

INDUSTRIAL RESEARCH AND MANUFACTURING

UDC 621.311

Zaporoshchenko U.A., Shiryayev A.D. Assessment of the economic feasibility of supplying electricity to a small enterprise from its own energy facility

Оценка экономической целесообразности электроснабжения малого предприятия от собственного энергетического объекта

Zaporoshchenko Ulyana Andreevna,

Student of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Shiryayev Alexander Dmitrievich,

Assistant of the Department of Heat Power Installations and Heat Engines,
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design.
Higher School of Technology and Energy

Студент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей,
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и
дизайна. Высшая школа технологии и энергетики

Ассистент кафедры Теплосиловых установок и тепловых двигателей, Санкт-Петербургский
государственный университет промышленных технологий и дизайна. Высшая школа
технологии и энергетики

Abstract. *The article presents a comprehensive study aimed at analyzing the economic efficiency of using an autonomous source of electric energy based on a gas piston engine. The paper considers the factors influencing the decision to invest in one's own power facility, compares the economic indicators of such a decision with traditional methods of power supply from external networks with the purchase of electric energy from a grid organization.*

Keywords: *power supply, technological connection, regional grid company, autonomous source, gas piston thermal power plant, economic efficiency.*

Аннотация. *В статье представлено комплексное исследование, направленное на анализ экономической эффективности использования автономного источника электрической энергии на базе газопоршневого двигателя. В работе рассмотрены факторы, влияющие на решение об инвестировании в собственный энергообъект, проведено сравнение экономических показателей такого решения с традиционными методами электроснабжения от внешних сетей с покупкой электрической энергии у сетевой организации.*

Ключевые слова: *электроснабжение, технологическое присоединение, региональная сетевая компания, автономный источник, газопоршневая теплоэлектростанция, экономическая эффективность.*

Рецензент: Бюллер Елена Александровна – кандидат экономических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Адыгеский государственный университет»

В области электроснабжения предприятия сталкиваются с выбором: использовать собственный объект генерации электрической энергии или полагаться на электроснабжение от внешних сетей с покупкой электроэнергии у сетевой организации. Этот выбор оказывает значительное влияние на энергетическую независимость и экономическую эффективность организации. Для экономической оценки генерации электроэнергии от собственного источника было проанализировано предприятие в Ленинградской области с суточным энергопотреблением в размере 50 880 кВт · ч. Для обеспечения электрической потребности потребителя рассмотрено несколько вариантов:

- 1) электроснабжение от внешних сетей с покупкой электрической энергии у сетевой организации;
- 2) электроснабжение от собственного энергетического объекта на базе газопоршневого двигателя (ГПД).

Применение газопоршневого агрегата в качестве источника электро- и теплоснабжения автономного объекта имеет несомненное преимущество. В частности, использование газообразного топлива в двигателях внутреннего сгорания приводит: во-первых, в 1,5 ÷ 2 раза снижается износ основных деталей или повышается моторесурс двигателя; во-вторых, снижается токсичность выхлопных газов; в-третьих, возрастает срок работы смазочных материалов [1].

Порядок технологического присоединения установлен Правилами технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 27.12.2004 № 861.

Стоимость технологического присоединения для рассматриваемого потребителя была рассчитана на портале электросетевых услуг «Россети» в соответствии с приказом ФАС России от 30.06.2022 № 490/22 «Об утверждении Методических указаний по определению размера платы за технологическое присоединение к электрическим сетям» и приведена в таблице 1. Расчет произведен на основании утвержденных ставок платы за технологическое присоединение на 2024 год [2].

Таблица 1

Параметры расчета технологического присоединения

Субъект РФ		Ленинградская область	
Сетевая организация		ПАО «Россети Ленэнерго»	
Категория потребителя		Потребитель – юридическое лицо	
Максимальная присоединяемая мощность		2000 кВт	
Категория надежности		III	
Уровень напряжения		0,4 кВ	
Подключаемый объект		Энергопринимающее устройство	
Расстояние		500 м	
Тип	Ставка, руб./км	Мощность, кВт Длина, м Кол-во, шт.	Стоимость строительства, руб.
Строительство линий электропередач 0,4 кВ	5 254 497,8	500	2 627 248,9
Средства коммерческого учета	40 385,3	2000	40 385,3
Итого:			3 246 693,8

Согласно Приказу комитета по тарифам и ценовой политике Ленинградской области от 28.12.2023 № 565-п (ред. от 23.01.2024) «Об установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Ленинградской области и бытовых надбавок гарантирующих поставщиков на 2024 год», тариф для юридических лиц с учетом НДС на электроэнергию низкого напряжения (0,4 кВ) составляет на I полугодие 2024 года 8,742 руб./кВт · ч [3]. В соответствии с вышеприведенным Приказом расходы на покупку электроэнергии в последующие годы приведены в таблице 2.

Таблица 2

Стоимость электрической энергии в случае приобретения у сетевой организации на период с 2024 г. по 2026 г.

Год/полугодие	Тариф с НДС, руб./кВт · ч	Затраты на эл. энергию в сутки в руб.	Полугодовые затраты на эл. энергию в руб.	Стоимость эл. энергии, руб./(кВт · ч)
2024 год I полугодие	8,742	444 792,96	81 174 715,20	9,121*
2024 год II полугодие	10,217	519 840,96	94 870 975,20	10,596
2025 год I полугодие	10,217	519 840,96	94 870 975,20	10,596
2025 год II полугодие	10,625	540 600,00	98 659 500,00	11,004
2026 год I полугодие	10,625	540 600,00	98 659 500,00	11,004
2026 год II полугодие	11,050	562 224,00	102 605 880,00	11,429

* – стоимость 1 кВт · ч в руб. с учетом затрат на строительство технологического присоединения и заработную плату электротехнического персонала:

$$c = \frac{I_{\text{ЭЭ}}^{\text{Год}} + P_{\text{ТП}} + I_{\text{ЗП}}}{\text{Э}_{\text{сут}} \cdot 365/2} = \frac{81\,174\,715,2 + 3\,246\,693,8 + 273\,000}{50880 \cdot 365/2} = 9,121 \text{ руб./}(кВт \cdot ч),$$

где $\text{Э}_{\text{сут}} = 50\,880 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ – суточное энергопотребление;

$P_{\text{ТП}} = 3\,246\,693,8 \text{ руб.}$ – стоимость технологического присоединения;

$I_{\text{ЭЭ}}^{\text{Год}} = 81\,174\,715,2 \text{ руб.}$ – полугодовые затраты на покупку электрической энергии;

$I_{\text{ЗП}} = 273\,000 \text{ руб.}$ – полугодовые затраты на заработную плату электротехнического персонала.

В качестве производителя ГПД была выбрана компания Hengan Diesel Engine Co., Ltd. (HND). За последние несколько десятилетий компания вложила значительные средства в исследования и разработки для создания современных ГПД, способных конкурировать с лучшими в мире [4]. Компания активно внедряет в своих машинах доступные передовые технологии европейских производителей, в двигателе CHG622V20 используются оригинальные импортные немецкие впускные и выпускные клапаны и седла клапанов. Двигатель обладает рядом преимуществ, что делает его высокоэффективным и надежным решением для выработки электроэнергии. Некоторые из его ключевых особенностей включают [5]:

1) высокая эффективность;

Генератор спроектирован таким образом, чтобы обеспечить топливную экономичность. В нем используются передовые технологии контроля горения, такие как система контроля горения газо-воздушной смеси, которая снижает выбросы NO_x и повышает общую эффективность сгорания.

2) легкий вес и компактность;

HND CHG622V20 имеет легкие и компактные размеры, что обеспечивает простоту установки и транспортировки. Его небольшие габариты делают его подходящим для различных условий с ограниченным пространством.

3) широкая адаптируемость;

Этот газогенератор универсален и может использовать различные источники газа, включая природный газ, метан угольных пластов, свалочный газ, биогаз и другие подобные газы. Это обеспечивает гибкость в различных областях применения и местоположениях.

4) высокая надежность;

В системе управления генератором используется оригинальная импортная продукция HeinzMann, известная своим точным управлением и высокой надежностью. Это обеспечивает стабильную работу, сводя к минимуму риск простоев.

5) интеллектуальная система зажигания;

Генератор оснащен высокоэффективной интеллектуальной системой зажигания. Эта система эффективно решает проблему нестабильности процесса горения, способствуя надежному и последовательному воспламенению.

6) регулирование соотношения воздух-топливо;

Точный контроль соотношения воздух-топливо является важнейшим аспектом безопасной и экономичной эксплуатации. Газогенератор HND CHG622V20 оснащен системой, которая обеспечивает точное регулирование топливовоздушной смеси, оптимизируя эффективность сгорания и сводя к минимуму потери топлива.

7) система контроля детонации.

В генераторе используется система контроля детонации, которая отслеживает детонацию каждого цилиндра в режиме реального времени. Эта система автоматически регулирует работу двигателя для поддержания оптимальных условий, обеспечивая эффективную работу.

Поставщиком электростанции на основе ГПД CHG622V20 была выбрана компания ООО «НГ-Энерго». В соответствии с технико-коммерческим предложением организации стоимость электростанции составляет 105 848 743,75 руб.

Газопоршневая теплоэлектростанция (ГПТЭС), автоматизированная контейнерного исполнения, представляет собой изделие максимальной заводской готовности. Основные технические характеристики энергообъекта соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Основные технические характеристики теплоэлектростанции

№ п/п	Наименование параметров электростанции	Значение параметров
1	Установленная электрическая мощность ГПТЭС, кВт	2000
2	Установленная тепловая мощность ГПТЭС, кВт	1900
3	Номинальное напряжение, кВ	0,4
4	Номинальная частота, Гц	50
5	Коэффициент мощности (индуктивный)	0,8
6	Исполнение	Контейнерного типа
7	Транспортировка	Автомобильным, железнодорожным транспортом
8	Род тока	переменный, трехфазный
9	Режим работы нейтрали генераторов	глухозаземленная
10	Степень автоматизации по ГОСТ 33105-2014	третья
11	Количество блок-контейнеров ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31, шт.	1
12	Габаритные транспортные размеры блок-контейнера ГПЭС ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31 (транспортируется <u>двумя транспортными местами</u> , радиаторы, монтажные части электростанции транспортируются отдельно), не более, мм - длина x ширина x высота Габаритные размеры на месте эксплуатации	12200 x 2440 x 3570* 13670 x 5755 x 6360*
13	Значение мощности электростанции дано при следующих атмосферных условиях: Атмосферном давлении, кПа Температуре окружающего воздуха и природного газа, К (°С) Относительной влажности воздуха при температуре 298 К, %	100 300 (27) 98

Суммарные капитальные затраты в объект включают капитальные затраты, имеющие место на всех этапах инвестиционного периода, т.е. на прединвестиционной, инвестиционной (на стадии создания объекта) и эксплуатационной стадиях [6].

На прединвестиционной стадии в составе капитальных затрат учитываются:

- 1) расходы на предварительные технико-экономические исследования и маркетинговые исследования;
- 2) затраты на создание временных сооружений и пр.

На инвестиционной стадии оцениваются капитальные затраты в основной капитал:

- 1) затраты на приобретение лицензии, дающей право осуществлять производство и /или передачу энергии на данной территории;
- 2) затраты на покупку земельного участка и на подготовку его к началу строительства объекта;
- 3) затраты на строительство зданий, сооружений;

- 4) затраты на покупку и монтаж основного и вспомогательного оборудования;
- 5) затраты на формирование оборотного капитала, необходимого для начала полной или частичной эксплуатации объекта. Сюда включаются расходы на создание запасов топлива на объекте, запасов вспомогательных материалов, необходимых в процессе эксплуатации, запасных частей и т.д.;
- 6) расходы на пусковые испытания, пуск и ввод в эксплуатацию объекта;
- 7) затраты на природоохранные мероприятия.

На стадии эксплуатации капитальные затраты имеют место лишь тогда, когда необходима замена части оборудования через определенный срок. В эту группу капитальных затрат включаются также расходы по ликвидации объекта в конце его жизненного цикла – это затраты на демонтаж зданий, оборудования, рекультивацию земли.

Оценка капитальных затрат на строительство ГПТЭС на базе «ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31» представлена в таблице 4.

Таблица 4

Оценка капитальных затрат на строительство ГПТЭС на базе «ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31»

Наименование	Кол-во	Стоимость с НДС 20%, руб.	Производитель
Газопоршневая электростанция «ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31», включая пуско-наладочные работы и логистические затраты	1	105 848 743,75	ООО «НГ-Энерго»
Сухие градирни	3	12 392 000,00	ООО «Энергия холода»
Дополнительное оборудование для ГПТЭС	1	5 216 085,09	ООО «НГ-Энерго»
Строительство фундамента из винтовых свай с учетом логистических и монтажных затрат для «ЭНЕРГО-П2000/0,4ХДН31»	1	184 320,00	ООО «АЙРОН»
Жилой блок	1	317 400,00	ООО «Лидер»
Строительство фундамента из винтовых свай с учетом логистических и монтажных затрат для жилого блока	1	26 440,00	ООО «АЙРОН»
Газоснабжение энергообъекта	1	602 174,17	АО «Газпром газораспределение Ленинградская область»
Технико-экономическое обоснование	1	250 000,00	-
Экологические и природоохранные мероприятия	1	355 000,00	Федеральный проектный институт «Экология Будущего»
Итого капитальные затраты с НДС в рублях:			125 192 163,01

Расчеты себестоимости электрической энергии на теплоэлектростанции в период нормальной эксплуатации производится по статьям калькуляции:

1) затраты на топливо на технологические цели;

В соответствии с техническими характеристиками ГПТЭС необходимый расход природного газа при 100%-ной нагрузке составляет 526,8 нм³/ч, давление природного газа 0,15-0,3 МПа.

Годовой расход природного газа составляет 4 614 768 нм³/год. Согласно Приказу ФАС № 907/23 от 28.11.2023 года стоимость природного газа, добываемого ПАО «Газпром», за 1000 м³ для юридических лиц на 2024 год составляет 6140 руб./1000 м³ [7].

С учетом перевода расхода в рабочие условия (0,2 МПа и 20°С) затраты на природный газ в год составят:

$$И_T^{\text{год}} = 2\,476\,330 \cdot 6,14 = 15\,204\,666,20 \text{ руб./год.}$$

2) затраты на масло;

В соответствии с техническими характеристиками ГПТЭС необходимый расход масла в год составляет 8284 л/год. Стоимость масла Gazpromneft GEO 40 для газопоршневых двигателей составляет 66 185,57 руб./205 л. Годовые затраты на масло составят:

$$И_M^{\text{год}} = \frac{8284}{205} \cdot 66\,185,57 = 2\,674\,542,74 \text{ руб./год.}$$

3) расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, общестанционные расходы.

К данным затратам относится:

1) амортизация силовых и рабочих машин, передаточных устройств, инструмента, зданий и инвентаря;

Размер амортизационных отчислений предприятия определяется укрупненно по капитальным затратам [8]:

$$И_a^{\text{год}} = \frac{H_a^{\text{об}}}{100} \cdot C_{\text{об}} + \frac{H_a^{\text{зд}}}{100} \cdot C_{\text{зд}},$$

где $H_a^{\text{об}} = 5,8\%$ – средневзвешенная норма амортизационных отчислений по производственному оборудованию;

$C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования в руб.;

$H_a^{\text{зд}} = 1,3\%$ – средневзвешенная норма амортизационных отчислений по зданиям и сооружениям предприятия;

$C_{\text{зд}}$ – стоимость архитектурно-строительных работ с учетом затрат на строительные материалы и сооружение зданий в руб.

$$I_a^{\text{год}} = \frac{5,8}{100} \cdot (104\,321\,701,86 + 12\,392\,000,00 + 5\,216\,085,09) + \frac{1,3}{100} \cdot (184\,320,00 + 317\,400,00 + 26\,440,00) = 7\,078\,793,72 \text{ руб./год.}$$

2) ремонт оборудования и зданий.

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, общестанционные расходы составят:

$$I_{\text{сод.}}^{\text{год}} = I_a^{\text{год}} + I_p^{\text{год}} = 7\,078\,793,72 + 7\,370\,187,56 = 14\,448\,981,28 \text{ руб./год.}$$

Эксплуатационные расходы ГПТЭС в год:

$$I_{\text{э}}^{\text{год}} = I_T^{\text{год}} + I_M^{\text{год}} + I_{\text{опл.тр.}}^{\text{год}} + I_{\text{сод.}}^{\text{год}} = 15\,204\,666,20 + 2\,674\,542,74 + 2\,730\,000,00 + 14\,448\,981,28 = 35\,058\,190,22 \text{ руб./год.}$$

Стоимость электрической энергии в первый год эксплуатации:

$$c = \frac{I_{\text{э}}^{\text{год}} + I_k}{N} = \frac{35\,058\,190,22 + 125\,192\,163,01}{2000 \cdot 365 \cdot 24} = 9,147 \text{ руб./}(кВт \cdot ч).$$

Стоимость электрической энергии в последующие года эксплуатации:

$$c = \frac{I_{\text{э}}^{\text{год}}}{N} = \frac{35\,058\,190,22}{2000 \cdot 365 \cdot 24} = 2,001 \text{ руб./}(кВт \cdot ч).$$

По полученным результатам предложенных двух вариантов обеспечения электрической энергией потребителя можно сделать вывод о выборе источника энергии:

1) электроснабжение от внешних сетей с покупкой электрической энергии у сетевой организации;

Стоимость электрической энергии: в первый год эксплуатации – 9,859 руб./}(кВт \cdot ч); во второй год – 10,8 руб./}(кВт \cdot ч); в третий – 11,217 руб./}(кВт \cdot ч).

2) электроснабжение от энергетического объекта на базе 1 газопоршневого двигателя, суммарной электрической мощностью 2 МВт;

Стоимость электрической энергии: в первый год эксплуатации – 9,147 руб./}(кВт \cdot ч); в последующие года – 2,001 руб./}(кВт \cdot ч).

Электроснабжение от собственного энергетического объекта на базе газопоршневой когенерационной установки обеспечивает независимость от колебаний цен на электроэнергию и сокращает операционные расходы за счет производства электрической и тепловой энергий на месте потребления [9]. Однако использование собственной когенерационной установки также требует значительных капитальных вложений на этапе внедрения и обслуживания, а также оперативной поддержки со стороны специалистов по обслуживанию и технической поддержке. Электроснабжение от внешних сетей с покупкой электроэнергии у сетевой организации обеспечивает более простое решение, освобождая предприятие от необходимости инвестировать в собственное энергетическое оборудование.

References

1. Липатов, М. С. Подбор оборудования для покрытия тепловых нагрузок частного жилого дома / М. С. Липатов, Я. В. Максимов // International Journal of Professional Science. – 2022. – № 9. – С. 113-121. – DOI 10.54092/25421085_2022_9_113. – EDN WZILQC.
2. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 30.06.2022 № 490/22 «Об утверждении Методических указаний по определению размера платы за технологическое присоединение к электрическим сетям».
3. Приказ Комитета по тарифам и ценовой политике Ленинградской области от 28.12.2023 № 565-п «Об установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии по сетям Ленинградской области и сбытовых надбавок гарантирующих поставщиков на 2024 год».
4. Валеев, А. И. Оценка устойчивости функционирования строительных предприятий / А. И. Валеев, О. В. Борисова // Современные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук : Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Брянск, 25 января 2024 года. – Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет, 2024. – С. 249-251. – EDN UKCUOH.
5. Henan Diesel Engine Co., Ltd [Электронный ресурс]. URL: <http://www.hnd.com>. (дата обращения 20.04.2024).
6. Ширяев, А. Д. Актуальные проблемы кадрового обеспечения топливно-энергетического комплекса российской Федерации / А. Д. Ширяев, А. И. Соболевская // Молодежь, образование и наука XXI века : Материалы научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвящённой памяти заслуженного деятеля науки РФ, профессора В.С. Соминского, Санкт-Петербург, 19 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С. 62-66. – EDN EMMKES.
7. Приказ Федеральной антимонопольной службы от 28 ноября 2023 г. № 907/23 «Об утверждении оптовых цен на газ, добываемый ПАО «Газпром» и его аффилированными лицами, реализуемый потребителям Российской Федерации».
8. Lipatov, M. S. Analyzing the protection of heat network pipelines / M. S. Lipatov, V. V. Kozlov // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2024. – No. 40. – P. 49-54. – DOI 10.26160/2474-5901-2024-40-49-54. – EDN STMUCL.
9. Козлов, А. В. Снижение потерь тепловой энергии при ее передаче от источника к потребителю / А. В. Козлов, О. В. Борисова // Экология и безопасность жизнедеятельности : Сборник статей XXIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 11–12 декабря 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 199-201. – EDN IUMVBG.