

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГАЗОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ ПО ЦИКЛУ СТИРЛИНГА

Булов А.О. Email: Bulov1141@scientifictext.ru

*Булов Артем Олегович – студент магистратуры,  
направление: машиностроение,*

*Институт машиноведения и мехатроники,*

*Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск*

**Аннотация:** статья посвящена газовым холодильным машинам Стирлинга, исследование которых в настоящее время является перспективным направлением развития в холодильной технике. Дается краткий обзор конструкций этих машин. Показаны основные преимущества газовых холодильных машин Стирлинга: экологическая безопасность, широкий диапазон практического применения, более высокий холодильный коэффициент. Рассмотрены опыт производства и основные проблемы создания высокоэффективных холодильных машин Стирлинга. Сделан вывод о перспективности создания и использования холодильных машин Стирлинга в будущем.

**Ключевые слова:** газовая холодильная машина Стирлинга, холодопроизводительность.

## PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT OF GAS REFRIGERATING MACHINES WORKING ON THE STIRLING'S CYCLE

Bulov A.O.

*Bulov Artem Olegovich – Graduate Student,*

*DIRECTION: ENGINEERING,*

*INSTITUTE OF MECHANICAL ENGINEERING AND MECHATRONICS,*

*SIBERIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY NAMED AFTER ACADEMICIAN*

*M.F. RESHETNEVA, KRASNOYARSK*

**Abstract:** the article is devoted to gas-powered Stirling's refrigerating machines, the researchers of which is currently a promising direction of development in refrigeration. A brief overview of the structures of these machines is given. The main advantages of Stirling gas refrigerating machines are shown: environmental safety, a wide range of practical applications, a higher refrigerating coefficient. The experience of production and the main problems of creating highly efficient Stirling refrigerating machines are considered.

The conclusion is made about the prospects of creating and using Stirling's refrigerators in the future.

**Keywords:** Stirling's gas refrigerating machine, the cooling capacity.

УДК 62-168

Повышение цен на топливно–энергетические ресурсы, а также требования по сокращению вредного воздействия на окружающую среду способствовали постановке задачи поиска новых инновационных технологий, разработке новой техники на основе высокоэффективных термодинамических циклов, новых рабочих тел и, как следствие, созданию экологически чистых энергосистем.

Одним из путей решения вышеуказанной проблемы в холодильной области является использования в умеренном температурном диапазоне газовых холодильных машин (ГХМ), работающих по обратному циклу Стирлинга.

Цикл Стирлинга был запатентован в 1816 г. шотландским изобретателем Робертом Стирлингом и реализован в тепловом двигателе, работающем на подогретом воздухе.

Возможность использовать цикл Стирлинга для создания холодильных машин умеренного холода была впервые выявлена в 1834 г. Дж. Гершелем, а в 1876 г. Александр Кирк дал описание машины, которая работала в течение 10 лет. В настоящее время возобновление интереса к использованию машин Стирлинга умеренного холода связано со стремительным ростом научно-технических знаний в области создания двигателей и криогенных машин Стирлинга.

Из многообразия существующих компоновочных схем и конструктивного исполнения отдельных узлов ГХМ Стирлинга можно выделить две основные конфигурации: по расположению поршня или по расположению вытеснителя друг относительно друга [1].

Конструктивно, газовая холодильная машина Стирлинга представляет собой сочетание в одном агрегате компрессора, детандера и теплообменных устройств: теплообменника нагрузки, регенератора и холодильника [2] (Рис. 1).

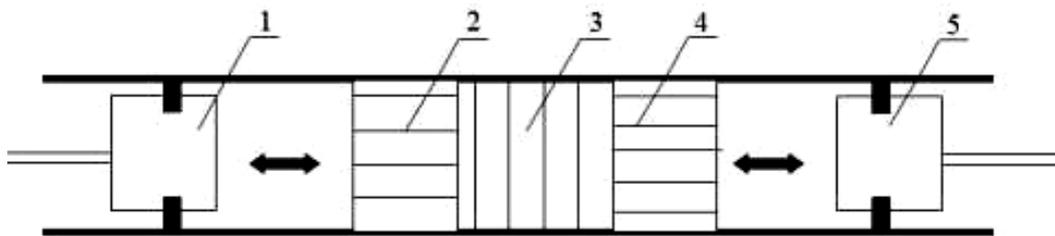


Рис. 1. Газовая холодильная машина, работающая по обратному циклу Стирлинга [2]:  
1 – рабочий поршень; 2 – холодильник; 3 – регенератор; 4 – теплообменник нагрузки; 5 – поршень-вытеснитель

Основным недостатком холодильных машин Стирлинга является наличие регенератора. Это приводит к усложнению машин, значительным свободным объемам и увеличению гидравлического сопротивления, совместное влияние которых приводит к снижению её удельной холодопроизводительности. Поэтому для повешения эффективности требуется постоянное усовершенствование конструкции регенератора [3].

Существуют и другие разновидности машин Стирлинга – это роторные машины. Они нашли свое применение в качестве двигателей систем когенерации. Также существует большой потенциал развития роторно – поршневых машин объемного расширения по циклу Стирлинга, который может быть использован для развития технологий изготовления холодильных машин и тепловых насосов.

Принимая во внимание все названные перспективы применения ГХМ Стирлинга в области умеренного холода, основной акцент нужно сделать на сравнение энергетических параметров ГХМ Стирлинга с параметрами парокомпрессионных холодильных машин (ПКХМ):

- коэффициент преобразования ГХМ Стирлинга слабо зависит от холодопроизводительности, по сравнению с ПКХМ;
- при малых значениях массогабаритные характеристики ГХМ Стирлинга значительно ниже массы ПКХМ;
- гораздо меньше потребляемая энергия при одинаковых значениях температур охлаждения и окружающей среды [4].

Достигнутый уровень исследований в холодильной технике позволяет создавать холодильные машины Стирлинга умеренного холода производительностью до 100кВт с эффективностью в 1,5 раза выше, чем у ПКХМ.

На сегодняшний день холодильные машины Стирлинга создаются и широко применяются в ряде европейских стран и в США. Так, в институте прикладной термодинамики и холодильной техники в университете города Эссен (Германия) создана холодильная машина Стирлинга производительностью 10кВт.

Наиболее серьезных результатов в серийном производстве высокоэффективных машин Стирлинга умеренного холода добились американцы. Так фирма Sunpower Inc создала новую холодильную машину Стирлинга для бытового холодильника, имеющую эксергетический КПД около 60%, с холодопроизводительностью 200 Вт на уровне 258 К [5].

Фирма Stirling Ultracold считается одной из ведущих компаний в области создания холодильных машин Стирлинга. Этой фирмой выпускаются морозильные камеры с холодильной машиной Стирлинга [6].

Таким образом, основные преимущества холодильной машины Стирлина: экологическая безопасность, широкая область практического применения, меньшие габариты и более высокий холодильный коэффициент, возможность использовать для привода любой вид тепловой энергии [7].

Несмотря на ряд преимуществ, существуют очевидные проблемы создания ГХМ Стирлинга:

- без точного математического моделирования рабочих процессов, доводка проектируемых машин превращается в многолетние исследования;
- сложность изготовления отдельных узлов и агрегатов;
- высокий уровень технологии производства;
- высокая стоимость конструкций ГХМ.

Кроме того, ГХМ Стирлинга широко используется в криогенной области, а это значит что возможно применение ГХМ Стирлинга на азотном уровне температур (77 К).

Исследование холодильных машин Стирлинга – перспективное направление развития холодильной техники. Оно позволит в будущем создавать еще более высокоэффективные и экономичные холодильные машины.

#### Список литературы / References

1. *Кузнецов В.В.* Теоретический анализ термогазодинамических параметров газовых холодильных машин на температурный уровень 150-250К. Харьков, 2014 г. С. 24-37.
2. [Электронный ресурс]: Машины стирлинга - новое перспективное направление в развитии отечественного машиностроения. Режим доступа: <http://energyua.com/844-0.html/> (дата обращения: 14.12.2017).
3. *Грами В.А.* Способ получения холода. Пат. РФ № 2057999-заявлено 29.10.1999. Опубл. 20.05.2000.
4. *Трандафилов В.В., Яковлева О.Ю., Хмельнюк М.Г.* Перспективы развития газовых холодильных машин Стирлинга умеренного холода // Холодильная техника и технологии, 2015. № 3. С. 26-33.
5. [Электронный ресурс]: Sunpower Inc. Режим доступа: <https://sunpowerinc.com/cryocoolers/applications/> (дата обращения: 14.12.2017).
6. [Электронный ресурс]: Global Cooling. Inc.: Ultra Low Freezers. Режим доступа: [www.stirlingultracold.com/ultra-low-freezers/](http://www.stirlingultracold.com/ultra-low-freezers/) (дата обращения: 14.12.2017).
7. *Афанасьев В.А., Марутов Г.А., Цейтлин А.М.* Сравнение технологических и технических параметров парокомпрессионных холодильных машин и газовых холодильных машин, работающих по циклу Стирлинга // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2011. № 2. С. 11-15.