

## **ВНЕДРЕНИЕ ТРИГЕНЕРАЦИОННОЙ СТАНЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПЛАСТМАССОВЫХ КОНТЕЙНЕРОВ**

**Савенок А.А.**

**Научный руководитель канд. техн. наук Токочаков В.И.**

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого*

На предприятии по производству одноразовых пластиковых упаковочных контейнеров установлено 18 термоформовочных машинах, единичной электрической мощностью от 15 до 325 кВт. Для охлаждения контейнеров при выходе из термоформовочной машины установлено несколько охладительных комплексов, общей мощностью 270 кВт. Режим работы предприятия непрерывный. Среднегодовая активная мощность более 1 МВт. Тепловая энергия используется на нужды горячего водоснабжения и отопления.

На предприятии предлагается установить когенерационную установку и абсорбционную холодильную машину. Холод будет использоваться для работы системы охлаждения технологических машин.

Когенерационная установка должна работать не менее 8000 часов в году, выбираем одну когенерационные установки типа Vitobloc 200 EM-199/263 фирмы Viessmann тепловой мощностью 283 кВт (0,243 Гкал/ч), электрической мощностью 199 кВт, электрический КПД 37 %, тепловой КПД 52,6%. Стоимость равно 290 тыс. белорусских рублей.

Выбираем абсорбционную холодильную машину фирмы BROAD типа BDH-30 холодильной мощностью 302 кВт. Источником тепла будет когенерационная установка – горячая вода с температурой 85/65 °С. Стоимость равно 124 тыс. руб. с учетом стоимости градирни и всех вспомогательных установок.

Технико-экономическое обоснование проводится в двух контекстах:

– расчета экономии топливно-энергетических ресурсов для государства при формировании программы энергосбережения предприятия [1];

– расчета экономии топливно-энергетических и денежных ресурсов для предприятия при формировании бизнес-плана реконструкции системы энергоснабжения и получении льготного кредита в банке.

Удельный расход топлива на производство электрической энергии по конденсационному циклу [1]:

$$b_3 = \frac{123}{\eta_3} 100 = \frac{123}{37} 100 = 332 \text{ г у.т./кВт}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где  $\eta_3$  – коэффициент полезного действия когенерационной установки по конденсационному циклу, 37 %.

Определение часового расхода условного топлива на производство электроэнергии по конденсационному циклу [1]:

$$B_3 = \frac{b_3 \cdot N_{\text{уст}}}{1000} = \frac{332 \cdot 199}{1000} = 66,1 \text{ кг у.т./ч}, \quad (2)$$

где  $N_{\text{уст}}$  – установленная электрическая мощность когенерационной установки, 199 кВт.

Расход топлива на отпуск тепловой энергии:

$$B_{\text{т3}} = b_{\text{т3}} \cdot Q_{\text{уст}} = 154 \cdot 0,243 = 37,4 \text{ кг у.т./ч}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{уст}}$  – установленная тепловая мощность принятой за аналог когенерационной установки, 0,243 Гкал/ч;  $b_{\text{т3}}$  – удельный расход топлива действующей котельной предприятия, 154 кг у.т./Гкал.

Часовой расход условного топлива на выработку электроэнергии на выбранной когенерационной установке по комбинированному циклу:

$$B_{\text{э3}} = B_3 - B_{\text{т3}} = 66,1 - 37,4 = 28,7 \text{ кг у.т./ч}. \quad (4)$$

Удельный расход топлива на производство электрической энергии на когенерационной установке [1]:

$$b_{\text{э3}} = \frac{B_{\text{э3}}}{N_{\text{уст}}} 1000 = \frac{28,7}{199} 1000 = 144 \text{ г у.т./кВт}\cdot\text{ч}. \quad (5)$$

Годовая выработка электроэнергии на когенерационной установке:

$$\mathcal{E}_{\text{выр}} = \frac{N_{\text{уст}} \cdot T_{\text{уст}}}{1000} = \frac{199 \cdot 8000}{1000} = 1592 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{уст}}$  – годовое время работы когенерационной установки.

Количество электроэнергии, отпущенной когенерационной установкой [1]:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{кгу}} = \mathcal{E}_{\text{выр}} (1 - \alpha_{\text{сн}}^{\text{э3}}) = 1592 \cdot (1 - 0,05) = 1512 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}, \quad (7)$$

где  $\alpha_{\text{сн}}^{\text{э3}}$  – коэффициент потребления электроэнергии на собственные нужды когенерационной установки, равен 0,05.

Необходимое количество электроэнергии, отпущенной с шин электростанций концерна “Белэнерго”, с учетом потерь в электрических сетях на ее транспортировку до вводов токоприемников предприятия [1]:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{эс}} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{кгу}} \cdot (1 + \Delta \mathcal{E}_{\text{пот}}) = 1512 \cdot (1 + 0,105) = 1671 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{ч}, \quad (8)$$

где  $\Delta \mathcal{E}_{\text{пот}}$  – коэффициент потерь в электрических сетях на транспортировку электроэнергии, равен 0,105 в среднем по концерну “Белэнерго”.

Экономия топлива от применения выбранной когенерационной установки [1]:

$$\Delta B^{\text{кгу}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{эс}} \cdot b_{\text{эз}}^{\text{сп}} - B_{\text{эз}} \cdot T_{\text{уст}}}{1000} = \frac{1671 \cdot 285 - 28,7 \cdot 8000}{1000} = 247 \text{ т у.т.}, \quad (9)$$

где  $b_{\text{эз}}^{\text{сп}}$  – удельный расход топлива на отпуск электроэнергии, принимается равным фактическому расходу топлива на замыкающей станции в энергосистеме за предшествующий год, 285 г у.т./кВт·ч.

Капитальные вложения на оборудование, проектные, строительно-монтажные и пуско-наладочные работы [1]:

$$K = C_{\text{обор}} (1 + 0,025 + 0,25 + 0,03) = 414 \cdot 1,305 = 540 \text{ тыс. руб.}, \quad (10)$$

где  $C_{\text{обор}}$  – стоимость основного оборудования, 414 тыс. руб.

Стоимость сэкономленного тепла и отпуска электрической энергии равна:

$$C_{\text{эк}} = \frac{\Delta B^{\text{кгу}} \cdot c_{\text{тут}}}{1000} = \frac{247 \cdot 418}{1000} = 103 \text{ тыс.руб.}, \quad (11)$$

где  $c_{\text{тут}}$  – удельная стоимость условного топлива для 2017 года равна 418 руб./т у.т.

Простой срок окупаемости мероприятия за счет экономии топливно-энергетических ресурсов со стороны государства и предприятия:

$$C_{\text{рок}} = \frac{K}{C_{\text{эк}}} = \frac{414}{103} = 4 \text{ года.} \quad (12)$$

Годовой расход условного топлива на когенерационную установку:

$$B_{\text{т}} = \frac{B_{\text{э}} \cdot T_{\text{уст}}}{1000} = \frac{66,1 \cdot 8000}{1000} = 528,8 \text{ т у.т.} \quad (13)$$

Стоимость годового расхода природного газа:

$$C_{\text{г}} = \frac{B_{\text{т}} \cdot c_{\text{г}}}{1000 \cdot 1,15} = \frac{528,8 \cdot 658,7}{1150} = 303 \text{ тыс. руб.}, \quad (14)$$

где  $c_{\text{г}}$  – фактическая стоимость природного газа на предприятии, равна 658,7 руб./тыс. м<sup>3</sup> ; 1,15 – коэффициент перевода калорийности природного газа в условное топливо.

Стоимость годового отпуска электрической энергии когенерационной установкой равна:

$$C_{\text{э}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{кгу}} \cdot c_{\text{э}}}{1000} = \frac{1512 \cdot 293,4}{1000} = 444 \text{ тыс.руб.}, \quad (15)$$

где  $c_{\text{э}}$  – фактическая стоимость электрической энергии на предприятии, равна 293,4 руб./тыс. кВт·ч.

Для определения годового расхода электрической энергии на работу холодильных установок, которые замещает абсорбционная холодильная машина, выбирается холодильный комплекс производительностью 280 кВт холода и средней электрической мощностью 64 кВт. Годовая экономия электрической энергии на работу холодильных установок равна:

$$C_{\text{эx}} = P_{\text{ср}}^x \cdot T_{\text{уст}} \cdot 10^{-3} = 64 \cdot 8000 \cdot 10^{-3} = 512 \text{ тыс. кВт} \cdot \text{ч.} \quad (16)$$

Стоимость годовой экономии электрической энергии на работу холодильных установок равна:

$$C_{\text{эx}} = \frac{\text{Э}_{\text{эx}} \cdot c_{\text{э}}}{1000} = \frac{512 \cdot 293,4}{1000} = 150 \text{ тыс. руб.} \quad (17)$$

Суммарная стоимость экономии энергоресурсов:

$$C_{\text{эк}} = C_{\text{э}} + C_{\text{эx}} - C_{\text{Г}} = 444 + 150 - 303 = 291 \text{ тыс. руб.} \quad (18)$$

Срок окупаемости мероприятия за счет экономии энергоресурсов для предприятия:

$$C_{\text{рок}} = \frac{K}{C_{\text{эк}}} = \frac{414}{291} = 1,4 \text{ года.} \quad (19)$$

В предлагаемом варианте когенерационная установка и абсорбционная холодильная машина будут содержать следующие тепловые контуры:

– высокотемпературный контур когенерационной установки с температурным графиком 85/65 °С – будет использоваться для работы абсорбционной холодильной машины, системы отопления, системы горячего водоснабжения;

– низкотемпературный контур когенерационной установки с температурным графиком 38/35 °С – может использоваться для предварительного нагрева в системе горячего водоснабжения;

– основной контур охлаждения абсорбционной холодильной машины с температурным графиком 7/12 °С – будет использоваться для работы системы охлаждения технологических машин;

– вспомогательный контур охлаждения абсорбционной холодильной машины с температурным графиком 37/30 °С – будет использоваться для работы системы охлаждения холодильной машины вместе с градирней.

### Список использованных источников

1. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. *Энергоэффективность*, 2016, № 8, прил.