

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Климовец Ольга Васильевна

аспирантка кафедры математических методов в экономике РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова»,
117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: ola1391@mail.ru.

В статье представлены базовые принципы оценки экономической эффективности централизованного и автономного энергоснабжения промышленного предприятия, а также предложен метод оценки экономической целесообразности установки и использования на промышленном предприятии собственных генераторов, интегрированных в единую национальную электрическую сеть (ЕНЭС). Распределенная генерация на промышленном предприятии рассматривается не только с точки зрения получения электроэнергии по себестоимости для удовлетворения собственных нужд, но и как сфера энергетического бизнеса. Автором показано, что экономическая эффективность инвестиционного проекта по установке собственного генератора, интегрированного в ЕНЭС, является максимальной при его оптимальной мощности, используемой для выработки реализуемой электроэнергии.

Ключевые слова: централизованное энергоснабжение, автономное энергоснабжение, чистый дисконтированный доход, экономическая эффективность, национальная электрическая сеть, энергетический бизнес.

ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF ELECTRICITY SUPPLY TO INDUSTRIAL ENTERPRISE BY DISTRIBUTED GENERATION

Klimovets, Olga V.

Post-Graduate Student of the Department for Mathematic Methods in Economics of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997,
Russian Federation.

E-mail: ola1391@mail.ru.

The article describes basic principles of assessing economic efficiency of centralized and autonomous power supply to industrial enterprise and at the same time proposes a method of evaluating expediency of installation and use of enterprise's own generators integrated in the united national electric power network. Distributed generation at industrial enterprise is studied not only from the point of view of getting power at cost price to meet its own needs but

as a field of power business. The author shows that economic efficiency of investment project dealing with installment of an enterprise's own generator integrated in the united national electric power network will be maximum in case of its optimum capacity used to generate power for realization.

Keywords: centralized power supply, autonomous power supply, net discounted profit, economic efficiency, national electric power network, power business.

Значительную долю в себестоимости производимой продукции составляют затраты на покупку электроэнергии. В этой связи тарифная нагрузка на промышленных потребителей снижает конкурентоспособность выпускаемой продукции и, как следствие, приводит к стагнации экономики. При этом развитие российской электроэнергетики в настоящее время происходит без учета экономических интересов промышленных потребителей. Так, например, характерной особенностью тарифного регулирования в России является перекрестное субсидирование, которое заключается в том, что промышленный потребитель платит за электроэнергию значительно выше экономически обоснованного тарифа, т. е. «субсидирует» население и приравненные к нему группы потребителей. Кроме того, значительную долю в стоимости электроэнергии (около 40%) составляет плата за услуги по передаче электроэнергии по электрическим сетям. Таким образом, в условиях экономической нестабильности и устойчивого роста тарифов принципиально важным представляется поиск оптимального способа энергоснабжения предприятия с точки зрения минимизации затрат на энергоснабжение.

Одним из способов решения задачи оптимизации энергетических издержек для промышленных потребителей является установка собственных генераторов – распределенная генерация. В отсутствие общепринятого понятия распределенной генерации мы относим к ней генераторы, установленные рядом с местом потребления. При этом они могут быть как автономными, так и интегрированными в еди-

ную национальную электрическую сеть (ЕНЭС).

В общем случае у собственника промышленного предприятия есть три варианта организации электроснабжения:

- централизованное;
- автономное;
- с распределенной генерацией, интегрированной в ЕНЭС.

Мощности собственной генерации N^{PT} , отпуска электроэнергии в централизованную сеть $N^{от}$, собственного потребления $N^{потр}$ и потребления из централизованной сети N^c связаны балансовым соотношением

$$N^{PT} = N^{от} + N^{потр} - N^c.$$

При централизованном электроснабжении промышленное предприятие использует электроэнергию из электрической сети и оплачивает ее по тарифу гарантирующего поставщика или по цене, определенной договором с независимой энерго-сбытовой компанией.

Автономное электроснабжение предполагает использование собственного источника энергии (в рамках данной статьи – генератора электрической энергии, работающего на газе) без соединения с единой сетью. Электроснабжение с распределенной генерацией, интегрированной в ЕНЭС, представляет собой выработку электрической энергии собственным генератором как в целях удовлетворения производственных нужд предприятия, так и для реализации излишков электроэнергии на рынок электроэнергии (например, в пиковые периоды, когда цена на электроэнергию на рынке максимальна). Таким образом, распределенная генерация не только позволяет снизить себестоимость производимой продукции и обеспечить

повышение надежности электроснабжения, но и может выступать как сфера энергетического бизнеса.

В качестве экономического критерия эффективности энергоснабжения промышленного предприятия рассмотрим чистый дисконтированный доход (NPV) [1] проекта, определяемый выражением

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+\alpha)^t},$$

где I_0 – начальные инвестиционные вложения в момент времени $t = 0$;

FCF_t – чистый денежный поток (Free Cash Flow) в момент времени t ;

α – ставка дисконтирования;

T – срок реализации инвестиционного проекта (лет).

Вариант 1. Централизованное энергоснабжение

При централизованном энергоснабжении в качестве инвестиционных затрат выступает плата за технологическое присоединение энергопринимающих устройств к электрической сети $K_0^{ПП}$ (осуществляется однократно в момент $t = 0$), а чистый денежный поток представляет собой затраты на покупку электроэнергии из сети:

$$NPV_1 = -K_0^{ПП} - \sum_{t=1}^T \frac{Z_t^c}{(1+\alpha)^t}, \quad (1)$$

где Z_t^c – затраты на покупку электроэнергии из сети в момент времени t :

$$Z_t^c = \overline{\Pi}_t^c \cdot N_t^c \cdot T_t^c,$$

где $\overline{\Pi}_t^c$ – средняя годовая цена на покупку электроэнергии из сети в год t ;

N_t^c – мощность потребления из централизованной сети в год t ;

T_t^c – число часов использования средней годовой мощности N_t^c .

Вариант 2. Автономное энергоснабжение

Чистый дисконтированный доход проекта по установке собственного генератора

без интеграции в электрическую сеть определяется по формуле

$$NPV_2 = -K_0 + \sum_{t=1}^T \frac{-I_t^{\text{потр}} + A_t}{(1+\alpha)^t},$$

где K_0 – начальные ($t = 0$) капиталовложения на сооружение установки (стоимость энергоустановки);

A_t – амортизационные отчисления в год t ;

$I_t^{\text{потр}}$ – топливные издержки на производство электроэнергии для собственного потребления в момент времени t :

$$I_t^{\text{потр}} = \Pi_t^{\text{топл}} \cdot \beta_{\text{топл}} \cdot N_t^{\text{потр}} \cdot T_t^{\text{потр}},$$

где $\Pi_t^{\text{топл}}$ – цена на топливо в год t ;

$\beta_{\text{топл}}$ – удельный расход топлива на единицу произведенной электроэнергии;

$N_t^{\text{потр}}$ – годовая мощность собственного потребления;

$T_t^{\text{потр}}$ – число часов использования средней годовой мощности собственного потребления $N_t^{\text{потр}}$ в год t .

Стоимость энергоустановки в общем случае пропорциональна установленной мощности:

$$K_0 = N^{\text{ПГ}} \cdot \Pi^{\text{уд}}, \quad (2)$$

где $\Pi^{\text{уд}}$ – удельная стоимость единицы мощности собственного генератора.

Величина ежегодных амортизационных отчислений определяется как

$$A_t = n \cdot K_0 = n \cdot N^{\text{ПГ}} \cdot \Pi^{\text{уд}},$$

где n – норма амортизации.

Принимая допущение о линейном способе начисления амортизации и нулевой остаточной стоимости энергоустановки, получаем

$$A_t = \frac{N^{\text{ПГ}} \cdot \Pi^{\text{уд}}}{T}.$$

Вариант 3. Распределенная генерация, интегрированная в единую электрическую сеть

Топливные издержки в технологиях использования природного газа составляют основную долю (до 80%) издержек производства электроэнергии. В целях упроще-

ния затраты на ремонт и обслуживание будем считать равными нулю.

Единая сеть используется для реализации произведенной электроэнергии на рынок и выступает в качестве резервного источника электроэнергии.

Капитальные затраты на покупку, установку и ввод в эксплуатацию энергоустановки осуществляются в начальный момент времени $t = 0$.

С учетом изложенного чистый дисконтированный доход определяется выражением

$$NPV_3 = -K_0 - K_0^{III} + \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1 + \alpha)^t}, \quad (3)$$

где FCF_t – чистый денежный поток (Free Cash Flow) в момент времени t :

$$FCF_t = (1 - \theta)(D_t - I_t^{OT} - A_t) - I_t^{ПОТР} + A_t$$

или

$$FCF_t = (1 - \theta)(D_t - I_t^{OT}) + \theta A_t - I_t^{ПОТР},$$

где θ – ставка налога на прибыль (в долях единицы);

D_t – годовой доход от продажи электроэнергии в сеть;

I_t^{OT} – топливные издержки на производство электроэнергии, отпущенной в сеть, в момент времени t .

При этом годовой доход от продажи электроэнергии в сеть определяется как

$$D_t = \overline{C}_t^{OT} \cdot N_t^{OT} \cdot T_t^{OT}, \quad (4)$$

где \overline{C}_t^{OT} – средняя годовая цена продажи электроэнергии в сеть;

N_t^{OT} – мощность отпуска электроэнергии в централизованную сеть;

T_t^{OT} – число часов использования средней годовой мощности N_t^{OT} в год t .

Величина топливных издержек на производство электроэнергии, отпущенной в сеть, в момент времени t вычисляется по формуле

$$I_t^{OT} = \overline{C}_t^{ТОПЛ} \cdot \beta_{ТОПЛ} \cdot N_t^{OT} \cdot T_t^{OT}. \quad (5)$$

При оценке экономической эффективности использования распределенной генерации, интегрированной в ЕНЭС, вы-

полняется сопоставление с вариантом централизованного энергоснабжения (без распределенной генерации) и с вариантом автономного энергоснабжения. Расчетный NPV определяется превышением NPV одного варианта над другим.

Сравним проект установки собственной генерации, интегрированной в ЕНЭС, с использованием централизованного энергоснабжения. Для этого определим расчетный NPV^1 как разность NPV_3 (3) и NPV_1 (1):

$$NPV^1 = -K_0 + \sum_{t=1}^T \frac{(1 - \theta)(D_t - I_t^{OT}) + \theta A_t - I_t^{ПОТР} + Z_t^c}{(1 + \alpha)^t}.$$

Если $NPV^1 > 0$, то использование распределенной генерации с интеграцией в единую электрическую сеть является более эффективным по сравнению с централизованным энергоснабжением.

Аналогично распределенная генерация с интеграцией в сеть эффективнее автономного энергоснабжения, если расчетный $NPV^2 > 0$:

$$NPV^2 = NPV_3 - NPV_2 = -K_0^{III} + \sum_{t=1}^T \frac{(1 - \theta)(D_t - I_t^{OT} - A_t)}{(1 + \alpha)^t}.$$

При оценке экономической эффективности инвестиционного проекта при прочих равных условиях инвестор отдает предпочтение проекту с наибольшим значением чистого дисконтированного дохода. При этом чем выше NPV , тем выше экономическая эффективность проекта.

Положительные денежные потоки инвестиционного проекта по установке собственной энергоустановки, интегрированной в единую сеть, представляют собой поступления от продажи произведенной электроэнергии и согласно формуле (4) зависят от цены реализации, мощности установки и числа часов использования ее средней мощности. Вместе с тем при оценке эффективности учитываются отрицательные денежные потоки, отражающие начальные капитальные вложения и теку-

щие издержки. Из формул (2) и (5) видим, что их значения также зависят от мощности генератора.

В этой связи принципиально важным представляется нахождение оптимального значения мощности энергоустановки, при котором чистый дисконтированный доход от реализации инвестиционного проекта достигает своего максимального значения:

$$NPV_3 = -K_0^{IP} + (\theta - 1) \cdot N^{OT} \cdot \Pi^{UD} + (\theta - 1) \cdot N^{POTR} \cdot \Pi^{UD} + \sum_{t=1}^T \frac{(1 - \theta)(\Pi_t^{OT} - \Pi_t^{TOPL} \cdot \beta_{TOPL}) \cdot N_t^{OT} \cdot T_t^{OT}}{(1 + \alpha)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{\Pi_t^{TOPL} \cdot \beta_{TOPL} \cdot N_t^{POTR} \cdot T_t^{POTR}}{(1 + \alpha)^t} \rightarrow \max.$$

При этом необходимо учесть технические ограничения, а также условия $NPV^1 > 0$ и $NPV^2 > 0$.

Таким образом, распределенная генерация не только позволяет снизить затраты на электроэнергию, а следовательно, и себестоимость производимой продукции, но и получать доход от реализации излишков произведенной электроэнергии в сеть.

Экономическая эффективность реализации инвестиционного проекта по установке и применению распределенной генерации, интегрированной в электрическую сеть, определяется как внешними факторами (такими как затраты на технологическое присоединение, ставка налога на прибыль, рыночная цена на электроэнергию и топливо), так и мощностью энергоустановки.

Список литературы

1. Алёшина И. Ф. Учет инвестиционных проектов в информационной управленческой системе организации // Маркетинг MBA. Маркетинговое управление предприятием. – 2015. – № 4. – С. 56–62.
2. Бригхэм Ю., Эрхардт М. Финансовый менеджмент. – 10-е изд. – СПб.: Питер, 2009.
3. Данченко О. В. Энергоэффективность как детерминанта устойчивого развития нефтегазового комплекса // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2014. – № 4 (70). – С. 61–71.
4. Мочалина Е. П., Иванкова Г. В., Татарников О. В. Моделирование стадий развития предприятия на основе эмпирических данных // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2015. – № 2 (80). – С. 123–135.

References

1. Aleshina I. F. Uchet investitsionnykh proektov v informatsionnoy upravlencheskoy sisteme organizatsii [Registration of Investment Projects in the Informational Managerial System of Organization]. *Marketing MBA. Marketingovoe upravlenie predpriyatiem*, 2015, No. 4, pp. 56–62. (In Russ.).
2. Brigham Yu., Erhardt M. Finansovyy menedzhment [Finance Management], 10th edition. Saint Petersburg, Piter, 2009. (In Russ.).
3. Danchenko O. V. Energoeffektivnost' kak determinanta ustoychivogo razvitiya neftegazovogo kompleksa [Energy Efficiency as Determinant of the Sustainable Development of the Oil and Gas Complex]. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2014, No. 4 (70), pp. 61–71. (In Russ.).
4. Mochalina E. P., Ivankova G. V., Tatarnikov O. V. Modelirovanie stadiy razvitiya predpriyatiya na osnove empiricheskikh dannykh [Modeling of the Stages of Development of the Company on the Basis of Empirical Data]. *Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2015, No. 2 (80), pp. 123–135. (In Russ.).