

УДК 621.311

**ПЕРЕДВИЖНАЯ ТЭЦ С ДВИГАТЕЛЕМ СТИРЛИНГА  
MOBILE CHP WITH STIRLING ENGINE**

А.А. Мильяненко, А.А. Жалевич

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Milyanenko, A. Zhalevich

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Изучен принцип работы двигателя Стирлинга, когенерация, применение двигателя Стирлинга на передвижных платформах.

**Abstract:** The principle of operation of the Stirling engine, cogeneration, and the use of the Stirling engine on mobile platforms have been studied.

**Ключевые слова:** двигатель Стирлинга, когенерация, Мини-ТЭЦ, чрезвычайные ситуации, передвижение.

**Key words:** Stirling engine, cogeneration, mini-CHP, emergency situations, movement.

**Введение**

В наше время происходит немало ураганов и других чрезвычайных ситуаций, из-за которых обрываются линии электропередач и прорывает трубы отопления. Вследствие чего могут пострадать обычные люди, особенно те, которые лежат в больницах, больше всего в реанимации. А на восстановление электро- и теплоснабжения может уйти немало времени, которого у некоторых может не быть. В таких ситуациях могут помочь передвижные теплоэлектроцентрали, которые будут подключаться к оборванным проводам или трубам. Данные установки смогут сильно облегчить себе жизнь людям живущих в районе, где произошло чрезвычайное происшествие, так как они смогут использовать электричество. А в случае, когда данное население живет в холодных регионах мира, они смогут получать свое временное отопление и не замерзать. Все это поможет более эффективно проводить спасательные операции во всем мире и спасти больше людей при различных бедствиях.

**Основная часть**

Когенерация – процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии.[1]

Стирлинг-когенерация – новая технология для комбинированного производства электроэнергии и тепла, на основе двигателей Стирлинга, при которой энергия охлаждающей воды и отработанных газов используется для нужд теплоснабжения потребителей.[2]

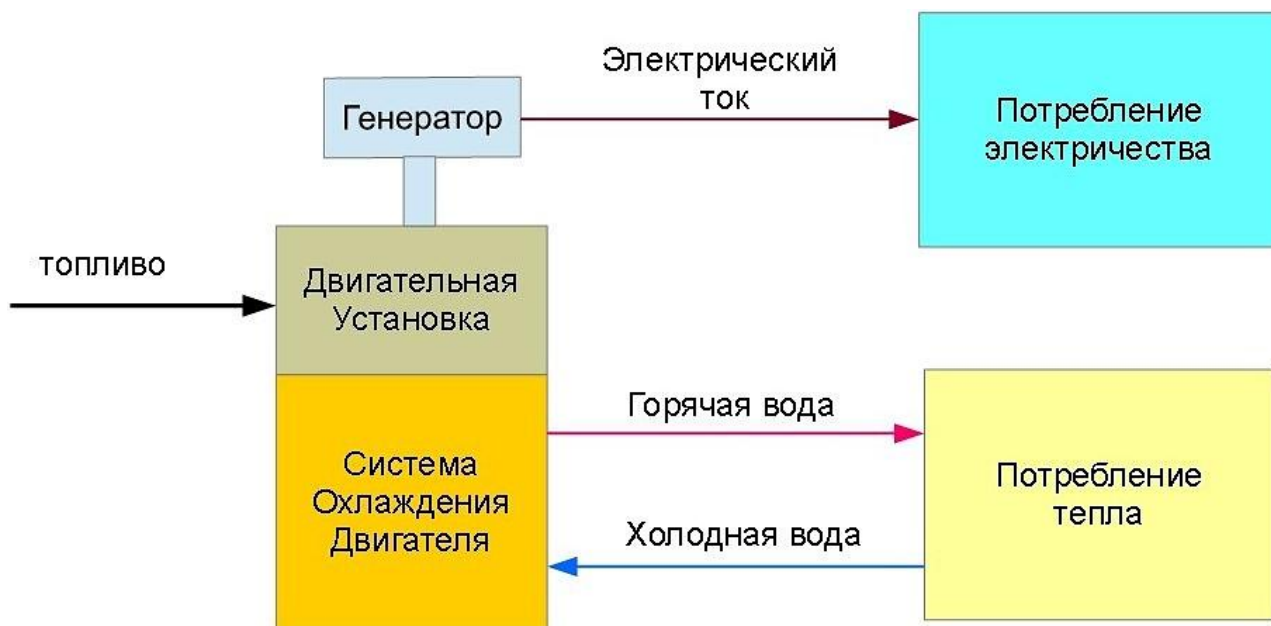


Рисунок 1 – Схема когенерации

Двигатель Стирлинга представляет собой преобразователь энергии, относящийся к типу тепловых двигателей, совершающих механическую работу на выходном валу при подводе к ним тепловой энергии. Полезная работа в рабочем цикле Стирлинга совершается, как и в других тепловых двигателях, посредством сжатия рабочего тела при низкой температуре расширения того же рабочего тела после нагрева при более высокой температуре.[3]

Существует несколько типов двигателя Стирлинга. Основные:

- Альфа-Стирлинг;
- Бета-Стирлинг;
- Гамма-Стирлинг.

Для нашей установки мы использовали 40-футовый контейнер, в который установили 42 двигателя Стирлинга шведского производства V2-6, суммарная электрическая мощность которых около 126 кВт.[4]

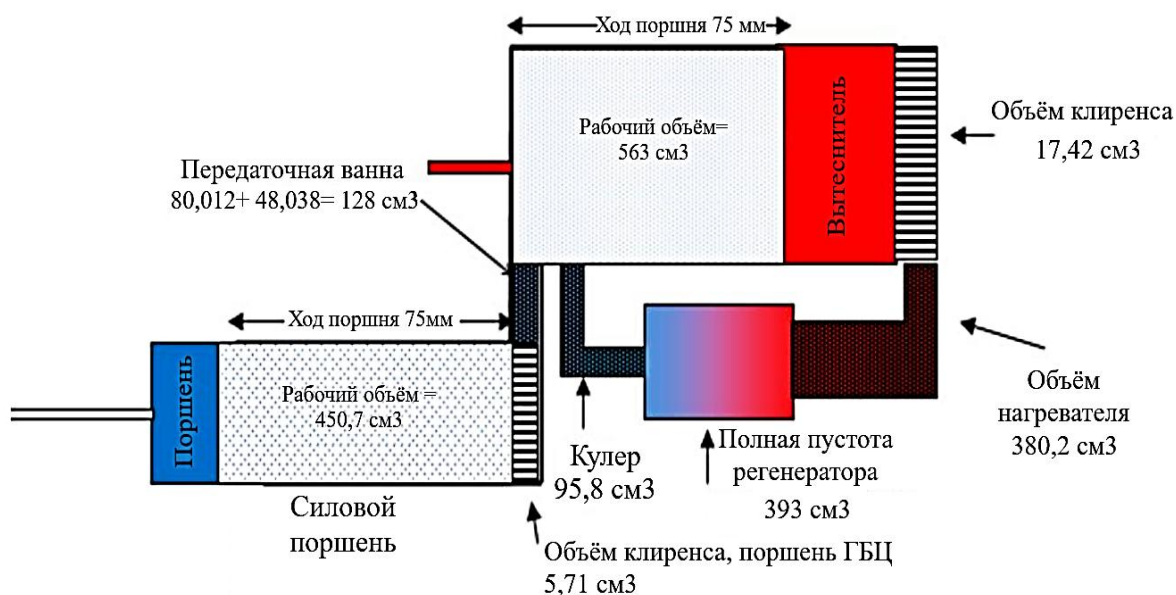


Рисунок 2 – Схема двигателя гамма типа

Диаметр силового цилиндра	8,75 см
Ход силового цилиндра	7,5 см
Пространство сжатия перемещаемого объема	450,7 см <sup>3</sup>
Диаметр цилиндра буйка	9,8 см
Ход цилиндра буйка	7,5 см
Пространство расширения объемного пространства	565,3 см <sup>3</sup>
Трубки в нагревателе	34
Длина трубок нагревателя	39,2 см
Диаметр трубок нагревателя	6 мм
Трубки в охладителе	231
Длина трубок охладителя	9,71 см
Диаметр передаточной трубки	2,5 см
Длина передаточной трубки	16,3 см
Длина регенератора	6,5 см
Внешний диаметр регенератора	1,40 см
Внутренний диаметр регенератора	1 см
Регенератор пористости	0,91

Рисунок 3 – Параметры двигателя V2-6

Данная установка сможет работать за счет сжигания различного газа, жидкого топлива или твердого топлива, например нас пеллетах из различных отходов деревообработки и сельского хозяйства.[5]

Так же на крыше установки могут устанавливаться вакуумные солнечный коллекторы, которые могут вырабатывать тепловую энергию, которая может идти вместо топлива для работы двигателя Стирлинга в солнечное время или для помощи отопительной системы.

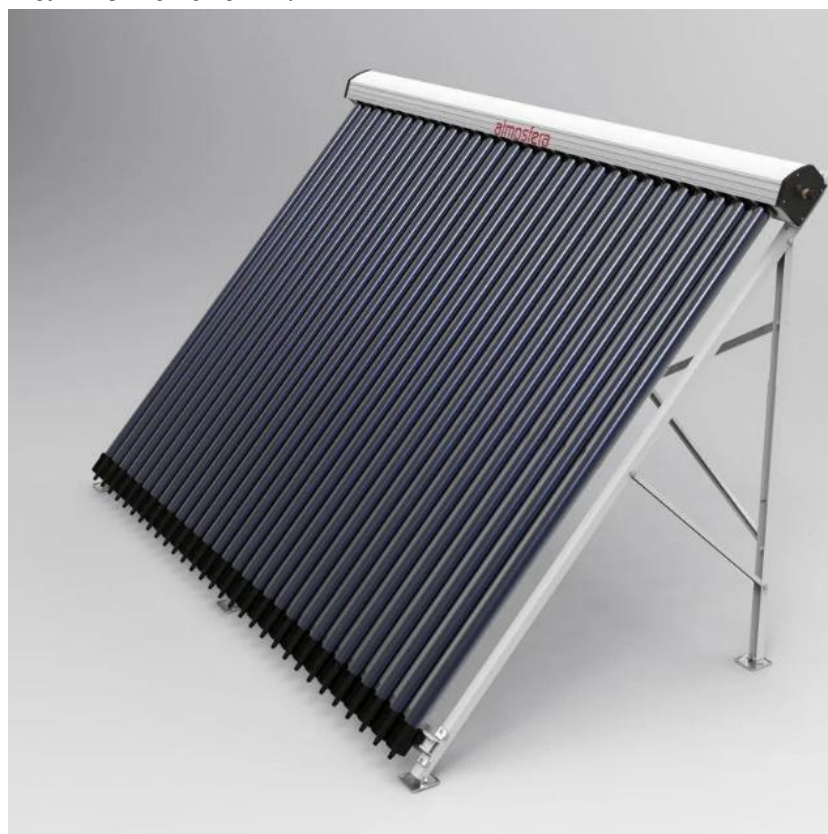


Рисунок 4 – Вакуумный солнечный коллектор

Также можно добавить аккумуляторы для запасания дополнительной электроэнергии, которая будет расходоваться в пики нагрузки.

Тепловую энергию установка будет получать от системы охлаждения двигателей и подавать для горячего водоснабжения или отопления.

Вся станция состоит из 5 тягачей с полуприцепами:

- Сама установка с Двигателями Стирлинга и аккумуляторами в контейнере;
- Второй и третий тягачи подвозят топливо к станции, иногда сменяя друг друга, когда у одного из них заканчивается топливо, в этот момент второй едет за новой партией.
- В четвертом полуприцепе устроены жилые помещения для персонала станции.
- Пятый полуприцеп загружен запасными запчастями, чтобы в случае поломки оперативно её устранить.

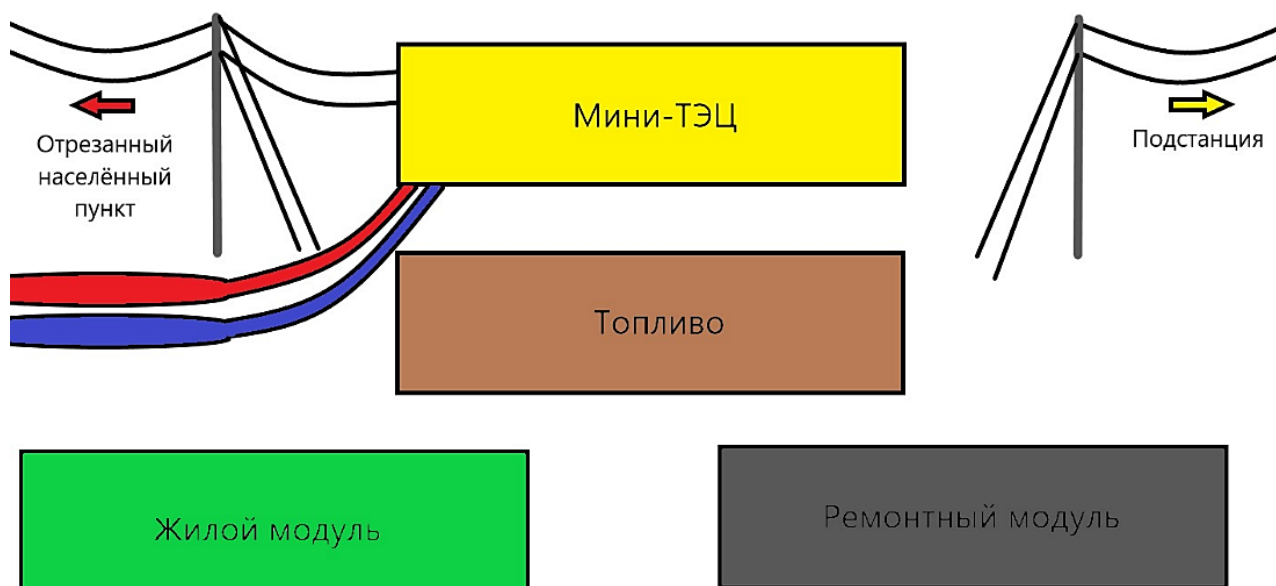


Рисунок 5 - Полная схема мини-ТЭЦ для чрезвычайных ситуаций

Использование двигателя Стирлинга, выгоднее дизельных генераторов, так как у них выше КПД и они экономичнее, экологичнее. Также за счет модульности конструкции (состоит из большого количества двигателей Стирлинга), при поломке одного модуля, станция продолжит работу, а модуль при наличии такого же сможет быть быстро заменен без выключения станции.

Принцип работы:

- Случается какое-то бедствие, из-за которого обрываются линии электропередач или прорывает трубы;
- На базу данных электростанций приходит сообщение о случившемся и местонахождение разрыва;
- Станция оперативно выдвигается к этому месту, где разворачивается и начинает подавать электрическую и тепловую энергию на отрезанный населённый пункт;
- При предотвращении последствий ЧП станция сворачивается и возвращается на станцию базирования, где проходит техобслуживание и

пополняет недостающее топливо и запчасти.

Рассчитаем сколько электроэнергии выработает мини-ТЭЦ за сутки:

$$E = P \cdot t, \quad (1)$$

где  $E$  – электрическая энергия, кВт·ч;

$P$  – мощность, кВт;

$T$  – время, сч.

$$E = 126 \text{ кВт} \cdot 24 \text{ ч} = 3024 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (2)$$

при среднем потреблении 7 кВт·ч за сутки одним домом, такой станции хватит, для производство электроэнергии на 400 домов, плюс запас в 224 кВт·ч для обеспечения при пиковых нагрузках.

### Заключение

Использование двигателей Стирлинга для когенерации в мини-ТЭЦ является перспективной веткой развития энергетики, так как у него КПД выше, чем у дизельных генераторов, а также он экономичнее и экологичнее их.

Использование повсеместно мини-ТЭЦ при чрезвычайных ситуациях очень полезно, так как не всегда есть возможность быстро устранить неполадки, и люди могут несколько дней быть без света или отопления, а данные установки смогут временно обеспечить теплом и электричеством много людей, а именно 1 установка= 400 частных домов, а при экономном использовании электроэнергии и больше.

Данные станции можно использовать группами, для выработки большего количества электроэнергии, или комбинированно (одна электрическую энергию, другая тепловую). Могут использоваться военными или для выработки электричества и тепла на северных месторождениях различных полезных ископаемых, а при использовании на местах добычи нефти, для работы станции можно использовать попутный нефтяной газ.

### Литература

1. Когенерация [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F> – Дата доступа: 10.10.2023.
2. Когенерационные установки с многотопливными двигателями Стирлинга [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ecoteco.ru/id119/> – Дата доступа: 10.10.2023.
3. Двигатель Стирлинга [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://licpnz.ru/index/dvigatel\\_stirlinga/0-348](http://licpnz.ru/index/dvigatel_stirlinga/0-348) – Дата доступа: 10.10.2023.
4. Company introduction and current V2-6 Products [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/22643/4-inresol-introduction-and-products.pdf> – Дата доступа: 10.10.2023.
5. Т.А. Петровская ДВИГАТЕЛЬ СТИРЛИНГА – ПРОРЫВНОЕ РЕШЕНИЕ НАШЕГО ВРЕМЕНИ В ЭНЕРГЕТИКЕ [Электронный ресурс] Петровская Т. А., Мильяненко А. А., Микшель М. С.: материалы Республиканской научно-практической конференции, 25-26 мая 2023 г. / сост. И. Н. Прокопеня. – Минск : БНТУ, 2023.