

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ

В.В. Логвиненко

В чрезвычайных ситуациях, вызванных природными или техногенными катаклизмами, наряду с первоочередными мероприятиями по спасению и эвакуации людей, актуальными являются мероприятия по оперативному энергоснабжению, как пострадавших объектов, так и служб спасения, местных оперативных служб. Особенно это злободневно в условиях Сибири с ее низкими температурами. В то же время содержат МЧС передвижные энергетические станции при их использовании только в аварийных ситуациях весьма дорого.

СОСТАВ И СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ

Промышленностью в последние годы освоены компактные передвижные многотопливные газопоршневые мини-ТЭЦ малой и средней мощности. Для оперативного экономического (относительно чрезвычайных условий, возникающих в зонах катастроф) энергоснабжения предлагается следующая схема (см. рис. 1).

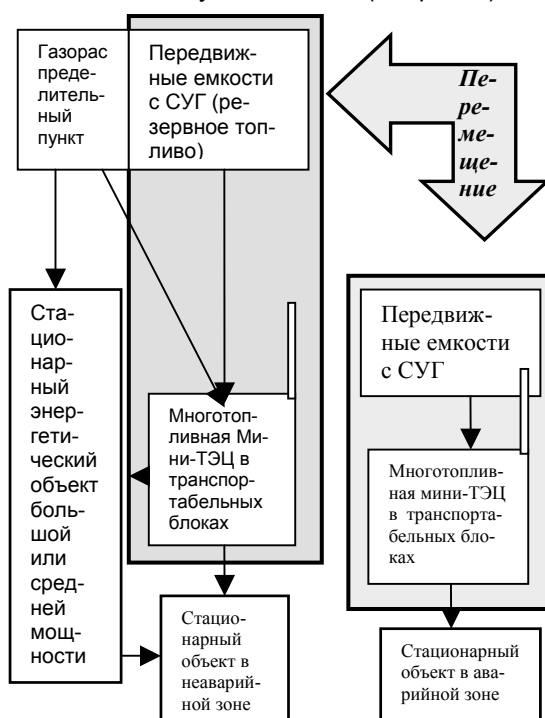


Рис. 1. Схема экономичного использования передвижной мини-ТЭЦ для энергоснабжения объекта в аварийной зоне и использования ее преимущественно на энергетическом объекте большой или средней мощности

До возникновения чрезвычайной ситуации, катастрофы и после ликвидации ее последствий компактные передвижные многотопливные газопоршневые мини-ТЭЦ малой и средней мощности устанавливаются как пристройки к стационарным энергетическим объектам большой и средней мощности. Они экономично работают на основном виде топлива – природном газе. Резервное топливо, сжиженные углеводородные газы пропан и бутан, хранится в передвижных емкостях для СУГ или в цистернах для дизельного топлива. Это резервное топливо используется для работы стационарного энергетического объекта большой и средней мощности при аварии газопроводов природного газа. Емкости с резервным топливом поддерживаются на определенном уровне и заполняются по мере расхода этого топлива.

При возникновении чрезвычайной ситуации или катастрофы в районе стационарного энергетического объекта большой и средней мощности мини-ТЭЦ и передвижные емкости с СУГ или другим жидким топливом оперативно под управлением МЧС перемещаются к стационарному объекту в зоне катастрофы, где необходимо организовать энергоснабжение для проведения спасательных работ и в период ликвидации последствий катастрофы. Такими объектами могут быть городки спасателей, временные городки для пострадавшего населения, разрушенные котельные, энергетические объекты, важные для жизнеобеспечения предприятия. Конструкция мини-ТЭЦ позволяет начать их эксплуатацию при минимальной инженерной подготовке и восстановлении участков инженерных сетей пострадавшего объекта.

Состав передвижной мини-ТЭЦ показан на рис. 2. При соответствующей доработке мини-ТЭЦ может работать в широком диапазоне соотношения выработки тепловой и электрической нагрузки от режима передвижной котельной до режима передвижной электростанции. Для этого ее необходимо укомплектовать воздушной градирней и баками-аккумуляторами, в зимнее время в них должна быть низкотемпературная жидкость.

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ

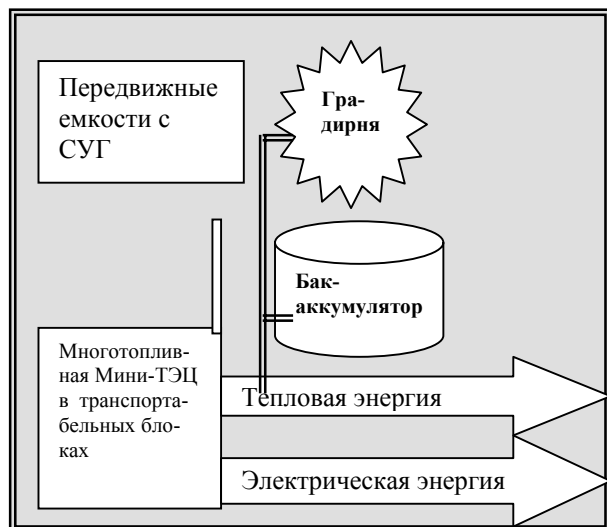


Рис.2 Состав передвижной мини-ТЭЦ

ВАРИАНТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Рационально рассмотреть две основные группы вариантов экономичной организации энергоснабжения объектов в зоне катастроф и чрезвычайных ситуаций. Первая группа включает варианты, когда собственником мини-ТЭЦ является МЧС, вторая – собственником является стационарный энергетический объект большой или средней мощности. В первом случае МЧС (арендодатель) сдает мини-ТЭЦ в аренду арендодателю для эксплуатации на крупном или среднем энергетическом предприятии в обычное время по одному из вариантов:

- аренда мини-ТЭЦ по операционному варианту с передачей в оперативное управление арендодателю с техническим и ремонтным обслуживанием арендодателя;
- аренда мини-ТЭЦ по операционному варианту с передачей в оперативное управление арендодателю без технического и ремонтного обслуживания арендодателем;
- аренда при операционном, техническом и ремонтном обслуживании арендодателем
- за счет предоставления в аренду своих помещений, вспомогательного оборудования и сетей собственнику мини-ТЭЦ с покупкой у него тепловой и электрической энергии.
- за счет лизинга и последующей передачи в аренду.

При возникновении необходимости в передвижной мини-ТЭЦ МЧС забирает ее для оперативного энергоснабжения в зоне чрезвычайных ситуаций. Соотношение мощности передвижной мини-ТЭЦ и энергетического

объекта выбирается таким образом (10-20%), чтобы изъятие мини-ТЭЦ не сказалось катастрофически на работе этого объекта. В зоне катастрофы используется резервное топливо из передвижных емкостей с пополнением их при необходимости из газовозов и автоцистерн. После ликвидации чрезвычайной ситуации и ее последствий при налаживании собственного производства энергии в этой зоне мини-ТЭЦ возвращается на предприятие-арендодателя, где опять начинается ее постоянная эксплуатация на основном топливе - природном газе.

По второй группе вариантов наоборот, мини-ТЭЦ принадлежит энергетическому предприятию или энергетическому подразделению промышленного предприятия (арендодателю), а МЧС является арендодателем только на период ликвидации чрезвычайной ситуации. И здесь возможны различные варианты материально-технического снабжения, оперативного управления, как сотрудниками арендодателя, так и арендодателя.

При реализации любого из вариантов стоимости энергии при ликвидации чрезвычайной ситуации будет значительно ниже по сравнению с вариантом, когда мини-ТЭЦ будет принадлежать МЧС и будет использоваться только в периоды ликвидации ЧС, простаивая остальное время.

ПЕРЕДВИЖНЫЕ ГАЗОПОРШНЕВЫЕ МИНИ-ТЭЦ

Холдинговая компания ОАО «Барнаултрансмаш» с использованием потенциала АлтГТУ разработала мини-ТЭЦ на базе газопоршневого агрегата МТП 315/450. Фотография МТП 315/450 и ее основные технические характеристики приведены на рис.3 и таблице 1.

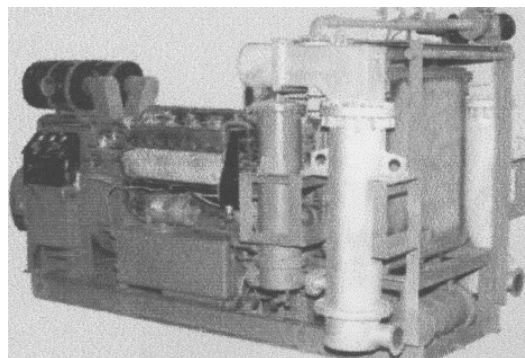


Рис.3. Фотография МТП 315/450

Газопоршневые машины как за рубежом, так и в России, уже длительное время используются в качестве источников тепловой и электрической

энергии [1-7]. Газопоршневые двигатели использовались в основном на судах и в стационарных объектах в качестве резервного источника электрической энергии. Сейчас технология применения газовых двигателей переживает в России свое второе рождение. Россия, имеющая колоссальные

запасы природного газа, а также испытывающая потребность в электроснабжении удаленных районов имеет реальную возможность решения проблем электроснабжения с помощью газопоршневых электростанций (ГПЭС) и мини-ТЭЦ.

Таблица 1. Основные технические характеристики МТП ХК ОАО «Барнаултрансмаш»

Наименование параметра	МТП		
	100/ 150	220/ 300	315/ 450
Внешние условия, допустимые при работе: - температура воздуха на входе, °С - барометрическое давление, мм. рт. ст. - относительная влажность воздуха при 25 °С, %	-50...+40 674 (до 1000 м над уровн. моря) 70		
Номинальная мощность двигателя, кВт	108	216	342
Номинальная электрическая мощность, кВт	100	200	315
Номинальная тепловая мощность, кВт (Гкал/ч)	150 (0,1)	300 (0,2)	450 (0,4)
Номинальная суммарная мощность, кВт	250	500	765
Частота вращения вала, мин ⁻¹	1500		
Направление вращения колчатого вала	по часовой стрелке		
Равномерность хода двигателя	0,008		
Диаметр цилиндра/ход поршня, мм	150/180		
Число цилиндров	6	12	12
Число тактности	4		
Пусковое устройство	Электр. стартер		
Время набора полной нагрузки, сек	15		
Вид топлива	Прир. газ, диз. топливо, биогаз		
Время перехода на другое топливо, мин	15		
Максимальный расход природного газа на номинальной мощности, нм ³ /ч	35	70	110
Максимальный расход дизельного топлива на номинальной мощности, кг/ч	27,8	53,4	85
Основное масло по ГОСТ 12337-84	М-14В2		
Удельный расход масла на угар, отнесенный к номинальной суммарной мощности, г/кВт ч, не более	0,8±1,0		
Объем масла в системе, л	75		
Давление масла, кгс/см ²	6 0,5		
Температура масла на выходе, °С	85		
Температура выхлопных газов, °С	450		

Температура охлаждающей жидкости на выходе из двигателя, °С	85		
Объем жидкости в системе охлаждения, л	55	75	75
Гарантийная наработка, моточас	8 000		
Назначенный ресурс двигателя до первой переборки, моточас	7000-8000		
Назначенный ресурс двигателя до капитального ремонта, моточас	40 000		
Капитальный ремонт двигателя по истечении 40 000 ч работы. Решение о проведении ремонта принимается после осмотра двигателя и в случае хорошего фактического состояния срок его эксплуатации может быть продлен. Капитальный ремонт включает в себя полный объем технологических мероприятий с заменой запчастей для восстановления характеристик	может осуществляться ОАО ХК Барнаултрансмаш или специализированными предприятиями		
Номинальная электрическая мощность мини-ТЭЦ, кВт			315
Минимальная электрическая мощность, допускаемая при длительной работе, кВт			125
Максимальная электрическая мощность, кВт			345
Род тока	переменный, трехфазный		
Частота тока, Гц	50		
Номинальное напряжение	400		
Номинальный ток, А			568
Пределы изменения установившегося напряжения при автоматическом и ручном регулировании, % от номинального	90-105		
Нормы качества электрической энергии	в соответствии с ГОСТ 13822-82		
Мощность пускаемого от ненагруженного агрегата прямым включением асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, кВт			190
Степень автоматизации по ГОСТ 14228-80	1 и 2		
Габаритные размеры электроагрегата, мм - длина - ширина - высота			3275 1200 1645
Масса сухой мини-ТЭЦ (без учета управления и УБ, укрытия), кг			3400

ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ

В связи с существенным улучшением технических характеристик, полной автоматизацией работы, переводом на природный газ газопоршневые мини-ТЭЦ становятся во многих условиях конкурентоспособными с самыми современными паросиловыми установками, с газотурбинными установками. Эти электростанции имеют большой ресурс (100 тысяч и более часов), низкую стоимость эксплуатационных расходов, низкую стоимость установленной мощности, себестоимость электроэнергии, отсутствуют высокие температуры, давления, моменты инерции, ресурс, экологически приемлемы, мобильны. Имеют широкий диапазон рабочих режимов - от 15-20% до 110% процентов номинальной мощности при пропорциональном расходе топлива. Уже сейчас средняя мощность Российской электростанции составляет всего 340 кВт. Суммарная мощность малых электростанций достигает 17 млн. кВт или 8% общей электрической мощности российских электростанций. В США мощность ежегодно вводимых малых станций составляет 30% от общей вводимой мощности. Таким образом, применение малых и средних мощностей является актуальным.

Для сибирского региона перспективными являются мини-ТЭЦ экономичного класса и среди них –производства ХК ОАО «Барнаул-трансмаш». Это основной и резервный стационарный источник переменного 3-х фазного тока и тепловой энергии. Система смазки – циркуляционная, с "сухим" картером. Агрегат снабжен расходным маслобаком и электронасосом предпусковой прокачки системы. Пуск агрегата осуществляется электростартером. Для зарядки аккумуляторных батарей двигатель снабжен зарядным генератором переменного тока со встроенным выпрямителем, регулятором напряжения и устройством подавления помех радиоприему. Любой применяемый газ должен иметь метановое число не менее 30 и подаваться в двигатель под давлением 1,0 - 2,5 кгс/см².

Для нагрева теплоносителя (сетевой воды) в утилизационном блоке используется охлаждающая жидкость и выхлопные газы двигателя. Регулирование тепловой мощности происходит автоматически в зависимости от мощности вырабатываемой электрической энергии. Допускается работа без выработки тепловой энергии. Все модификации мини-ТЭЦ имеют автоматическое и ручное регулирование напряжения и частоты тока, автоматическое регулирование температуры охлаждающей жидкости, автоматическую подзарядку аккумуляторных батарей, автоматическую защиту силового генератора от короткого за-

мыкания и перегрузки по току. Конструкция электроагрегата мини-ТЭЦ обеспечивает возможность параллельной работы с идентичными по характеристикам агрегатами и промышленной электросетью.

В зависимости от степени автоматизации агрегат совместно со щитами управления обеспечивает "1" степень автоматизации или местное ручное управление (пуск, останов, прием нагрузки), визуальный контроль параметров, аварийную сигнализацию и защиту по параметрам: перегрев охлаждающей жидкости и масла, падение давления масла и разнос.

При "2" степени автоматизации обеспечивается автоматический пуск, включая пуск по исчезновению (падению) напряжения в контролируемой сети, автоматический прием нагрузки, автоматический контроль и защиту по параметрам: перегрев охлаждающей жидкости и масла, падение давления масла и разнос, а также индикацию состояния и визуальный контроль параметров агрегата. Имеется местное ручное управление.

С мини-ТЭЦ поставляются щит (система) управления, комплект аккумуляторных батарей, комплект запасных частей, комплект эксплуатационных документов. По желанию потребителей мини-ТЭЦ за дополнительную плату может быть укомплектована системой поддержания в "горячем резерве" с электронагревателем типа ТЭН с питанием от постороннего источника напряжением 380 В, монтажным комплектом узлов и деталей (газоотводящие литые колена с ответными фланцами, прокладками, крепежом, а также фундаментные болты).

Параметры дымности и токсичности отработавших газов мини-ТЭЦ удовлетворяют требованиям ГОСТ24028-80, ГОСТ24585-81 и значительно ниже параметров агрегатов с дизельным двигателем. Мини-ТЭЦ адаптирована к тепловым сетям массовых потребителей тепла. Возможна работа мини-ТЭЦ на сжиженных углеводородных газах, биогазе, синтетическом газе, рапсовом масле и некоторых других жидких топливах, которые необходимо указать в заказе.

Мини-ТЭЦ могут выполняться как в существующих стационарных помещениях, так и в перемещаемых боксах, а также устанавливаться на «колесах». На рис.4. приведена фотография мини-ТЭЦ в укрытии. Таким образом, указанные мини-ТЭЦ можно использовать как передвижные, используя их основное время на крупных и средних предприятиях, а при необходимости – для энергоснабжения в зонах катастроф.

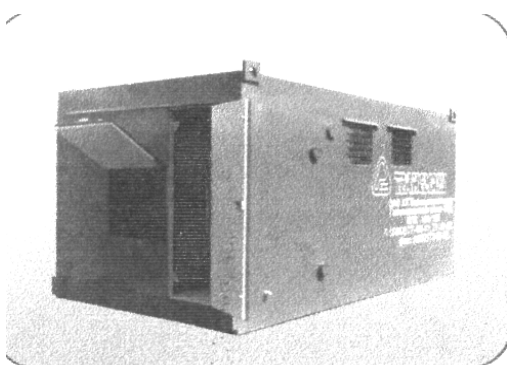


Рис.4. Фотография мини-ТЭЦ ХК ОАО «Барнаултрансмаш» в укрытии

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНВЕСТИЦИЙ

Для обоснования экономичности такого использования передвижных мини-ТЭЦ на основании общепринятых методик, формул и зависимостей была разработана математическая модель, а впоследствии на ее основе и приложение «Инвестиции в строительство мини-ТЭЦ на базе газопоршневых агрегатов и газотурбинных установок». Основные положения математической модели соответствуют движению средств в инвестиционной, операционной и финансовой деятельности. Для построения математической модели сложных энергетических объектов используется методология системного подхода [8,9]. Декомпозиция процесса создания и эксплуатации мини-ТЭЦ может быть представлена следующими подсистемами:

- подсистема теплового и электрического оборудования передвижной мини-ТЭЦ, включая аккумуляторы тепловой, а в будущем и электрической энергии, градирню;
- подсистема присоединенной тепловой сети с теплотрассой, включая аккумуляторы тепловой энергии, часовые, месячные и годовые нагрузки, распределение продукции на товар для других и продукт для себя, графики работ оборудования, число часов использования оборудования;
- подсистема окружения, включающая индексы на основное и резервное топливо, тепло, электрическую энергию и другие ресурсы, дивиденды, инфляцию и дисконтирование, взаимодействие с региональным поставщиком энергоресурсов при работе на энергетическом объекте и в зоне чрезвычайной ситуации ;
- подсистема операционной деятельности, включая определение себестоимости,

валовой прибыли, формирование налогов при обоих режимах работы;

- подсистема кредитования, лизинга и аренды, включая выплаты тела кредитов, процентов, лизинговых и арендных платежей, движения денежных средств, включая накопление, дисконтирование, сопоставление тарифов с тарифами окружения, расчет сроков окупаемости, внутренней нормы доходности и чистого дисконтированного дохода.

Упрощенный вариант связей граф подсистем показан на рис. 5.

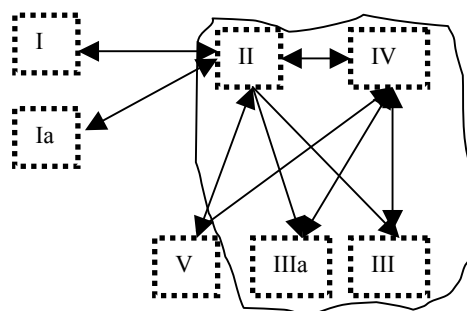


Рис. 5. Графы связей подсистем: I - подсистема присоединенной тепловой сети с теплотрассой, включая аккумуляторы тепловой энергии на энергетическом предприятии; Ia - подсистема присоединенной тепловой сети с теплотрассой, включая аккумуляторы тепловой энергии на объекте в зоне катастрофы; II - подсистема теплового и электрического оборудования мини-ТЭЦ; III - подсистема окружения на стационарном объекте; IIIa- подсистема окружения на объекте в зоне катастрофы; IV - подсистема операционной деятельности; V - подсистема кредитования, лизинга и аренды

Математическая модель следует в экономической части канонам бизнес-плана, но за минимальный период времени принимает не месяц, а полгода или год. Имеется блок для расчета проекта по лизингу или кредиту. Основные варианты модели разработаны для вариантов покупки мини-ТЭЦ за счет собственных средств, лизинга, взятия или сдачи в кредит, максимально короткого срока выплаты кредита и минимально возможно низкого тарифа для потребителя на тепловую и электрическую энергию. Предприятие должно получать прибыль на продаже производимой им основной продукции, тепловая и электрическая энергия являются для него составляющими затрат на производство. Поэтому предприятие заинтересовано в минимизации этих затрат, низкой себестоимости, и с этой точки зрения срок окупаемости должен быть равен сроку службы мини-ТЭЦ. Для оценки эффек-

**ВАРИАНТЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ МИНИ-ТЭЦ**

тивности проекта используется условный доход, равный разнице в стоимости тепловой и электрической энергии по тарифам регионального поставщика энергии и «тарифом» мини-ТЭЦ. В связи с этим и по условиям инвестиционной привлекательности проекта по аренде мини-ТЭЦ во многих случаях целесообразно выделить энергетический объект производителя в отдельное самостоятельное предприятие. Это позволит привлечь лизинговые или кредитные финансы для реализации проекта строительства мини-ТЭЦ.

Совершенно другие мотивации у энергетического предприятия с мини-ТЭЦ, продающих тепловую и электрическую энергию как товар другим предприятиям. В этом случае срок окупаемости проекта должен быть минимальным, дивиденды – больше, соответственно тарифы возрастут.

До реализации идеи свободного доступа в региональную (городскую) сеть производителя энергоресурсов и государственного подхода к взаимодействию передвижных мини-ТЭЦ и региональной сети необходимо рассматривать так называемый «нулевой вариант». Он состоит в том, что в часы пиковой нагрузки по электрической энергии предприятие покупает у региональной энергоснабжающей организации недостающее количество энергии, а когда потребление становится меньше мощности мини-ТЭЦ – продает ей взятое количество энергии. В целом по году баланс купленной и проданной энергии равен нулю. При этом сглаживается конфликт с региональной энергоснабжающей организацией, которая получает определенную денежную компенсацию и ограничение «упущенной» выгоды от собственной выработки. При покрытии электрической нагрузки только в режиме полного самообеспечения, без взаимодействия с региональной энергоснабжающей организацией средняя мощность мини-ТЭЦ составит только 55,6 % от номинальной. Поэтому во многих случаях целесообразно устанавливать оборудование на электрическую мощность не более 20-40 % от максимальной. Число часов использования дорогостоящего оборудования мини-ТЭЦ на энергетическом объекте должно быть не менее 5000 часов с оптимумом в районе 7000-8000 часов в год.

Приведем некоторые данные по проекту передвижной мини-ТЭЦ для района новой застройки в районе речного вокзала. Тепловая нагрузка – на отопление, горячее водоснабжение, технологию и холодоснабжение жилых элитных домов, торгового центра и

гостиницу. В мини-ТЭЦ запроектирована установка 4 газопоршневых агрегатов МТП 315/400 ХК ОАО «Барнаултрансмаш», двух водогрейных котлов мощностью по 2 Гкал/ч, прокладка 1 км газопровода и 2 км тепло-трасс. Оценка капвложений в млн. руб. приведена в таблице 2.

Таблица 2. Капвложения в мини-ТЭЦ

Разделы вложений	МТП 315/400 млн. руб.	Водогр. котел млн. руб.	Газопровод млн. руб.	Теплотрасса млн. руб.
Проект, согласования	0,08	0,2	0,1	0,15
Оборудование энергетическое	1,05	2	0,65	0,95
Механические вспомогател. системы	0,2	0,2		
Электрическая система и система управлен.	0,3	0,2	0,1	0,1
Строительство и архитектура	0,35	0,4	0,65	0,95
Пусконаладка и гарантийная поддержка	0,2	0,2	0,2	0,2
Запчасти на год работы	0,1	0,1	0,05	0,05
ИТОГО на единицу оборудования	2,28	3,30	1,75	2,40
Итого стоимость оборудования	9,12	6,6	1,75	4,8

Стоимость мини-ТЭЦ составит 22,27 млн. руб. Тепловая мощность – 5,4 Гкал/ч, электрическая – 1,26 МВт.

Тарифы регионального поставщика электрической энергии для хозяйствующих субъектов на ближайший период оценены в 1,14-1,3 руб/кВт·ч, на передвижных мини-ТЭЦ на энергетическом объекте при работе на природном газе себестоимость будет 0,53-0,6 руб/кВт·ч, тариф – 0,59-0,71 руб/кВт·ч. По тепловой энергии тарифы регионального поставщика для хозяйствующих субъектов на ближайший период оценены в 453-600 руб/Гкал, на передвижных мини-ТЭЦ на энер-

гетическом объекте при работе на природном газе себестоимость будет 267-284 руб/Гкал, тариф – 295-352 руб/Гкал. Расчеты проведены для предприятия, у которого тепловая и электрическая энергия используются как энергоресурсы для производства. Таким образом, эксплуатация передвижной мини-ТЭЦ является экономически целесообразной для энергетического объекта, несмотря на перемены, обусловленные ее эксплуатацией в зонах чрезвычайных ситуаций.

При работе на пропанобутановой смеси в зонах чрезвычайных ситуаций себестоимость электрической и тепловой энергии может вырасти до 3 раз, при работе на дизельном топливе - до 4 раз. Несмотря на столь резкое увеличение себестоимости она все-таки окажется ниже, чем передвижных электростанций, не использующих тепло. Кроме этого, необходимо дополнительно оценить ущерб от отсутствия энергоснабжения в зонах катастроф и чрезвычайных ситуаций в первый период и в период ликвидации последствий. Для более точных расчетов необходимы конкретные условия использования указанных мини-ТЭЦ в зоне катастроф.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев П.А., Яковлев Г.В. Развитие электростанций с поршневыми двигателями за рубежом // Электрические станции, 2001, № 10. – С. 68-73.

2. В.Т. Бордуков, М.И. Левин, Отечественное дизелестроение и проблемы малой энергетики // Двигателестроение, 1997, № 4 –С. 3-4.

3. С.К. Алейников, Е.В. Дмитриевский. Электрические станции на базе мощных малооборотных дизелей - перспективное направление энергетики // Двигателестроение, 1997, № 4 –С. 4-7

4. В.А. Шляхтов, А.И. Коньков, В.Р. Пургин. Когенерационные установки фирмы «Русский дизель» // Двигателестроение, 1997, № 4. –С. 7-9.

5. Разуваев А.В. Экономическая эффективность эксплуатации ДВС с системой утилизации тепла // Двигателестроение, 2000, № 3. – С. 37-38.

6. Кривов В.Г., Агафонов А.Н. Предложения по созданию комбинированных малых теплоэлектростанций на базе поршневых и газотурбинных двигателей с утилизацией теплоты // Двигателестроение, 1998, № 2. – С. 3-5.

7. Антошкин А.С. Применение мини-ТЭЦ для резервного и основного тепло- и электроснабжения // Двигателестроение, 1998, № 4. – С. 10-12.

8. Моисеев Н.Н. Математические методы системного анализа. М.: Наука 1981.

9. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. М.: Энергия. 1978.

10. С.П. Байкалов, В.В. Логвиненко, Д.Д. Матиевский. Роль и место когенерационных установок в концепции развития энергетики Алтайского края // Двигателестроение №4, 1998. – С. 5-6

11. В.В. Логвиненко, Ю.С. Червяков, Д.Д. Матиевский, С. М. Кисляк. Техничко-экономические показатели мини-ТЭЦ на базе когенерационных установок ОАО «Барнаултрансмаш» Двигателестроение №4, 1998.