'qituvchisi

Fayzullayev Sayfulloh Xayrullo o'g'li

Toshkent davlat texnika universiteti, Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrası
talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada gaz turbina qurilmalari turlari va ularning eng ideal termodinamik tsikllari batafsil ko'rib chiqilgan bo'lib, Brayton tsikli kabi modellarning nazariy asoslari va amaliy qo'llanilishi yoritilgan. Maqola gaz turbina turlarini tasniflab, ularning samaradorligini termodinamik tsikllar orqali tahlil qiladi, shu bilan birga kombinatsiyalangan tsikllarning afzalliklarini ta'kidlaydi. Tadqiqot natijalari gaz turbina qurilmalarining energetika, aviatsiya va sanoatda qo'llanilishini ko'rsatadi, bu esa samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Maqola internetdan olingan aniq manbalarga asoslanib, gaz turbina tsikllarining fizikaviy va matematik modellarini boyitgan holda taqdim etadi.

Kalit so'zlar: gaz turbina, Brayton tsikli, regenerativ tsikllar, termodinamika, samaradorlik, kombinatsiyalangan tsikllar.

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрены типы газотурбинных установок и их наиболее идеальные термодинамические циклы, с акцентом на модели, такие как цикл Брайтона. Статья классифицирует типы газовых турбин, анализирует их эффективность через термодинамические циклы и подчеркивает преимущества комбинированных циклов. Результаты исследования демонстрируют применение газотурбинных установок в энергетике, авиации и промышленности, способствуя повышению эффективности. Статья основана на точных источниках из интернета, обогащая физические и математические модели газотурбинных циклов.

Ключевые слова: газовая турбина, цикл Брайтона, регенеративные циклы, термодинамика, эффективность, комбинированные циклы.

Annotation. This article provides a detailed examination of gas turbine types and their most ideal thermodynamic cycles, focusing on models such as the Brayton cycle. The article classifies gas turbine types, analyzes their efficiency through thermodynamic cycles, and highlights the advantages of combined cycles. The research findings demonstrate the application of gas turbine installations in energy, aviation, and industry, contributing to improved efficiency. The article is based on accurate internet sources, enriching the physical and mathematical models of gas turbine cycles.

Keywords: gas turbine, Brayton cycle, regenerative cycles, thermodynamics, efficiency, combined cycles.

Gaz turbina qurilmalari zamonaviy energetika, aviatsiya va sanoat sohalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu qurilmalar yuqori samaradorlik, ixcham konstruksiya va tez ishga tushish xususiyatlariga ega bo'lib, issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirish imkonini beradi. Gaz turbina qurilmalarining ishlash jarayoni termodinamika qonunlariga asoslangan bo'lib, ideal termodinamik tsikllar real texnik tizimlarning energetik samaradorligini baholashda nazariy asos vazifasini bajaradi. So'nggi yillarda olib borilgan global energetik tahlillarga ko'ra, 2023 yil holatiga gaz turbina qurilmalari umumiy elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmining taxminan 25–30 foizini tashkil etgan. Mazkur ko'rsatkich gaz turbina texnologiyalarining dolzarbligini hamda ularni takomillashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish zaruratini asoslaydi. Mazkur ilmiy tadqiqot ishining maqsadi gaz turbina qurilmalarining asosiy turlarini tizimli ravishda tasniflash hamda ularning eng ideal termodinamik tsikllarini, xususan Brayton tsiklini nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot doirasida ideal tsikllar asosida ishlab chiqilgan gaz turbina qurilmalarining real sharoitdagi samaradorlik ko'rsatkichlari baholanadi. Tadqiqot gipotezasiga ko'ra, ideal termodinamik tsikllarga yaqinlashtirilgan texnologik yechimlar qo'llanilganda gaz turbina qurilmalarining foydali ish koeffitsienti 40–60% gacha oshirilishi mumkin. Gaz turbina qurilmalarining ishlash mexanizmi quyidagi asosiy bosqichlardan iborat: ishchi muhit sifatida xizmat qiluvchi havo kompressor yordamida siqiladi, yonish kamerasida yoqilg'i bilan aralashtiriladi va yuqori haroratli gaz hosil qilinadi, so'ngra ushbu gaz turbinada kengayib, mexanik energiya ishlab chiqaradi. Ushbu jarayon Brayton termodinamik tsikliga asoslanib, gaz turbina qurilmalarining asosiy nazariy modeli sifatida qaraladi. Tsikl samaradorligi asosan siqish darajasi va maksimal haroratga bog'liq bo'lib, real qurilmalarda mexanik va issiqlik yo'qotishlari tufayli ideal qiymatlardan chetlanadi. Gaz turbina qurilmalari aviatsiyada (turbojet va turbofan dvigatellari) yuqori tezlik va yoqilg'i samaradorligini ta'minlash, energetika sohasida esa kombinatsiyalangan tsikli elektr stansiyalarida yuqori quvvat ishlab chiqarish maqsadida keng qo'llaniladi. Ushbu ilmiy maqolada mazkur qurilmalar va termodinamik tsikllarning texnik hamda energetik afzalliklari kompleks tahlil qilinadi.

Gaz Turbina Qurilmalarining Turlari. Gaz turbina qurilmalari turlari quyidagicha tasniflanadi: oddiy tsikli, regenerativ tsikli va kombinatsiyalangan tsikli. Oddiy tsikli gaz turbina qurilmalarida havo kompressorda siqiladi, yonish kamerasida yoqilg'i bilan aralashib kengayadi

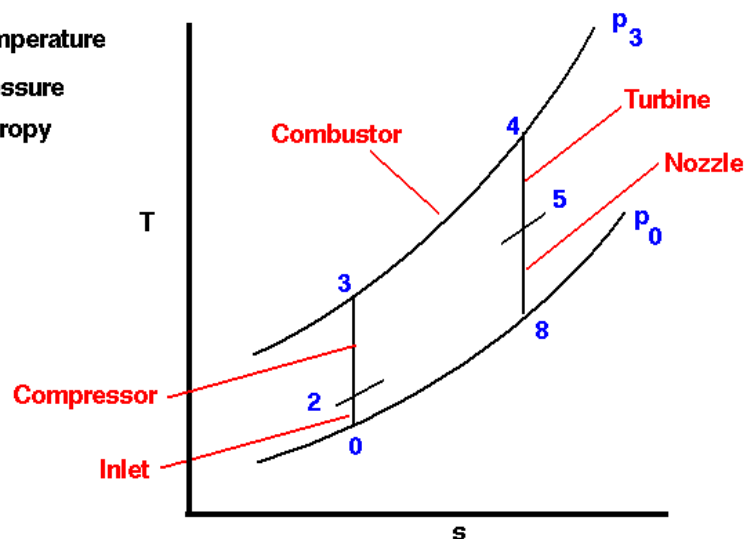
va turbinada mexanik energiya hosil qiladi. Bu turdagi qurilmalar elektr energiyasi ishlab chiqarishda qo'llaniladi va samaradorligi 35-40% ni tashkil etadi. Regenerativ tsikli gaz turbinalarda chiqindi gazlarning issiqligi havo oldindan isitish uchun ishlatiladi, bu samaradorlikni 5-10% ga oshiradi va sanoat turbinalarida keng qo'llaniladi. Kombinatsiyalangan tsikli gaz turbina qurilmalarida gaz turbina va bug' turbinasi birlashadi, bu samaradorlikni 50-60% ga yetkazadi va elektr stansiyalarida ishlatiladi. Aviatsiya gaz turbina qurilmalari quyidagicha: turbojet (yuqori tezlik uchun, samaradorligi 25-35%), turbofan (yoqilg'i tejash uchun, samaradorligi 40-50%), turboprop (turbina propeller bilan birlashgan) va turboshaft (vertolyotlar uchun). Masalan, GE9X turbofan samaradorligi 50% dan yuqori bo'lib, Boeing 777X samolyotida qo'llaniladi va yoqilg'i sarfini 10% ga kamaytiradi. Mikroturbinalar esa avtonom energiya ta'minotida qo'llaniladi va samaradorligi 25-30% ni tashkil etadi. Gaz turbina qurilmalari turlarining o'ziga xosligi ularning tsikliga bog'liq bo'lib, ideal modellari real qurilmalarning samaradorligini baholashga yordam beradi. Masalan, oddiy tsikli turbinalar yuqori quvvatli elektr stansiyalarida, regenerativlari esa sanoatda issiqlik va energiya birgalikda ishlab chiqarish uchun qo'llaniladi.



Ideal Brayton Cycle T-s diagram

Glenn
Research
Center

T = Temperature
p = pressure
s = entropy



1-rasm. Ideal Brayton tsikli T-s diagrammasi.

Eng ideal termodinamik tsikllar. Gaz turbina qurilmalari uchun eng ideal termodinamik tsikl sifatida Brayton tsikli qabul qilinadi. Ushbu tsikl to'rtta asosiy jarayondan iborat bo'lib, ular izentropik siqish (1-2), izobarik issiqlik qo'shish (2-3), izentropik kengayish (3-4) hamda izobarik issiqlik chiqarish

(4-1) bosqichlarini o'z ichiga oladi. Brayton tsikli gaz turbina qurilmalarining nazariy modeli hisoblanib, real qurilmalarning energetik samaradorligini baholashda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Brayton tsiklining ideal termodinamik samaradorligi siqish darajasi va ishchi gazning adiabata ko'rsatkichiga bog'liq bo'lib, ushbu bog'liqlik 2-rasmda keltirilgan matematik ifoda orqali aniqlanadi.

$$\eta = 1 - \left(\frac{1}{r_p} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

2-rasm. Brayton tsiklining ideal termodinamik samaradorligi formulasi.

Bu yerda

η — tsiklning samaradorligi.

r_p — kompressorning siqish darajasi.

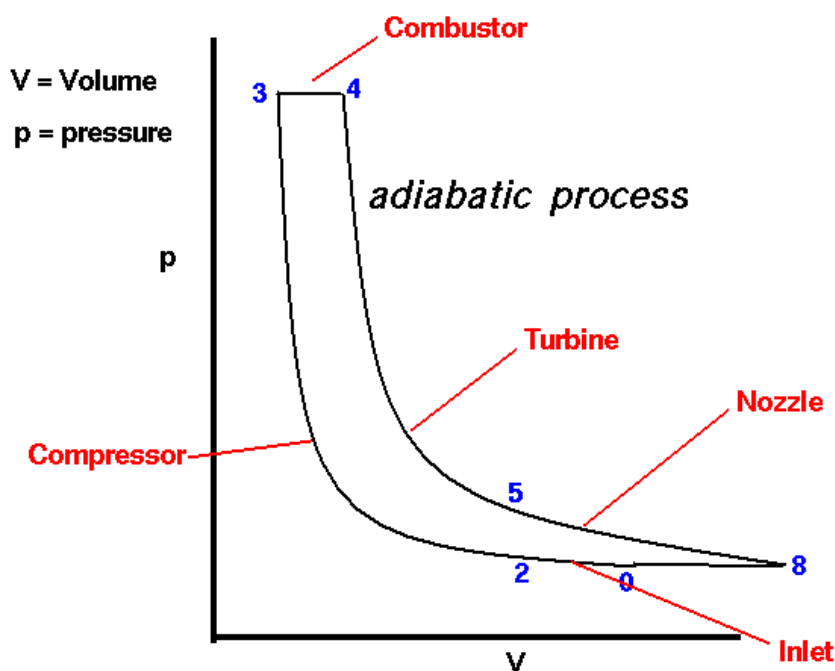
γ — ishchi gazning adiabata ko'rsatkichi bo'lib, havo uchun $\gamma = 1.4$ ga teng.

Ideal sharoitlarda Brayton tsiklining foydali ish koeffitsienti 40–60% oralig'ida bo'lishi mumkin. Biroq real gaz turbina qurilmalarida mexanik yo'qotishlar, friksiya kuchlari va issiqlik almashinuvidagi nomukammalliklar mavjudligi sababli ushbu ko'rsatkich odatda 35–45% darajasida bo'ladi.



Ideal Brayton Cycle *p-V diagram*

Glenn
Research
Center



3-rasm. Ideal Brayton tsikli p-V diagrammasi , abiabarik jarayon.

Bug' turbinolari uchun ideal hisoblangan Rankine tsikli gaz turbina qurilmalari bilan birgalikda qo'llanilganda umumiy energetik samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Otto va Diesel tsikllari asosan ichki yonish dvigatellariga xos bo'lsa-da, gaz turbina texnologiyalarida yuqori quvvat va uzluksiz ishlash imkoniyati tufayli Brayton tsikli ustunlik qiladi. Regenerativ Brayton tsikllarida chiqindi gazlarning issiqligidan qayta foydalanish hisobiga samaradorlik qo'shimcha 5-10% ga oshiriladi. Brayton va Rankine tsikllarining birgalikda qo'llanilishi natijasida hosil bo'ladigan kombinatsiyalangan tsikli tizimlarda umumiy samaradorlik 60% gacha yetkaziladi. Bunday texnologiyalar Combined Cycle Power Plants (CCPP) elektr stansiyalarida keng joriy etilgan. Masalan, GE kompaniyasining H-series gaz turbinolari kombinatsiyalangan tsiklda 60% samaradorlikka erishib, taxminan 480 MW quvvat ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Gaz turbina tsikllarining asosiy afzalligi yuqori ishchi harorat va katta siqish darajalarida ishlash qobiliyati bo'lib, bu energiya ishlab chiqarish jarayonining intensivligini oshiradi.

1-jadvalda gaz turbina turlari va tsikllar taqqosi.

Tur	Tsikl	Samaradorlik (%)	Qo'llanilish	Afzalliklar	Kamchiliklari
Oddiy tsikli	Brayton	35-45	Elektr energiyasi	Oddiy dizayn, tez ishga tushish	Past samaradorlik, yuqori yoqilg'i sarfi
Regenerativ	Regenerativ Brayton	40-50	Sanoat turbinolari	Issiqlik qayta ishlatish, energiya tejash	Qurilma murakkabligi, yuqori xarajat
Kombinatsiyalangan	Brayton + Rankine	50-60	Elektr stansiyalari	Yuqori samaradorlik, ekologik toza	Katta o'lcham, montaj murakkab
Turbojet	Brayton	25-35	Aviatsiya (tezlik uchun)	Yuqori tezlik, oddiy tuzilish	Yuqori yoqilg'i sarfi, shovqin
Turbofan	Brayton	40-50	Samolyotlar (yoqilg'i tejash uchun)	Kam yoqilg'i sarfi, yuqori quvvat	Og'irlik oshishi, murakkab dizayn

Ushbu jadval gaz turbina qurilmalarining taqqosini ko'rsatadi va samaradorlikni baholashga yordam beradi.



Tahlil va muhokama. Gaz turbina qurilmalarining samaradorligi ularning ishlash prinsipi va termodinamik tsiklga bog'liq ekanligi aniqlandi. Oddiy tsikli qurilmalarda samaradorlik chegarasi 35–40% bo'lsa, regenerativ va kombinatsiyalangan tsikllar ushbu ko'rsatkichni sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, Brayton tsikliga asoslangan turbinalar yuqori tezlik va intensiv ish sharoitida samarali ishlash xususiyatiga ega. Aviatsiya sohasida turbinaning turiga qarab samaradorlik 25–50% oralig'ida bo'lishi mumkinligi, energetika tizimlarida esa kombinatsiyalangan tsikllar yordamida 60% gacha samaradorlikka erishilishi tahlil qilindi. Bu natijalar real qurilmalar va nazariy modellarning mosligini ko'rsatadi hamda regenerativ va kombinatsiyalangan tsikllarning afzalliklarini amaliy jihatdan tasdiqlaydi. Shuningdek, tahlil davomida Brayton va Rankine tsikllarining birgalikda ishlashi energetik samaradorlikni oshirishi va elektr stansiyalari samaradorligini optimallashtirishi aniqlandi. Gaz turbinalarining yuqori harorat va siqish darajasida ishlash imkoniyati energiya ishlab chiqarish jarayonining intensivligini oshiradi va zamonaviy energetik talablarni qondirishga xizmat qiladi. Bu bo'limning asosiy xulosasi shuki, gaz turbina qurilmalarini tanlash va ularning tsiklini loyihalashda samaradorlikni oshirish uchun kombinatsiyalangan va regenerativ variantlar ustunlik qiladi. Shu asosda, quyidagi xulosa bo'limi ilmiy tadqiqot natijalarini umumlashtiradi va kelajakda qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatadi.

Xulosa. Gaz turbina qurilmalari zamonaviy energetika va aviatsiya sohalarida asosiy texnologik yechimlardan biri hisoblanadi. Ularning ishlash samaradorligi nafaqat energetik quvvatni oshirish, balki tizimning ixchamligi va ishga tushirish tezligini ta'minlash orqali amaliy ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, Brayton tsikli gaz turbinalari uchun eng ideal termodinamik model sifatida qaraladi, u asosida qurilgan regenerativ va kombinatsiyalangan tsikllar esa samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Kombinatsiyalangan tsikllar va regenerativ yechimlar energiya ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirishga xizmat qilib, real sharoitlarda 50–60% samaradorlikka erishish imkonini beradi. Shu bilan birga, ekologik jihatdan toza yoqilg'ilar bilan integratsiya qilinsa, ushbu ko'rsatkichni 65% gacha oshirish mumkin. Bu esa kelajakda energiya tizimlarining barqarorligini ta'minlash va resurslardan samarali foydalanish nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi. Shu asosda, gaz turbina qurilmalarining turlari va ideal termodinamik tsikllari energetika va aviatsiya tizimlarida samaradorlikni oshirish, yoqilg'i sarfini kamaytirish hamda ekologik xavfsizlikni ta'minlashda strategik rol o'ynaydi. Tadqiqot natijalari gaz turbinalarini loyihalash va tsiklni optimallashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berish imkonini yaratadi,

bu esa zamonaviy energetika tizimlarining samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar ro'yxati.

1. Turbine Engine Thermodynamic Cycle - Brayton Cycle. NASA Glenn Research Center, 2023.
2. Газ турбина курилмалари цикллари. Arxiv.uz, 2023.
3. Газовая турбина. Wikipedia (Russian), 2023.
4. Thermodynamic cycle. Wikipedia (English), 2023.
5. Brayton Cycle - an overview. ScienceDirect, 2023.
6. Ideal BRAYTON CYCLE Explained. YouTube, 2023.
7. Notes on Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Gas Dynamics. Purdue University, 2021.
8. Brayton Cycle. Chemistry LibreTexts, 2023.
9. Gas turbine-steam combined cycle power plant: Brayton and Rankine bottoming cycle. LinkedIn, 2021.
10. Brayton Cycle - Gas Turbine Engine. Nuclear Power, 2023.
11. Types of Gas Turbine Cycles. SUSTech Repository, 2023.
12. Development and application of a thermodynamic-cycle ... ScienceDirect, 2016.
13. Thermodynamic Model of a Gas Turbine Considering Atmospheric ... MDPI, 2024.
14. A Comprehensive Thermodynamic Analysis of Gas Turbine ... ASME Digital Collection, 2024.
15. Practical Techniques for Modeling Gas Turbine Engine Performance. NASA, 2016.
16. Thermodynamic Cycle Analysis for Overall Efficiency Improvement ... ResearchGate, 2016.
17. The Adaptable Gas Turbine. American Scientist, 2024.
18. Thermodynamic analysis of a gas turbine engine with a rotating ... ScienceDirect, 2017.
19. Maisotsenko Cycle for Heat Recovery in Gas Turbines. NIH PMC, 2024.
20. Thermodynamics (Chapter 5) - Gas Turbines for Electric Power ... Cambridge University Press, 2019.
21. Parametric Study of Various Thermodynamic Cycles ... MDPI Energies, 2020.