

GasGeneratorBau

новый импульс для Вашего бизнеса

*Мобильный (передвижной) комплекс
генерации электроэнергии
(малая тепловая электростанция)*

Анализ тенденций развития электроэнергетики в мире указывает на увеличение доли малых электростанций в общей структуре объектов электрогенерации.

В целом, понятие «малая энергетика» включает технологии, соответствующие шестому технологическому укладу. Этот уклад, в числе прочего, предполагает снижение централизации в энергетике, рационализации природопользования, фокусирование на решении экологических проблем общества. То есть малая энергетика является одним из факторов решения тех проблем, на которые имеется социальный заказ, а пути такого решения отражены в экономических механизмах.

Каковы же основные преимущества малых передвижных электростанций? Прежде всего, их высокая мобильность, способность в короткий промежуток времени обеспечить потребителя заданным количеством электрической энергии на важном для него участке деятельности. Кроме того, это низкий уровень затрат на транспортировку электроэнергии, связанный с непосредственным расположением генерирующего объекта от потребителя.

Таким образом, применение малых обособленных генерирующих мощностей (как правило, мобильных) экономически в разы более оправдано, чем организация энергоснабжения от крупных источников.

В то же время, каковы причины медленного развития средств малой электрогенерации? Почему предприятия не следуют мировым трендам, не переходят к строительству собственных генерирующих мощностей, не реализуют принцип энергетической децентрализации и энергетической устойчивости к внешним воздействиям?

По нашему мнению, основными причинами такого положения вещей является то, что не смотря на наличие указанных преимуществ, известные конструкторские решения, представленные сегодня на рынке, имеют ряд существенных недостатков, не позволяющих максимально полно использовать потенциальные возможности малых электростанций.

В частности, для генерации электроэнергии малые энергетические станции используют только один вид топлива, например, газ, дрова, торф, биотопливо и др. При этом смена вида топлива неизбежно приводит к изменению конструкции станции. Это очень неудобно, поскольку изменение стоимости топлива, расположения генерирующего объекта или логистической схемы, неизбежно влечет за собой смену вида топлива.

Следующим существенным недостатком является отсутствие на рынке моделей комплексно обеспечивающих одновременно и высокую мобильность, и высокую генерирующую мощность.

Безусловно, одним из путей увеличения мощности является добавление дополнительных станций, однако это неизбежно влечет за собой увеличение себестоимости генерируемой электроэнергии.

К концептуальным недостаткам следует также отнести высокие начальные и эксплуатационные затраты на производство тепла и электроэнергии.

Для локализации указанных недостатков перед конструкторской группой ООО «Газгенераторбау» была поставлена амбициозная задача создания малогабаритной мобильной электростанции, которая может работать на всех видах жидкого и газообразного топлива.

Основой технического задания явилось требование мобильности, высокой мощности, простоты эксплуатации, низкой себестоимости производимой электроэнергии, возможности работы системы в условиях аномально низких и высоких температур.

В ходе реализации проекта, конструкторской группой были определены основные критерии и направления которые определяли концепцию будущей малой электростанции.

Во-первых, система генерации должна располагаться в железнодорожном вагоне, что дает сразу несколько принципиальных преимуществ:

- это именно мобильная система, которая, используя достаточно разветвленную железнодорожную сеть, способна доставить энергию в любую точку страны;

- это дает возможность уйти от капитального строительства, затраты на которое составляет до 70% от общих затрат на строительство малых генерирующих систем.

Во-вторых, за основу котельного блока взято решение инженеров швейцарской фирмы «Броун Бовери», которые в 1932 году, решая задачу по уменьшению габаритов судовых паровых котлов, предложили уникальное решение. Использование указанного конструкторского решения позволило получить:

- высокую надежность системы, поскольку ее отработка и эксплуатация длилась на протяжении нескольких десятилетий;

- уникальные эксплуатационные характеристики;

- относительно малый вес котельных агрегатов, что привело, прежде всего, к снижению общей стоимости комплекса, а также к уменьшению массы энерговагона и динамического воздействия на железнодорожный путь при транспортировке.

- решение задачи многотопливности установки, поскольку, как известно, паровые котлы работают на всех видах жидкого и газообразного топлива.

- пар высоких энергетических параметров, обеспечивающий, как следствие, высокий КПД турбогенератора.

И в-третьих, для увеличения надежности эксплуатации и повышения выходных эксплуатационных параметров, принято решение использовать генерационный блок ведущей мировой компании, продукция которой крайне надежная и эффективная. В результате, все это позволило обеспечить требуемую эксплуатационную надежность установки для обеспечения заказчика как электрической, так и тепловой энергией.

Практическая реализация

В результате решения задачи по созданию малой ТЭС специалистами компании был разработан мобильный (передвижной) комплекс генерации электроэнергии (МКГЭ) мощностью 8500 кВт на базе двух паровых котлов «ТурбоРapid 20/60/480» в габаритах железнодорожного вагона габарита 1-1 ГОСТ 9238 - 2013 (общие технические требования к электростанции - по ГОСТ 23377-84).

Некоторыми техническими характеристиками указанного МКГЭ являются: паропроизводительность одного парового котла - 20 т/ч с исходными параметрами пара 60 атм и 480⁰С; потребление - 3,6 т/ч. жидкого коксохимического топлива; время пуска/остановки турбоагрегата - 8-10 минут. Коэффициент полезного действия предлагаемой электростанции составляет более 28%, в том числе парового котла – 98,5%.

Конструктивные особенности котла позволяют использовать до девяти вариантов видов топлива (доменный газ, генераторный газ, водяной газ, коксовый газ, попутный нефтяной газ, жидкое коксохимическое топливо, сырая нефть, мазут и дизтопливо) в зависимости от конъюнктуры цен на рынке и условий использования комплекса.



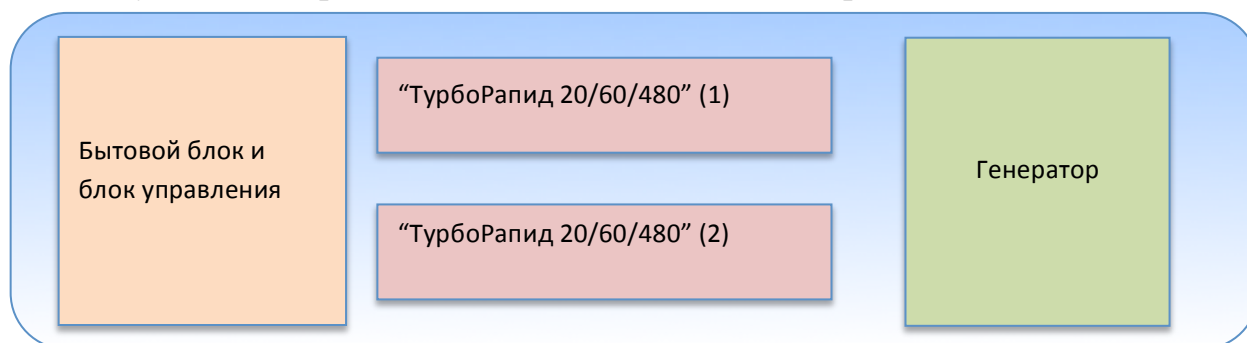
Таблица № 1. Технические параметры энерговагона

Технические характеристики котла		
1	Марка	ТурбоРapid 20/60/480
2	Поверхность нагрева, м ²	70,26
3	Рабочее давление пара, кг/см ²	60
4	Температура пара, 0С	480
5	Паропроизводительность, кг/ч	20000
6	Тип топлива	Жидкое и газообразное 1100-11000 ккал/кг
7	Расход топлива, кг/ч	1600-2100 (мазут)
8	КПД котла, %	97
Технические характеристики турбогенератора		
1	Мощность на клеммах, кВт	8500
2	Рабочее давление пара, кг/см ²	60
3	Температура пара, 0С	480
4	Расход пара турбиной, кг/ч	34000
5	Масса турбогенератора (без масла), кг	40
6	КПД турбогенератора, %	28
Общие характеристики		
1	Время запуска котла из холостого состояния, мин	1-2
2	Время запуска установки из холостого состояния, мин	8-10
3	Экипаж энерговагона, человек	4

Энерговагон является составной частью, элементом железнодорожного комплекса, в состав которого входят также цистерны с топливом (жидким или/и газообразным). В случае необходимости увеличения мощности системы, в состав комплекса может быть включено несколько энерговагонов.

Экипаж энерговагона состоит из 4 человек, из которых 2 – дежурная смена, 2 – отдыхающая смена.

Рисунок №1 Принципиальная схема железнодорожного вагона



После получения соответствующего задания и прибытия на объект обеспечения, экипаж осуществляет подготовительные работы, по завершении которых станция полностью готова к эксплуатации.

Срок подготовки станции из походного положения в рабочее составляет до 1 суток.

Объем добавочной воды – до 0,5 м³/ч, при необходимости должна быть водоподготовка.

Из холостого состояния станция запускается экипажем и выходит на рабочий режим в течении 10 минут.

Важно. Станция может располагаться как непосредственно возле потребителя, так и на расстоянии до 200 км от него.

В период работы, станция может обеспечить потребителя не только электрической энергией, но и горячей водой.

Подача топлива – из цистерн, одной цистерны 60т достаточно для 16,5ч работы электростанции. При внедрении комплекса обеспечиваются передовые решения по автоматизации технологического процесса. Автоматика котла связана с автоматикой турбогенератора в единый управляющий комплекс. Пар из 2-х котлов подается на турбогенератор 8500кВт с конденсатором, который потребляет 34т пара в час и производит 8500кВтч электроэнергии, при этом собственные нужды котельных установок обеспечиваются собственными газовыми турбинами, работающими на энергии дымовых газов. Таким образом, на собственные нужды установки мощность не расходуется. На производство 8500кВтч расходуется 3600кг/ч жидкого коксохимического топлива.

Одними из основных финансово-экономических показателей приобретаемого оборудования являются: установочные затраты, эксплуатационные затраты и срок окупаемости.

С целью предоставления потенциальному заказчику возможности самостоятельно осуществить расчеты исходя собственных конкретных показателей, приводим схему расчета полностью.

Оценка окупаемости предлагаемой технологии основана на разнице в цене средней стоимости кВтч мощности, получаемой на предлагаемой установке и стоимости электроэнергии получаемой из сети.

Для расчета стоимости мощности на мобильной станции принимаем:

- число рабочих дней в году 365 при 3-х сменной работе.
- потребляемая мощность из электросети равна 8 500кВтч.
- стоимость 1 тонны коксохимического топлива – 167€/т.
- срок эксплуатации вагона – 25 лет, турбины – 25 лет, котла – 25 лет.
- для производства 8500кВтч расход составляет 3600кг/ч жидкого коксохимического топлива

Установочные затраты (затраты, связанные с покупкой технологического оборудования), исходя из срока эксплуатации составляют **0,0035€/кВтч:**

Схема расчета установочных затрат следующая:

$$Z_{уст.общ.} = Z_{уст.ж/д.} + Z_{уст.котел} + Z_{уст.ген.},$$

где:

$Z_{уст.общ.}$ – общие установочные затраты поставки энерговагона;

$Z_{уст.ж/д.}$ – установочные затраты, связанные с покупкой ж/д вагона;

$Z_{уст.котел}$ – установочные затраты, связанные с покупкой 2 (двух) паровых котлов «ТурбоРapid»;

$Z_{уст.ген.}$ – установочные затраты, связанные с покупкой турбогенератора.

Установочные затраты, связанные с покупкой железнодорожного вагона, рассчитываются по формуле:

$$Z_{уст.ж/д.} = S_{ж/д.} / T_{л/эсп.} / T_{дн.} / T_{ч.} / P_{кВтч.},$$

где:

$S_{ж/д.}$ – стоимость ж/д вагона в €;

$T_{л/эсп.}$ – количество лет эксплуатации ж/д вагона;

$T_{дн.}$ – количество дней в году;

$T_{ч.}$ – количество часов в сутках;

$P_{кВтч.}$ – мощность вырабатываемая Энерговагоном.

Таким образом:

$$Z_{уст.ж/д.} = 250000/25/365/24/8500 = \mathbf{0,00014 \text{ €/кВтч.}}$$

Установочные затраты, связанные с покупкой 2 (двух) паровых котлов «ТурбоРапид» рассчитываются по формуле:

$$Z_{уст.котел} = S_{котел} / T_{л/экс.} / T_{дн.} / T_{ч.} / P_{кВтч.},$$

где:

$S_{ж/д.}$ – стоимость 2(двух) паровых котлов «ТурбоРапид» в €;
 $T_{л/экс.}$ – количество лет эксплуатации котлов «ТурбоРапид»;
 $T_{дн.}$ – количество дней в году;
 $T_{ч.}$ – количество часов в сутках;
 $P_{кВтч.}$ – мощность вырабатываемая Энерговагоном.

Таким образом:

$$Z_{уст.котел} = 2700000/25/365/24/8500 = \mathbf{0,0015 \text{ €/кВтч.}}$$

Установочные затраты, связанные с покупкой турбогенератора, рассчитываются по формуле:

$$Z_{уст.ген.} = S_{ген.} / T_{л/экс.} / T_{дн.} / T_{ч.} / P_{кВтч.},$$

где:

$S_{ж/д.}$ – стоимость турбогенератора в €;
 $T_{л/экс.}$ – количество лет эксплуатации котлов «ТурбоРапид»;
 $T_{дн.}$ – количество дней в году;
 $T_{ч.}$ – количество часов в сутках;
 $P_{кВтч.}$ – мощность вырабатываемая Энерговагоном.

Таким образом:

$$Z_{уст.ген.} = 3500000/25/365/24/8500 = \mathbf{0,0019 \text{ €/кВтч.}}$$

Итого, удельные установочные затраты, связанные с покупкой технологического оборудования составят:

$$Z_{уст.общ.} = \mathbf{0,00014 + 0,0015 + 0,0019 = 0,0035 \text{ €/кВтч.}}$$

Эксплуатационные затраты (зарплата и топливо) составляют **0,03511 €/кВтч.**

Схема расчета эксплуатационных затрат следующая:

$$Z_{экс.пл.} = Z_{перс.} + Z_{топ.},$$

где

$Z_{перс.}$ – Зарплата персонала на 1кВтч;
 $Z_{топ.}$ – топливные затраты на 1кВт/ч электроэнергии;

Эксплуатационные затраты связанные с зарплатой обслуживающего персонала (дежурная смена) рассчитываются по формуле:

$$Зперс. = Стоп. / Тдн. / Тч. / РкВтч. * Qчел.,$$

где:

Стоп. – стоимость 1т. топлива;

Тдн. – количество рабочих дней;

Тч. – количество часов в сутках;

РкВтч. – мощность вырабатываемая Энерговагоном;

Qчел. – количество обслуживающего персонала.

Таким образом:

$$Зперс. = 167/30/24/8500 \times 4 = \mathbf{0,00011 \text{ €/ кВтч.}}$$

Топливные затраты на 1кВт/ч электроэнергии (с учетом тепловой генерации в объеме 8500кВт) рассчитываются по формуле :

$$Zтоп. = Qтоп. \times Стоп. / РкВтч. / 2,$$

где:

Qтоп. – количество топлива на выработку на 1кВт/ч электроэнергии;

Стоп. – стоимость 1т. топлива;

РкВтч. – мощность вырабатываемая энерговагоном;

/2 – учет тепловой генерации в объеме 8500кВт.

Таким образом,

$$Zтоп. = 3,6 \times 167 / 8500 / 2 = \mathbf{0,035 \text{ €/кВтч.}},$$

Итого, общие эксплуатационные затраты составят:

$$Zэкспл. = Зперс. + Zтоп. = 0,00011 + 0,035 = \mathbf{0,03511 \text{ €/кВтч.}}$$

Общие затраты (эксплуатационные + установочные) на производство 1кВт/ч электроэнергии составят (без учета доходов от реализации горячей воды):

$$Zобщ. = Zэкспл. + Zуст.общ. = \mathbf{0,03511 + 0,0035 = 0,03861 \text{ €/кВтч.}},$$

Для расчета срока окупаемости установки принимаем значение стоимости электроэнергии получаемого из сети за 0,08€ (за 1кВтч).

Допустим, что МКГЭ работает в течении одного календарного года (350 календарных дней).

Тогда, объем произведенной энергии составит

$$8500 \times 24 \times 350 = 71\,400\,000 \text{ кВтч}$$

В таком случае, стоимость получаемой на мобильном генераторе мощности в год, составит:

$$71\,400\,000 \times 0,03861 = \mathbf{2\,756\,754 \text{ €}}$$

Исходя из стоимости электроэнергии 0,08€/кВтч, получаем стоимость такой же мощности, но закупленной в сети

$$71\,400\,000 \times 0,08 = \mathbf{5\,712\,000\ \text{€}}$$

Таким образом, экономия (разница) с учетом полной мощности установки в течении одного календарного года составит:

$$\mathbf{5\,712\,000 - 2\,756\,754 = 2\,955\,246\ \text{€}}$$

Таким образом, учитывая только экономию полученную за счет снижения цены получаемого кВтч электроэнергии, затраты на приобретение и эксплуатацию установки окупятся чуть более, чем **за 2 года**.

Таким образом, результатом разработки стала система генерации электроэнергии, которая не имеет аналогов в мире, и обладает целым рядом принципиальных преимуществ:

- установка представляет из себя мобильную систему, способную обеспечить потребителя энергией в любой точке страны;

- полученные технические характеристики, и, прежде всего, мощность, позволяют решать практические задачи любой сложности и объема;

- мобильная установка является полностью автономной, т.е. не зависимой от внешних источников электроэнергии, что позволяет потребителю быть энергетически не зависимым от внешних негативных воздействий;

- выходные экономические показатели на уровне лучших мировых стандартов, и позволяют не просто в максимальные сроки покрыть затраты на закупку оборудования, но и значительно снизить себестоимость конечной продукции, что благоприятно отразится на ее конкурентоспособности;

- система проста в эксплуатации и текущем ее обслуживании, способна в кратчайшие сроки быть приведена в рабочее состояние, что дает дополнительные возможности для компенсации пиковых нагрузок.

За счет своих технических и эксплуатационных характеристик, МКГЭ может быть использован для работы в условиях низких и высоких температур. Эта характеристика в комплексе с мобильностью системы и малым временем развертывания, позволяет эксплуатировать комплекс соответствующим службам в ликвидации чрезвычайных ситуаций.

По заключению членов Национальной академии наук Украины (на прошедшем 20.01.2016 года заседании одной из секций), представленная «установка, является универсальной - на газообразном и жидком топливе, котел - апробированный, турбина - классическая, автоматическое регулирование - суперсовременное, себестоимость - низкая. Все это делает проект привлекательным».

По мнению специалистов, указанная разработка может быть также эффективно использована в качестве источника энергии для питания удаленных комплексов по добыче нефти и газа. В данном контексте эта установка наиболее целесообразна, так как позволяет:

- обеспечивать электрической и тепловой энергией отдаленные от существующих ЛЭП мощных производственных комплексов без необходимости прокладки дополнительных ЛЭП;

- практически неограниченно наращивать мощность генерации (путем добавления энерговагонов), что позволяет увеличивать глубину бурения;

- снижать затраты на электроэнергию до 0,02 – 0,03USD (за счет использования в качестве топлива нефти или попутного нефтяного газа);

- увеличить дебет скважины (за счет пропаривания устья генерируемым паром второго контура испарения);

- передавать электроэнергию на значительные расстояния (напряжение генератора 10,5 кВ);

- обеспечивать теплом и электроэнергией прилегающие жилые

