

Так сколько же стоит киловатт?

Алексей Синельников
Заместитель директора по распределенной энергетике
АО «НТЦ ЕЭС (Московское отделение)»

Пример индикативного расчета стоимости кВт*ч

Исходные данные:

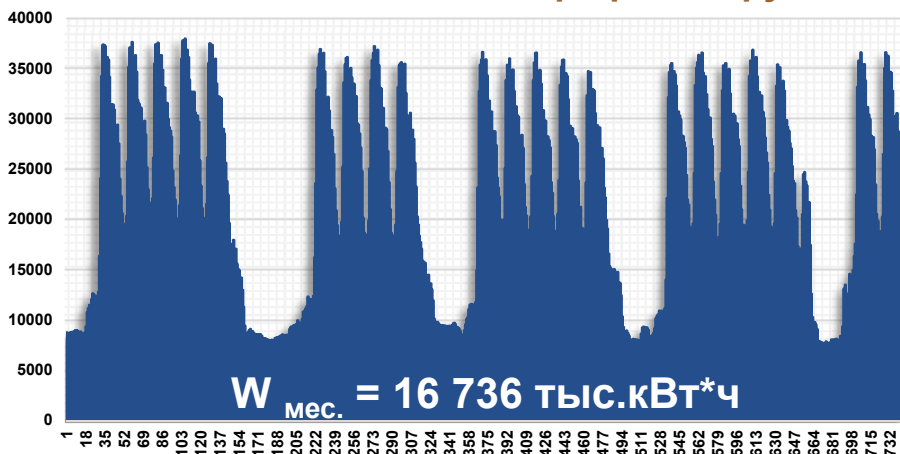
- Планируемая потребляемая электр. мощность – 20 МВт
- Средняя цена покупки электр. энергии – 3,59 руб./кВт*ч
- Цена газа – 4 483 руб. за 1 тыс.куб.м.
- Энергоцентр работает в теплофикационном режиме с параллельной выработкой электроэнергии и тепла в отопительный сезон (с 1 октября по 30 апреля)



! Классический метод сравнения по себестоимости не может применяться для определения наиболее экономически эффективного варианта, носит сугубо индикативный характер и не дает представления о реальных затратах в будущем.

Прогноз нагрузок. Влияние точности графика на результаты расчетов

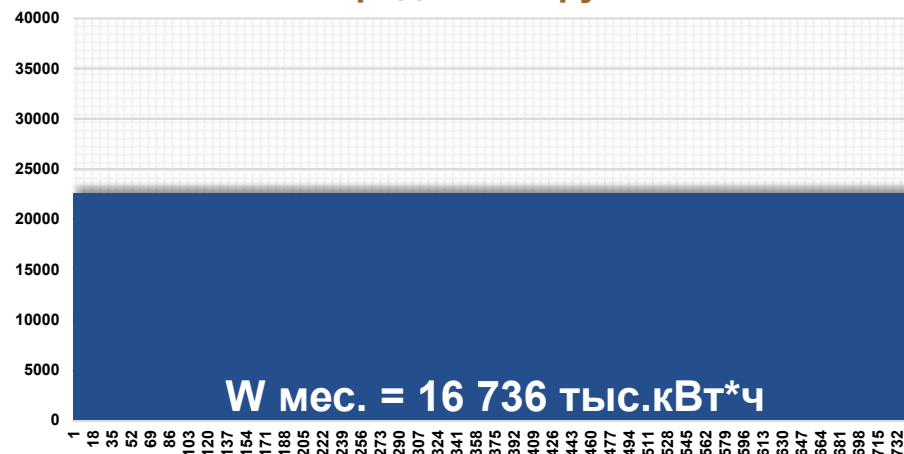
Реальный почасовой график нагрузок



$$C_{\text{мес.3цк}} = 62\,693\,601 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{мес.4цк}} = 70\,467\,604 \text{ руб.}$$

Средняя нагрузка



$$C_{\text{мес.3цк}} = 59\,497\,055 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{мес.4цк}} = 54\,218\,663 \text{ руб.}$$

Простое изменение ценовой категории может давать существенный эффект без строительства энергоцентра. В данном примере эффект составил 11%.

Расчет стоимости приобретения электрической энергии на розничном рынке без учета профиля графика нагрузки (при прочих равных условиях) приводит к искажению в результатах до 24%.

! Искажение затрат на приобретение электрической энергии прямо отображается на расчете эффективности проекта. При этом затраты на покупку всей электрической энергии (без энергоцентра) и затраты на покрытие пиковой нагрузки (с энергоцентром) искажаются неодинаково.

! Аналогичный эффект присутствует при рассмотрении графиков тепловой нагрузки, однако его влияние на искажение эффективности проекта гораздо ниже.



Выбор концепции энергоцентра и состава оборудования. Особенности исходных данных по оборудованию

Номинальные характеристики генерирующих установок в спецификациях приводятся разными производителями для различных условий.

Например номинальный расход газа приводится для разной теплотворной способности.

Расчет расхода газа без приведения к реальным параметрам системы газоснабжения Объекта может занижать расходы на газ до 12%.

⚠ Nominal fuel rating: Natural gas, 37 MJ/m³ (1000 Btu/ft.³)
LP vapor, 93 MJ/m³ (2500 Btu/ft.³) **8840 ккал/нм³**

Performance data refer to: Operation with natural gas Hu = 10 kWh/Nm³ and methane number MZ > 80, operation with biogas Hu = 6 kWh/Nm³ (E2876 LE 202: HU = 5 kWh/Nm³) and methane number MZ > 140. **8598 ккал/нм³**
Engine operation with MZ < 80 or other types of gas after consultation with Nuremberg works only.

Data shown is based on steady state engine operating conditions of 25 °C (77 °F), 96.28 kPa (28.43 in Hg) and fuel having a LHV of 35.6 MJ/Nm³ (905 Btu/ft³) and 80 Methane Number at 101.60 kPa (30.00 in Hg) absolute and 0 °C (32 °F). Emission data shown is subject to instrumentation, measurement, facility, and engine fuel system adjustment. **8505 ккал/нм³**

Кроме того, в спецификациях могут быть указаны искаженные (маркетинговые) параметры эффективности генерирующих установок.

Например: завышенный КИТ, завышенная тепловая мощность и т.д.

Выполнение расчетов на основе открытых спецификаций без верификации данных по оборудованию существенно искажает (завышает) экономическую эффективность проекта.

Рекламный материал одного из производителей

компактная вспомогательная подстанция

Представленная отличается компактным дизайном, высоким КПД и экономической эффективностью. Имея превосходные характеристики (общий КПД 103% и выходная электрическая мощность 100 кВт), эти модули способны себя окупить всего за 1,5 года. В настоящие дни используются сотни модулей на производственных предприятиях, гостиницах и

общий КПД 103%

Схема выдачи мощности. Алгоритм работ

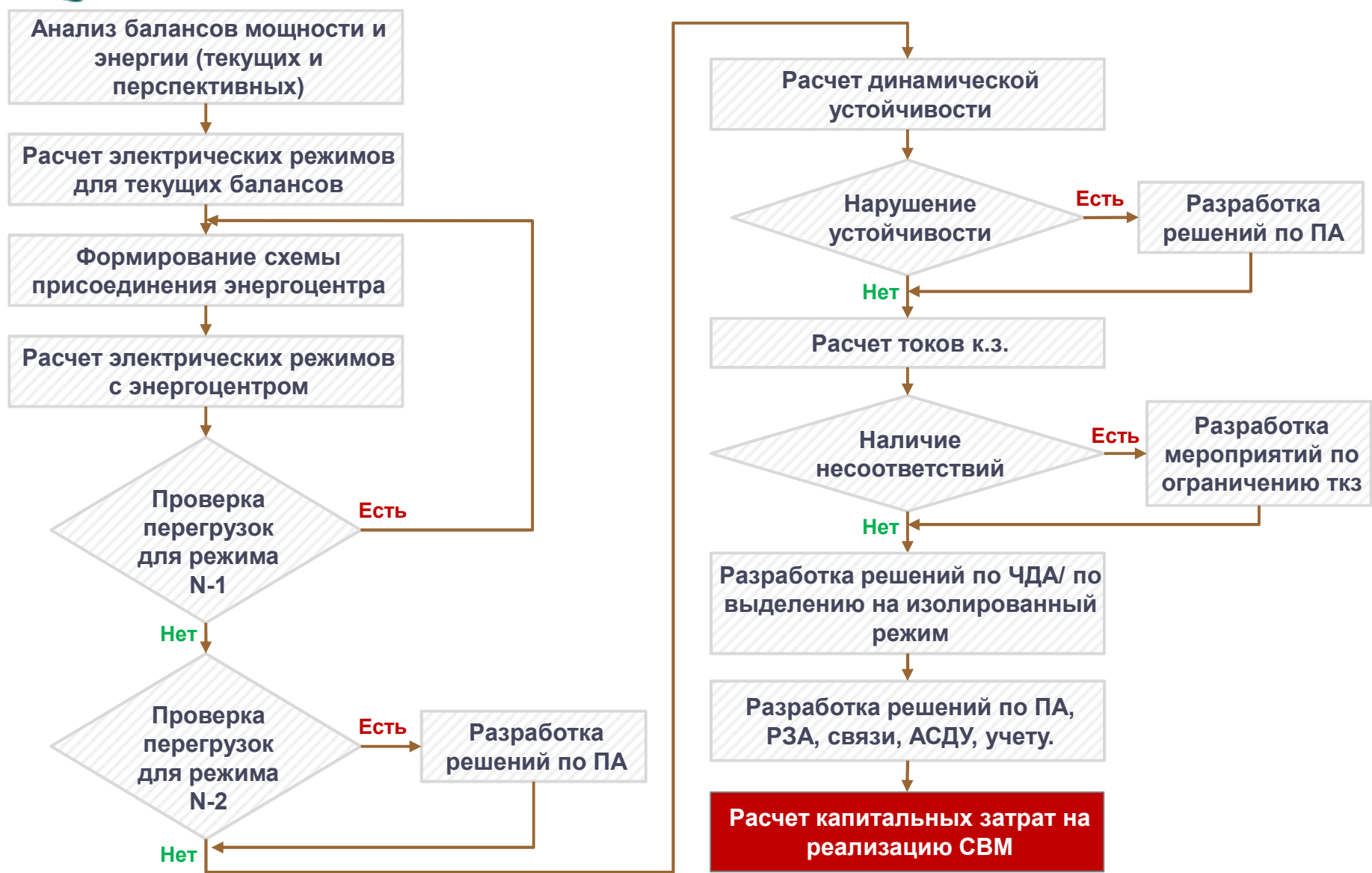
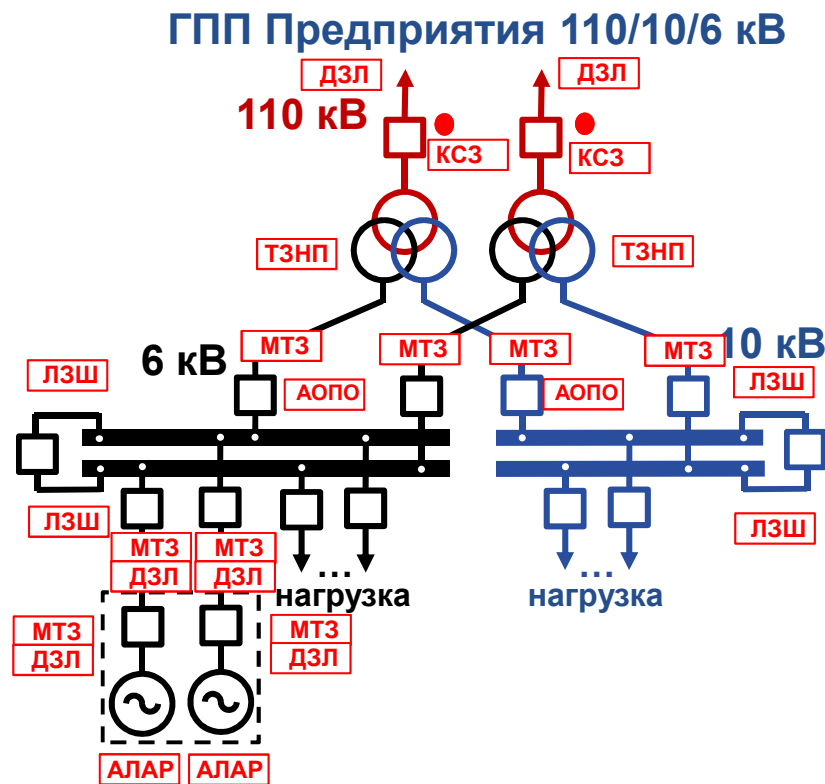


Схема выдачи мощности. Пример результата расчета СВМ

Установка устройств защит, ПА и Связи, коммутации	Доп. оборудование после ввода энергоцентра
	кол-во шт/км
Выключатели	46
Трансформаторы тока	54
ЛЗШ (ДЗШ, НДЗШ)	4
ТЗНП	2
ДЗЛ 10 кВ + ДЗЛ 110 кВ	4
МТЗ	6
АЛАР	2
АОПО	2
АПВ с улавл. синхронизма + комплект ступ. защит	2
ШОН	2
NTP-сервер точного времени	1
Мультиплексор	1
Шкаф сервера ТМ	1
Контролер присоединений	1
Шкаф цифрового РАС	1
ВОЛС для ДЗЛ	2
ВОЛС до отпайки для связи (2x5) км	10
Многофункциональные счетчики	3

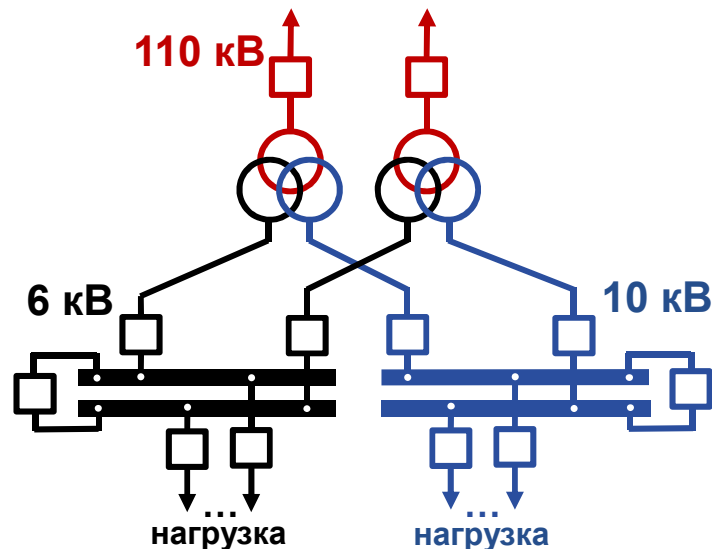


! Для обеспечения сохранности генерирующего оборудования потребовались мероприятия по реконструкции прилегающей сети 110 кВ.

! Расчет режимов сети 6, 10 кВ до ввода энергоцентра показал необходимость замены 29 трансформаторов тока.

Выбор концепции энергоцентра и состава оборудования. Пример формирования концепции

ГПП Предприятия 110/10/6 кВ



Вопросы (развилки) для формирования концепции энергоцентра:

1. Технология генерации (ГТУ, ГПУ);
2. Суммарная установленная мощность (мин., сред., макс);
3. Количество агрегатов (на каждую секцию, на каждое РУ, на всю нагрузку);
4. Режим выработки эл.энергии (следование за нагрузкой, постоянная выработка с продажей излишков).

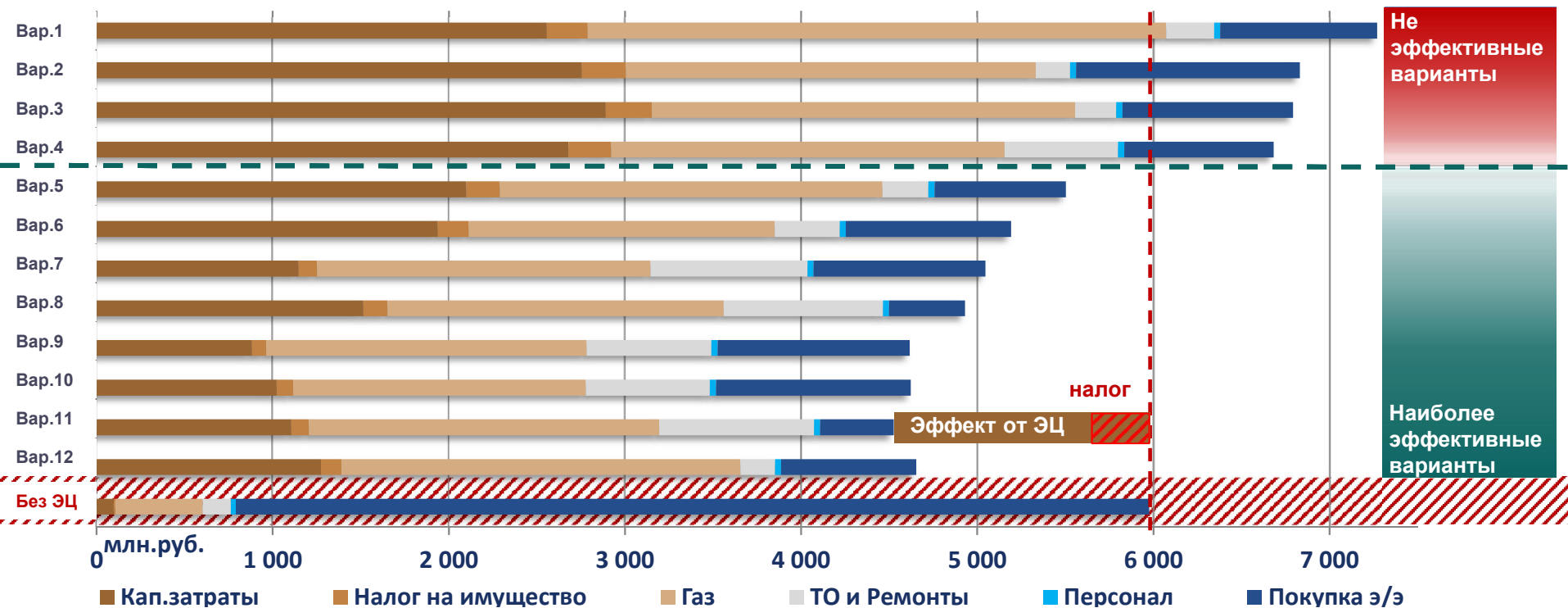
Однозначного ответа на эти вопросы быть не может, поэтому целесообразно рассматривать все возможные варианты концепций энергоцентра.

Матрица вариантов концепции энергоцентра (пример)

Технология генерации		ГПУ					ГТУ				
		мин	сред		макс		мин	сред		макс	
Суммарная установленная мощность											
Режим выработки эл.энергии / продажа ээ		за нагр./ нет	за нагр./ нет	пост./ да	за нагр./ нет	пост./ да	за нагр./ нет	за нагр./ нет	пост./ да	за нагр./ нет	пост./ да
Количество агрегатов (по 1)	На каждую сш	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
	На РУ	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29
	На ГПП	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

Оценка экономической эффективности. Сравнение вариантов ЭЦ по суммарным дисконтированным затратам

В проектах распределенной генерации сравнение вариантов должно выполняться методом дисконтированных денежных потоков, обеспечивающим возможность учета изменений внешних экономических факторов проекта.



Важно учитывать, что в общем случае экономический эффект от снижения затрат на энергоснабжение предприятия приведет к увеличению налогооблагаемой базы по налогу на прибыль. Таким образом реальный экономический эффект окажется ниже на 20%.

Способы снижения затрат на энергоснабжение промышленного предприятия



! Строительство собственного энергоцентра является одним из наиболее дорогостоящих способов оптимизации расходов на энергоснабжение предприятия, при этом наиболее эффективным

*Внестадийное проектирование
объекта генерации*

**Основные
технические и
инвестиционные
решения**

*Что именно строить и
насколько это
эффективно*

*Стандартная стадия проектирования
любого объекта кап. строительства*

**Технические
условия**

*Требования
инфраструктурных
организаций*

**Техническое
задание**

*Требования
Заказчика*

**Проектная и
рабочая
документация
на
строительство
объекта
генерации**

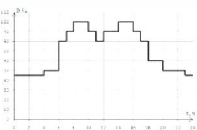
Как строить

! В современных экономических реалиях эффективность проекта распределенной генерации должна быть подготовлена заранее на основании детальной проработки технических решений и обоснования возможности возврата инвестиций.

Состав основных технических инвестиционных решений

1. Прогноз нагрузок

Анализ потребности предприятия в различных видах энергии (определение существующих электрических, тепловых нагрузок и нагрузки системы холодоснабжения), а также нагрузок предприятия в перспективном периоде; моделирование графиков нагрузок.



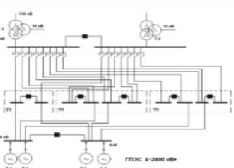
2. Выбор концепции энергоцентра и состава оборудования

Формирование набора вариантов технических решений по созданию энергоцентра (каждый вариант – выбор оборудования энергоцентра по технологии, по концепции, выбор единичной мощности и количества генерирующих агрегатов, выбор производителей и моделей оборудования).



3. Разработка схемы выдачи мощности

Разработка основных технических решений по параллельной работе энергоцентра с ЕЭС России (формирование нескольких вариантов при целесообразности их сравнения); их согласование с инфраструктурными организациями.



4. Оценка экономической эффективности

Экономическое сравнение сформированных вариантов технических решений по созданию энергоцентра для определения наиболее эффективного, сравнение наиболее эффективного решения с базовым вариантом «без энергоцентра» для определения экономической целесообразности (инвестиционной привлекательности) реализации проекта.



Каждый шаг ОТИР имеет большое количество специфических аспектов, требующих особого внимания.

Схемы реализации проектов

Разработка ОТИР позволяет менеджменту компании получить однозначное представление о наиболее эффективном варианте собственного энергоцентра, размере экономического эффекта и сроке его окупаемости. Далее необходимо выбрать стратегию реализации проекта.

Заказчик-инвестор	Заказчик-партнер	Заказчик-покупатель
<p>Риски: MAX Маржа: MAX</p>	<p>Риски: снижены Маржа: снижена</p>	<p>Риски: MIN Маржа: MIN</p>
<p>ПИР, СМР, ПНР, ВВОД Заказчик за свой счет нанимает генподрядчика на проектирование, поставку оборудования и строительство энергоцентра</p>	<p>ПИР, СМР, ПНР, ВВОД Заказчик и инвестор совместно инвестируют в проект, их совместная компания-исполнитель создает энергоцентр</p>	<p>ПИР, СМР, ПНР, ВВОД Заказчик не инвестирует в проект. Энергоцентр создает внешний инвестор на территории заказчика.</p>
<p>Эксплуатация Заказчик сам эксплуатирует энергоцентр или привлекает специализированного оператора</p>	<p>Эксплуатация Компания-исполнитель заключает контракт на поставку энергии с заказчиком</p>	<p>Эксплуатация Стороны связывают многолетние контрактные обязательства по поставке / оплате энергии</p>
<p>Обеспокоенности заказчика:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Обеспечение строительства и ввода в эксплуатацию • Обеспечение эксплуатации 	<p>Обеспокоенности заказчика:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Бизнес модель • Поиск инвестора • Структурирование сделки • Обеспечение строительства и ввода в эксплуатацию • Обеспечение эксплуатации 	<p>Обеспокоенности заказчика:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Бизнес модель • Поиск инвестора • Структурирование сделки

Издательский дом «Вся электротехника»

ЭНЕРГОЭКСПЕРТ
информационно-аналитический журнал

ISSN 2075-6518
9 772075 651807 >

№ 6 (59)
2016

14 Программное обеспечение в электроэнергетике: реальность и перспективы

4 Электрические сети России – 2016: выставка как подведение итогов года

26 Злегазовые выключатели для применения в КРУЗ

32 Расчет схем заземления экранов однофазных КЛ 6–500 кВ с учетом особенностей трассы

36 Устройства безударного включения силовых трансформаторов

40 Оценка эффективности проектов распределенной генерации по методу расчета «приведенной» себестоимости электроэнергии

46 Экспресс-оценка технического состояния паровых котлов и турбин




www.energyexpert.ru

МЕТОД РАСЧЕТА «ПРИВЕДЕННОЙ» СЕБЕСТОИМОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

МИХАЙЛОВ Т.С., СИНЕЛЬНИКОВ А.М., АО «Научно-технический центр Единой энергетической системы (Московское отделение)»

Существующий метод расчета «простой» себестоимости производства 1 кВт·ч электрической энергии, используемый для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов по созданию объектов распределенной генерации, приводит к некорректным результатам. С целью повышения прозрачности финансово-экономических расчетов и их более полного понимания среди широкого круга специалистов авторы статьи предлагают альтернативный подход к расчету себестоимости, основанный на методе дисконтированных денежных потоков, – метод расчета «приведенной» себестоимости.

В настоящее время в маркетинговых целях для демонстрации эффективности строительства объекта собственной генерации используется показатель себестоимости вырабатываемой им электрической энергии. Расчет такой себестоимости выполняется, как правило, путем суммирования капитальных и эксплуатационных затрат за весь срок службы основного генерирующего оборудования. Далее, в связи с тем, что общие суммарные затраты на энергоцентр отражают процесс одновременной выработки электрической и тепловой энергии, они уменьшаются на величину расходов, которые были бы понесены на приобретение отпущенных энергоцентром объемов тепловой энергии из

внешней сети или на их выработку на собственной котельной. Оставшиеся после вычитания затраты делятся на объем полезного отпуска электрической энергии от энергоцентра за весь рассматриваемый период и в результате принимаются как себестоимость производства 1 кВт·ч. В рамках данной статьи для такого подхода предлагается использовать термин – метод «простой» себестоимости. Формула расчета «простой» себестоимости электрической энергии, выработанной энергоцентром, представлена на рис. 1.

Использование метода «простой» себестоимости для оценки экономической эффективности инвестицион-

ных проектов по созданию объектов распределенной генерации приводит к некорректным результатам, так как данный метод не позволяет учесть три следующих важных аспекта:

- изменение цен (инфляции) как на внешние ресурсы (электрическая и тепловая энергия из внешних источников), так и на ресурсы, напрямую формирующие затраты на энергоцентр (газ, техническое обслуживание, ремонт и т.д.);

- стоимость денег во времени. Некорректно складывать затраты, относящиеся к разным годам, и делить полученную сумму на объем выработки энергоцентра. Сто рублей, потраченные

$$\begin{array}{c}
 \text{Себестоимость} \\
 \text{электроэнергии,} \\
 \text{руб./кВт·ч}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \text{Капитальные} \\
 \text{затраты,} \\
 \text{руб.}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{Операционные} \\
 \text{затраты,} \\
 \text{руб.}
 \end{array}
 -
 \begin{array}{c}
 \text{Затраты на выработку тепла} \\
 \text{на котельной или на покупку извне,} \\
 \text{руб.}
 \end{array}
 \div
 \begin{array}{c}
 \text{Объем выработанной электроэнергии за весь срок службы энергоцентра,} \\
 \text{кВт·ч}
 \end{array}$$

Рис. 1. Формула расчета «простой» себестоимости электрической энергии, выработанной энергоцентром



Благодарю за внимание!

Алексей Синельников
Заместитель директора по распределенной энергетике
АО «НТЦ ЕЭС (Московское отделение)»

+7 (499) 799-17-49
sinelnikov-am@so-ups.ru



www.ntc-msk.ru