

УДК 338.3:624.042.12

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СРОКА ОКУПАЕМОСТИ СОБСТВЕННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ГАЗОПОРШНЕВОЙ УСТАНОВКИ

Кретов Д.А., Костюков В.Д.

Тольяттинский государственный университет, Тольятти, e-mail: kostyukovvlad@yandex.ru

В работе представлена методика расчёта срока окупаемости собственного источника питания на предприятии. Объект исследования – газопоршневая установка мощностью 750 кВт. Анализ рациональности использования собственного источника питания на предприятии осуществляется посредством технико-экономического расчёта, результат которого отражает среднее значение периода окупаемости, отличное от реального срока вследствие невозможности точного учёта всего имеющегося множества внешних факторов. Полученное значение учитывает основные финансовые затраты, возникающие в процессе эксплуатации установки. В основу расчёта положены паспортные данные ГПУ 750 кВт и усреднённые стоимостные показатели масла, газа, тарифа на электроэнергию. В статье определены финансовые затраты на замену и угар масла, запчасти и расходные материалы, регламентные работы и капитальный ремонт, амортизационные и налоговые отчисления. Найдена тепловая поправка, себестоимость ГПУ с её учётом, экономия за 1 кВт·ч производимой электроэнергии и за год. Для удобства вычислений была составлена программа, в основу которой положен разработанный алгоритм расчёта окупаемости. Методика технико-экономического анализа, предложенная в статье, имеет практическую ценность для потребителей, задумывающихся о приобретении собственного источника электроснабжения.

Ключевые слова: собственный источник питания, газопоршневая установка, период окупаемости, технико-экономический анализ, аналитический расчёт

THE METHOD OF PAYBACK PERIOD CALCULATION FOR THE AUXILIARY POWER SUPPLY OF THE ENTERPRISE WITH THE GAS POWERED ELECTRICAL GENERATOR

Kretov D.A., Kostyukov V.D.

Tolyatti State University, Tolyatti, e-mail: kostyukovvlad@yandex.ru

The paper presents the method of calculating the payback period of its own power source in the enterprise. The object of study is a 750 kW gas piston unit. The analysis of the rational use of its own power source at the enterprise is carried out by means of a feasibility study, the result of which reflects the average value of the payback period, which is different from the actual period due to the impossibility of accurately accounting for the entire existing set of external factors. The resulting value takes into account the basic financial costs arising during the operation of the installation. The basis of the calculation is the passport data of 750 kW GPU and the averaged cost indicators of oil, gas, electricity tariff. The article identifies the financial costs for the replacement and waste of oil, spare parts and consumables, routine maintenance and overhaul, depreciation and tax deductions. A thermal amendment was found, the cost of the GPU with its account, the saving for 1 kW·h of electricity produced and for the year. For the convenience of calculations, a program was drawn up based on the developed algorithm for calculating the payback. The technique of the feasibility analysis proposed in the article has practical value for consumers thinking about acquiring their own source of electricity.

Keywords: own power source, gas piston installation, payback period, technical and economic analysis, analytical calculation

На сегодняшний день многие руководители предприятий задумываются о целесообразности приобретения собственного источника питания (ИП) в качестве альтернативы или дополнения к существующему питанию от энергосистемы. Данный вопрос широко обсуждается в различных публикациях, совещаниях и научных конференциях, посвящённых экономии энергоресурсов. Большинство экономических расчётов подтверждают целесообразность собственного ИП на предприятии. Однако практика показывает, что процесс его внедрения на предприятии весьма сложен и сильно отличается от первоначальных представлений и ожиданий [1].

Цель исследования: разработать методику расчёта срока окупаемости собственного источника питания промышленного

предприятия на основе газопоршневой установки.

Материалы и методы исследования

Собственный источник питания – это не только желаемое дополнение для промышленного объекта, но и гарантированная защита от производственных проблем, вызванных перебоями в электроснабжении [2]. Ключевым критерием анализа рациональности применения собственного ИП является финансовая сторона вопроса: ввиду высокой стоимости электроустановки необходимо учесть влияние принятого решения на бюджет предприятия и дальнейшие перспективы развития, то есть важно иметь представления о периоде окупаемости [3]. В этом и заключается практическая значимость аналитических расчётов.

Таблица 1

Исходные данные для расчёта окупаемости

Параметр	Значение
Стоимость 1 м ³ газа, руб.	20
Стоимость 1 кВт·ч ЭЭ, руб.	4
Стоимость 1000 нм ³ /ч газа, руб., *	20000
Стоимость 1 л масла, руб.	230
Количество рабочих м.ч. за 1 год	8000
Величина НДС, %	18
Полная стоимость ГПУ (с учётом доставки, монтажных и пуско-наладочных работ, контейнерного исполнения), руб.	32300000
Периодичность замены масла, м.ч.	1250
Тепловая мощность, кВт	850 кВт
Объём газа, необходимый для получения 850 кВт энергии, нм ³	90

Примечание. *нм³/ч – внесистемная единица измерения скорости потока газа, приведённая к нормальным условиям.

Таблица 2

Технические характеристики газопоршневой установки

FEDVIG – Moteurs Baudoin 750 кВт	
Генератор	Stamford HC16H
Мощность, кВт	750
Расход газа, нм ³ /ч	187
КПД, %	44
Ресурс до кап. ремонта, м.ч.	40000
Наброс нагрузки за 2 сек., %	80
Минимальная мощность работы, %	10
Давление газа, мБар	50 (низкое)
Тип газа	Природный, пропан-бутан, синтез, попутный нефтяной, шахтный метан, био

Актуальность статьи заключается в том, что в научной литературе и электронных источниках нет единой утверждённой методики расчёта. На основании собранной информации и рекомендаций специалистов была разработана методика расчёта окупаемости газопоршневой установки мощностью 750 кВт французского производства (компания FEDVIG – Moteurs Baudoin) [4] предлагаемая для внедрения на промышленном предприятии. В основу расчёта положены данные, представленные в табл. 1.

Характеристики объекта исследования, газопоршневой установки FEDVIG – Moteurs Baudoin, необходимые для расчета окупаемости согласно разработанной методике, сведены в табл. 2.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе необходимо выполнить расчет финансовых затрат на газ, которые определяются из выражения

$$Z_{\text{газ}} = \frac{R_{\text{газ}} \cdot C_{1000 \text{ нм}^3/\text{ч}}}{1000 \text{ нм}^3/\text{ч} \cdot P_{\text{ГПУ}}} = \frac{187 \cdot 20000}{1000 \cdot 750} = 4,99 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{ч},$$

где $R_{\text{газ}}$ – расход газа, нм³/ч;
 $C_{1000 \text{ нм}^3/\text{ч}}$ – стоимость 1000 нм³/ч газа, руб.;
 $P_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт.

Так как в процессе эксплуатации необходимо проведение регулярных технических обслуживаний (ТО) ГПУ, необходимо учесть их стоимость в общем сроке окупаемости, так как эти затраты напрямую отразятся на увеличении этого срока. Частью финансовых затрат на ТО являются затраты на замену масла, которые определяются по выражению

$$Z_{\text{угармасла}} = \frac{V_{\text{угар}} \cdot C_{1 \text{ л масла}}}{1000} = \frac{0,2 \cdot 230}{1000} = 0,05 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{ч},$$

где $V_{\text{зам. масла}}$ – объём заменяемого масла, м³;

$C_{1 \text{ л масла}}$ – стоимость 1 л масла, руб.;
 $T_{\text{замены}}$ – периодичность замены масла, м.ч.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт.

Так как в процессе эксплуатации любой установки на основе двигателя внутреннего сгорания, независимо от типа топлива, происходит угар масла и необходима периодическая доливка масла, то эти финансовые затраты по отношению на кВт вырабатываемой мощностью будут определяться по выражению

$$Z_{\text{угармасла}} = \frac{V_{\text{угар}} \cdot C_{1 \text{ л масла}}}{1000} = \frac{0,2 \cdot 230}{1000} = 0,05 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $V_{\text{угар}}$ – объём угара масла, м³;
 $C_{1 \text{ л масла}}$ – стоимость 1 л масла, руб.;

Затраты на запасные части с учётом капитального ремонта ГПУ определяются по выражению

$$Z_{\text{запчасти и ремонт}} = \frac{C_{\text{запчастей}}}{T_{\text{капремонта}} \cdot P_{\text{ГПУ}}} = \frac{15540000}{40000 \cdot 750} = 0,52 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $C_{\text{запчастей}}$ – стоимость запчастей, руб.;
 $T_{\text{капремонта}}$ – периодичность кап. ремонта, м.ч.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт.

Финансовые затраты на регламентные сервисные работы определяются как

$$Z_{\text{сервис.обслуж.}} = \frac{C_{\text{рег.работ}}}{T_{\text{капремонта}} \cdot P_{\text{ГПУ}}} = \frac{1784400}{40000 \cdot 750} = 0,06 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $C_{\text{рег. работ}}$ – стоимость регламентных сервисных работ, руб.;
 $T_{\text{капремонта}}$ – периодичность кап. ремонта, м.ч.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт.

Так же в расчет срока окупаемости необходимо внести затраты, обусловленные налогом на имущество, которые определяются по выражению

$$Z_{\text{налог}} = \frac{C_{\text{ГПУ}} \cdot 2,2\%}{100\% \cdot P_{\text{ГПУ}} \cdot T_{\text{м.ч./год}}} = \frac{32300000 \cdot 2,2}{100 \cdot 750 \cdot 8000} = 0,12 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $C_{\text{ГПУ}}$ – полная стоимость ГПУ, руб.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт;
 $T_{\text{м.ч./год}}$ – количество рабочих м.ч. за 1 год;

Амортизационные отчисления составят

$$Z_{\text{амортизация}} = \frac{C_{\text{ГПУ}}}{T_{3\text{-х кап.ремонтов}} \cdot P_{\text{ГПУ}}} = \frac{32300000}{120000 \cdot 750} = 0,36 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $C_{\text{ГПУ}}$ – полная стоимость ГПУ, руб.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт;
 $T_{3\text{-х кап.ремонта}}$ – периодичность трёх кап. ремонтов, м.ч.

Для учёта возможности использования вырабатываемой ГПУ тепловой энергии и использования ее на собственные нужды предприятия, вводится условная величина – тепловая поправка, которая определяется по выражению [5]:

$$Z_{\text{поправка}} = \frac{V_{\text{газа}} \cdot C_{1000 \text{ нм}^3/\text{ч}}}{1000 \cdot P_{\text{ГПУ}}} = \frac{90 \cdot 20000}{1000 \cdot 750} = 2,40 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

где $V_{\text{газа}}$ – объём газа, необходимый для получения 850 кВт энергии, нм³;
 $C_{1000 \text{ нм}^3/\text{ч}}$ – стоимость 1000 нм³/ч газа, руб.;
 $R_{\text{ГПУ}}$ – мощность ГПУ, кВт.

Себестоимость ГПУ определяется, как сумма ранее найденных финансовых затрат:

$$C_1 = 4,99 + 0,04 + 0,05 + 0,52 + 0,06 + 0,12 + 0,36 = 6,13 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч},$$

а с учетом найденной тепловой поправки:

$$C_2 = C_1 - Z_{\text{поправка}} = 6,13 - 2,40 = 3,73 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч}.$$

Далее необходимо определить разность между стоимостью электрической энергии, покупаемой у энергоснабжающей организации, и электрической энергии собственного производства по выражению

$$\Delta C = C_{\text{покуп.ЭЭ}} - C_2 = 4 - 3,73 = 0,27 \text{ руб. / кВт}\cdot\text{ч.}$$

Тогда экономия за год будет определяться по выражению

$$\text{Э} = \Delta C \cdot T_{\text{м.ч./год}} \cdot P_{\text{ГПУ}} = 0,27 \cdot 8000 \cdot 750 = 1620000 \text{ руб.},$$

а срок окупаемости ГПУ равен

$$T_{\text{окуп-ти}} = \frac{C_{\text{ГПУ}}}{\text{Э}} = \frac{32300000}{1620000} = 19,94 \approx 20 \text{ лет,}$$

где $C_{\text{ГПУ}}$ – полная стоимость ГПУ, руб.;

Э – экономия за 1 год, руб.

Представленная методика может быть применена для расчета срока окупаемости ГПУ других мощностей и производителей, при условии наличия необходимых исходных данных. Для упрощения вычислений и автоматизации процесса расчета срока окупаемости составлена программа для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рисунке.

Исходные данные			
Стоимость 1 м ³ газа, руб	20	Стоимость зап. частей, руб	15540000
Стоимость 1 кВтч ЭЭ, руб	4	Ресурс работы до кап. ремонта, м.ч.	40000
Стоимость 1000 нм ³ /ч газа, руб	20000	Стоимость сервисных работ, руб	1784400
Стоимость 1 л масла, руб	230		
Кол-во рабочих м.ч. за 1 год	8000		
Величина НДС, %	18		
Полная стоимость ГПУ	32300000		
Периодичность замены масла	1250		
Тепловая мощность, кВт	850		
V _г для получ. Тепла, нм ³	90		
Налог на имущество, %	2,2		
Расход газа, нм ³ /ч	187		
Мощность установки, кВт	750		
V _{замен. масла, м³}	170		
Расчёт окупаемости			
Финансовые затраты на газ, руб/кВтч		4,987	
Финансовые затраты на замену масла, руб/кВтч		0,042	
Финансовые затраты на угар масла, руб/кВтч		0,046	
Затраты на запчасти с учётом кап. ремонта, руб/кВтч		0,518	
Финансовые затраты на регламентные сервисные работы, руб/кВтч		0,059	
Финансовые затраты из-за имуществ. налога, руб/кВтч		0,118	
Амортизационные отчисления, руб/кВтч		0,359	
Тепловая поправка, руб/кВтч		2,400	
Себестоимость ГПУ без тепловой поправки, руб/кВтч		6,129	
Себестоимость ГПУ с учётом тепловой поправки, руб/кВтч		3,729	
Разность между покупной и производимой ЭЭ, руб/кВтч		0,271	
Экономия за 1 год, руб		1624946,667	
Срок окупаемости, лет		19,878	

Интерфейс программы

Заключение

Программа позволяет упростить расчёт окупаемости собственного ИП на основе ГПУ, для этого необходимо ввести только исходные данные. Исходные данные задаются на основании информации, представленной в технической документации, справочной литературе и каталогах производителей. При отсутствии некоторых данных в программе предусмотрены стандарт-

ные зависимости. При определении срока окупаемости учитываются финансовые затраты на топливо (газ), на замену масла и его угар, запасные части и регламентные (сервисные/капитальные) работы, амортизационные отчисления и имущественный налог. Тепловая поправка позволяет вычислить себестоимость ГПУ, а также учесть возможность дальнейшего использования выделяемой тепловой энергии на собственные нужды предприятия.

Следует отметить, что в программе были заданы усредненные значения стоимости газа, ГСМ и тарифа на ЭЭ. Не учитывалась возможность изменения тарифной ставки на ЭЭ, вызванного сезонностью и временем суток. Также не учитывалась специфика работы и режимы работы электрооборудования предприятия. Реальный срок окупаемости собственного источника питания зависит от множества факторов, учёт которых в аналитическом расчёте не всегда возможен и реализуем. Однако применение разработанной методики расчета срока окупаемости собственного ИП на основе ГПУ позволит получить результаты необходимые для проведения технико-экономического анализа возможности приме-

нения собственного ИП на промышленном предприятии.

Список литературы

1. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2018. 416 с.
2. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: учебник для проф. учеб. заведений. М.: Директ-Медиа, 2014. 337 с.
3. Бородай В.А. Экономика предприятия (организации): учебное пособие. Нижний Новгород: НОО «Профессиональная наука», 2018. 501 с.
4. Газопоршневая установка мощностью 750 кВт: каталог продукции [Электронный ресурс]. URL: <https://fedvig.ru/catalog/gazoporshnevye-elektrostancii/item/fedvig-moteurs-baudoin-750-kvt/> (дата обращения: 13.06.2019).
5. Методика расчёта окупаемости мини-ТЭС [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esist.ru/> (дата обращения: 18.06.2019).