

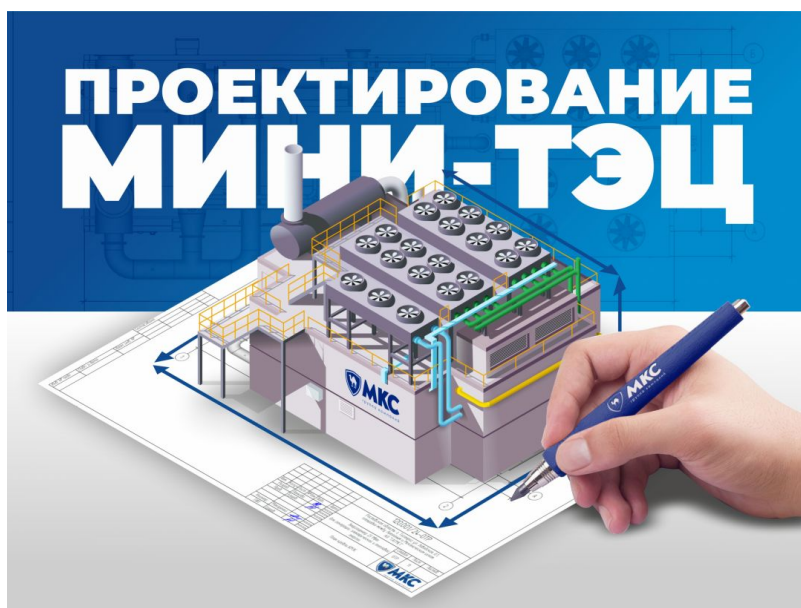
Проектирование мини-ТЭЦ

30 мая 2025

Проектирование мини-ТЭЦ (мини-теплоэлектроцентрали) — это многоэтапный процесс, включающий анализ текущих условий на предприятии, разработку технических решений, подготовку проектной документации и выполнение согласований. Данная статья поможет понять для чего необходимо проектирование мини-ТЭЦ, какие этапы проектирования предстоят, какие данные необходимо собрать, а также как оценить экономическую эффективность проекта. Это важно, потому что правильно спроектированная мини-ТЭЦ обеспечивает долгосрочную экономию, энергетическую независимость и контроль над затратами на энергоснабжение.

Основные термины и определения проектирования

Мини-ТЭЦ (мини теплоэлектроцентральный) — компактная электростанция, обеспечивающая предприятие электроэнергией и теплом, снижает затраты на энергоснабжение и повышает энергетическую независимость.



Проектирование мини тэц

Этапы проектирования

Таблица основных этапов проектирования мини-ТЭЦ

№	Этап проектирования	Цель	Основные виды работ	Результат
1	Предпроектное обследование	Сбор исходных данных, оценка технической и экономической целесообразности строительства мини-ТЭЦ	- Выезд специалиста на объект - Инженерные изыскания (геология, геодезия, экология и пр.) - Оценка точки подключения - Анализ потребностей заказчика - Предварительный подбор оборудования	Заключение о возможности реализации проекта, технический отчёт, схемы и рекомендации. Решение о переходе к стадии ОТР.
2	Разработка и согласование стадии ОТР (Основные технические решения)	Определение базовой концепции проекта и принципиальных решений по технологическим, электротехническим, строительным системам мини-ТЭЦ	- Разработка схем технологического процесса - Подбор основного и вспомогательного оборудования - Схемы подключения к сетям - Концептуальные решения по размещению - Предварительная смета	Документ «Основные технические решения» (ОТР), согласованный с заказчиком и ключевыми службами. Переход к стадии "П".
3	Разработка и согласование стадии «П» (Проектная документация)	Получение разрешений и прохождение экспертизы, обеспечение соответствия требованиям регламентов и норм	- Подготовка проектной документации по 12 разделам в соответствии с Постановлением №87 - Разделы по ОВОС, ПБ, энергоэффективности и др. - Согласование с сетевыми и газораспределительными организациями	Полный комплект проектной документации (стадия "П"), утверждённый заказчиком и поданный на экспертизу. Переход к стадии "Р".

4	Разработка и согласование стадии «Р» (Рабочая документация)	Подготовка подробной документации для строительства и монтажа мини-ТЭЦ	- Разработка рабочих чертежей (КМ, КЖ, ЭОМ, АТХ, СС и т.д.) - Спецификации оборудования и материалов - Планы монтажа - Расчёты нагрузок, гидравлики, схемы автоматизации	Рабочая документация, утверждённая заказчиком и допущенная к строительству. Переход к строительным работам и экспертизе ПБ.
5	Экспертиза промышленной безопасности	Получение заключения Ростехнадзора о соответствии проектной документации требованиям промышленной безопасности	- Подготовка и подача пакета документов в экспертную организацию - Взаимодействие с Ростехнадзором - Устранение замечаний экспертов (при необходимости)	Положительное заключение экспертизы промышленной безопасности. Основание для начала строительно-монтажных работ.
6	Авторский надзор	Обеспечение соответствия строительно-монтажных работ проектной документации	- Регулярные выезды проектировщика на объект - Проверка соответствия выполняемых работ проекту - Ведение журнала авторского надзора - Консультации и корректировки по ходу работ	Подтверждение соответствия строительства проекту, закрытые акты авторского надзора. Этап завершается с окончанием строительства.
7	Технический надзор (от заказчика)	Контроль качества, сроков и объёмов СМР, соответствие нормам строительства	- Контроль выполнения работ подрядчиками - Проверка качества материалов - Участие в приёмке скрытых работ - Проверка исполнительной документации	Отчёты технадзора, подписанные акты приёмки этапов работ. Продолжается до сдачи объекта.

Этапы "разработки и согласований стадии проектной документации" и "авторского надзора" являются вариативными и выполняются по требованию заказчика.

Виды инженерных изысканий

На этапе предпроектного обследования проектирования, после выезда специалиста, производятся инженерные изыскания.

Таблица с детальным описанием различных видов изысканий, необходимых до начала этапа разработки и согласования стадии ОТР.

Направление изысканий	Цель	Основные виды работ	Результат
Геодезические изыскания	Точное определение координат участка, учет рельефных особенностей и создание топографической основы для проектирования.	Топографическая съемка территории; определение координат поворотных точек; построение планов и профилей местности; создание цифровых моделей рельефа.	Топографический план масштаба 1:500 или 1:1000; данные для проектирования фундаментов и размещения оборудования.
	Оценка несущей способности грунтов, глубины залегания грунтовых вод и расчет нагрузок на фундамент.	Бурение инженерно-геологических скважин; лабораторный анализ проб грунта; определение физико-механических характеристик почвы; исследование сейсмической активности.	Геологический отчет; данные для расчета фундаментов и выбора строительных материалов.

Гидрогеологические изыскания	Определение уровня грунтовых вод, их химического состава и воздействия на строительные конструкции.	Измерение уровня грунтовых вод; анализ химического состава воды; оценка возможности дренажа и водоотведения.	Гидрогеологический отчет; данные для проектирования дренажных систем и фундаментов.
Климатологические изыскания	Оценка климатических параметров, влияющих на надежность и эффективность работы оборудования.	Сбор метеорологических данных; анализ сезонных колебаний температуры, влажности и давления; изучение розы ветров и осадков.	Климатологический отчет; данные для выбора теплоизоляционных материалов и систем охлаждения.
Экологические изыскания	Определение воздействия проекта на окружающую среду, включая выбросы, шум и вибрации.	Исследование состояния почвы, воздуха и воды; оценка уровня шума и вибрации; анализ влияния на флору и фауну.	Экологический отчет; данные для получения экологических разрешений и согласований.
Технические изыскания	Оценка состояния существующих инженерных сетей и коммуникаций на участке.	Проверка состояния электрических сетей; изучение газопроводов, водопроводов и канализационных систем; анализ возможностей подключения к внешним сетям.	Технический отчет; данные для проектирования инженерных сетей и выбора схем подключения оборудования.

Основные этапы проведения инженерных изысканий:

Полевые работы	Проведение замеров и исследований на месте строительства, бурение скважин, установка реперов, отбор проб грунта и воды.
Камеральные работы	Обработка собранных данных, построение цифровых моделей, расчет нагрузок на фундамент, подготовка отчетов.
Аналитический этап	Сравнение полученных данных с нормативами, оценка потенциальных рисков и ограничений, подготовка рекомендаций для проектировщиков.
Согласование и утверждение	Передача отчетов заказчику, получение разрешений и согласований для продолжения проектных работ.

Результаты инженерных изысканий:

Документ	Содержание	Назначение
Топографический план	Детализированная карта участка, отражающая рельеф, существующие постройки, коммуникации и границы территории.	Основа для проектирования фундаментов, сетей и размещения оборудования.
Геологический отчет	Данные о составе, прочности и водонасыщенности грунтов, рекомендации по выбору фундамента.	Основной документ для расчетов строительных конструкций.
Гидрогеологический отчет	Информация о глубине залегания грунтовых вод, химическом составе и возможном влиянии на конструкции.	Основной источник данных для проектирования дренажных систем и защиты фундаментов.
Климатологический отчет	Данные о температурных режимах, скорости ветра, уровне осадков и влажности.	Основной документ для выбора теплоизоляции и систем охлаждения.
Экологический отчет	Оценка влияния объекта на окружающую среду, уровень шума и выбросов, рекомендации по снижению негативного воздействия.	Требуется для получения экологических разрешений и согласований.

Технический отчет	Описание состояния инженерных сетей и коммуникаций, рекомендации по их модернизации и подключению новых мощностей.	Используется для разработки схем подключения оборудования и оптимизации энергоснабжения.

Результат инженерных изысканий:

Проведение инженерных изысканий позволяет минимизировать риски, связанные с неправильным выбором места для строительства, повысить надежность фундамента и инженерных систем, а также снизить затраты на эксплуатацию оборудования. Эти данные также необходимы для получения разрешений на строительство и подключения к инженерным сетям.

Разработка технического задания (ТЗ)

Разработка технического задания (ТЗ) — один из ключевых этапов проектирования мини-ТЭЦ, который определяет основные технические требования к объекту, функциональные параметры оборудования и условия эксплуатации. Правильно составленное ТЗ позволяет значительно сократить сроки проектирования, минимизировать риск ошибок и обеспечить высокое качество будущего энергокомплекса.

Цели и задачи разработки ТЗ

Цель ТЗ	Основные задачи
Определение технических параметров объекта	Установить требуемые мощностные характеристики оборудования, учесть особенности работы в заданных климатических и геологических условиях.
Учет требований заказчика	Отразить конкретные требования клиента, включая ограничения по стоимости, срокам реализации и особенностям эксплуатации.
Оптимизация энергетической эффективности	Обеспечить минимальные удельные расходы топлива, максимальный КПД и гибкость работы в различных режимах.
Соблюдение нормативных требований	Учесть все актуальные ГОСТы, СНиПы и правила безопасности для энергокомплексов.
Создание основы для проектирования	Сформировать документ, который станет основой для разработки проектной и рабочей документации.

Основные разделы ТЗ

Раздел ТЗ	Описание	Основные параметры
Общие сведения	Общая информация об объекте, включая его местоположение, назначение и основные характеристики.	Наименование объекта, адрес, цель создания, ключевые показатели (мощность, площадь, число сотрудников).
Технические требования	Основные требования к оборудованию, включая электрическую и тепловую мощность, КПД, тип используемого топлива.	Мощность (электрическая и тепловая), тип топлива, КПД, требования к надежности, срок службы оборудования.
Требования к подключению	Условия подключения к внешним инженерным сетям, требования к качеству энергоснабжения.	Уровень напряжения, частота тока, схема подключения, требования к резервированию.
Эксплуатационные условия	Описание условий эксплуатации, включая климатические особенности, требования к устойчивости к внешним воздействиям.	Диапазон температур, уровень влажности, устойчивость к вибрациям и пыли, требования к уровню шума.
Безопасность и экологичность	Требования к безопасности эксплуатации, охране труда и охране окружающей среды.	Ограничения по выбросам, шуму, пожарная безопасность, системы автоматической защиты.
Сроки и этапы реализации	Установление сроков выполнения отдельных этапов проектирования и строительства.	Сроки выполнения работ, этапы согласований, график поставок оборудования.
Экономические показатели	Ожидаемая экономическая эффективность проекта, расчет окупаемости.	Срок окупаемости, экономия затрат, предполагаемая прибыль.

Подготовка и согласование ТЗ

Подготовка технического задания включает следующие этапы:

1. **Сбор исходных данных** — результаты инженерных изысканий, данные предпроектного обследования, требования заказчика.

2. **Формирование требований к оборудованию** — выбор оптимальных технических решений на основе анализа аналогичных объектов.
3. **Определение режимов работы** — выбор параллельного или автономного (островного) режима в зависимости от целей проекта.
4. **Согласование с заказчиком** — обсуждение и утверждение всех разделов ТЗ, включая мощностные параметры, требования к надежности и стоимости.
5. **Утверждение ТЗ** — официальное закрепление документа, который станет основой для дальнейших проектных работ.

Утверждённый документ ТЗ включает:

- Технические характеристики оборудования (электрическая и тепловая мощность, КПД, тип топлива).
- Требования к подключению к внешним инженерным сетям и коммуникациям.
- Параметры эксплуатации (диапазон температур, уровень влажности, допустимый уровень шума).
- Требования к безопасности и экологичности (ограничения по выбросам, требования к системам автоматической защиты).
- Экономические показатели (расчет окупаемости, планируемая экономия затрат).
- График выполнения работ (сроки проектирования, строительства и ввода в эксплуатацию).
- Формализованный документ — это электронный формат официального документа, сформированный в соответствии с утверждённым форматом ФНС. Он обладает чётко структурированной формой и содержанием.

Пример ТЗ для мини-ТЭЦ мощностью 1 МВт

Параметр	Описание	Пример значений
Электрическая мощность (Pe)	Максимальная электрическая мощность ТЭЦ.	1 МВт ± 5%
Тепловая мощность (Q)	Максимальная тепловая мощность, необходимая для отопления или технологических процессов.	1-2 МВт (в режиме когенерации)
Тип топлива	Тип используемого топлива (природный газ, биогаз, дизельное топливо).	Природный газ, давление 0,3-0,6 МПа

Удельная стоимость топлива (Стоп)	Цена топлива за единицу энергии (руб/м ³ , руб/кг).	4-5 руб/м ³ для природного газа
КПД электрический (η_e)	Коэффициент полезного действия для выработки электричества.	38-45%
КПД общий (η_o)	Коэффициент полезного действия, учитывающий совокупную выработку электричества и тепла.	Не менее 85%
КПД тепловой (η_t)	Коэффициент полезного действия для выработки тепла.	40-50%
Удельный расход топлива (В)	Количество топлива, необходимое для выработки 1 кВт электроэнергии.	0,2-0,25 м ³ /кВт·ч
Потребление электроэнергии предприятием	Среднесуточное и максимальное потребление электроэнергии.	0,8-1,2 МВт
Пиковые нагрузки	Максимальные нагрузки в отдельные периоды работы.	1,2-1,5 МВт
Срок службы оборудования	Средний срок службы оборудования до капитального ремонта.	Не менее 60 000 часов
Режим работы	Непрерывный или циклический режим эксплуатации.	Непрерывный, 8000 часов в год
Уровень шума	Допустимый уровень шума на определенном расстоянии от оборудования.	Не более 85 дБ на расстоянии 1 м
Температурный диапазон эксплуатации	Диапазон температур, при которых оборудование может эффективно работать.	От -40 до +40 °С
Система охлаждения	Тип системы охлаждения (воздушное, жидкостное, гибридное).	Воздушное или жидкостное охлаждение
Требования к выбросам	Допустимые уровни выбросов загрязняющих веществ.	Соответствие нормативам ПДВ (предельно допустимых выбросов)

Резервирование	Возможность подключения к внешним сетям для аварийного питания.	Возможность работы с внешним источником
Срок ввода в эксплуатацию	Время, необходимое для ввода оборудования в эксплуатацию.	Не более 6 месяцев с момента утверждения проекта
Экономическая эффективность	Показатели окупаемости и доходности объекта.	Срок окупаемости не более 3 лет
Гарантии	Период безотказной работы при соблюдении условий эксплуатации.	Минимум 2 года безотказной работы
Условия окружающей среды	Температура, влажность, высота над уровнем моря.	-20°C до +30°C, высота до 200 м
Резервное топливо	Альтернативный вид топлива при отсутствии основного.	Пропан-бутан, дизельное топливо

Схема мини-ТЭЦ

Используется для разработки и согласования технического задания, а также для определения компоновки оборудования и основных технологических узлов.

Схема мини-ТЭЦ включает следующие элементы:

- Расположение основного оборудования (генераторов, двигателей, теплообменников).
- Схемы подачи и распределения топлива.
- Системы охлаждения и теплоутилизации.
- Трассы электрических кабелей и трубопроводов.
- Системы автоматики и управления.
- Шумозащитные и виброзащитные элементы.

Схема также учитывает режимы работы (автономный, параллельный, островной) и особенности размещения (контейнер, блок-модуль, кожух, водная платформа и т.д.).

Выбор режима работы мини-ТЭЦ

В процессе проектирования, на этапе разработки технического задания (ТЗ), необходимо выбрать режим работы мини-ТЭЦ. Всего два варианта режима работы, параллельно с сетью и автономный (островной режим).

Параллельная работа с сетью — режим, при котором мини-ТЭЦ подключена к централизованной электросети и может как потреблять, так и передавать электроэнергию в сеть.

Преимущества параллельного режима работы мини-ТЭЦ с сетью:

- Возможность продажи излишков электроэнергии в сеть.
- Гарантия бесперебойного питания при наличии внешней сети.
- Более гибкое управление мощностью и оптимизация энергопотребления.

Недостатки:

- Зависимость от внешней электросети.
- Необходимость сложной синхронизации и настройки оборудования для стабильной работы.
- Требования к качеству электрической энергии (частота, напряжение) в сети.

Автономный режим (островной) — мини-ТЭЦ полностью независима от внешней сети и обеспечивает предприятие энергией локально. Такой режим часто используется для объектов, расположенных вдали от централизованных электросетей или в случаях, когда необходимо обеспечить полную энергетическую независимость.

Преимущества автономного режима работы мини-ТЭЦ:

- Полная энергетическая независимость.
- Возможность работы при отключении внешних сетей.
- Повышенная надёжность электроснабжения в условиях нестабильных внешних сетей.

Недостатки:

- Необходимость резервирования мощности для обеспечения надёжности.
- Более сложное управление нагрузками и генерацией.
- Требуется дополнительных мер для поддержания стабильности частоты и напряжения.

Типы конструкций мини-ТЭЦ

При разработке **базовых технических решений (БТР)**, начинается проработка вопросов конструкции, компоновки оборудования, типа охлаждения и других технических решений.

1. Контейнерная мини-ТЭЦ

- Описание: Компактная электростанция, смонтированная в металлическом контейнере с тепло- и шумоизоляцией.
- Преимущества: Быстрая установка, мобильность, защита от погодных условий и вандализма.
- Недостатки: Ограниченные возможности модернизации, необходимость усиленной вентиляции.
- Применение: Строительные площадки, временные энергетические объекты, удалённые объекты с ограниченной инфраструктурой.

2. Блочно-модульная мини-ТЭЦ

- Описание: Состоит из отдельных блоков (модулей) для основных узлов: генератор, система охлаждения, газоочистка и т.д.
- Преимущества: Гибкость в проектировании, возможность расширения мощности, упрощение транспортировки.
- Недостатки: Более сложная сборка на месте, высокие требования к фундаменту.
- Применение: Заводы, крупные промышленные объекты, ТЭЦ на объектах с переменной нагрузкой.

3. Мини-ТЭЦ в кожухе (капотное исполнение)

- Описание: Установка с внешним металлическим кожухом для шумоизоляции и защиты оборудования.
- Преимущества: Высокая степень шумоизоляции, компактность, защита от внешних воздействий.
- Недостатки: Более сложное обслуживание, ограниченный доступ к узлам оборудования.
- Применение: Объекты в городской черте, здания с высокими требованиями к уровню шума.

4. Плавучая (на воде) мини-ТЭЦ

- Описание: Электростанция, размещённая на плавучей платформе или барже.
- Преимущества: Гибкость в размещении, независимость от наземных коммуникаций, высокая мобильность.
- Недостатки: Высокие затраты на строительство и эксплуатацию, сложное техническое обслуживание.
- Применение: Порты, прибрежные зоны, удалённые островные объекты.

5. Стационарная (капитальная) мини-ТЭЦ

- Описание: Постоянная установка, интегрированная в здание или специально построенное сооружение.
- Преимущества: Высокая надёжность, длительный срок службы, возможность масштабирования.
- Недостатки: Высокая стоимость строительства, длительные сроки монтажа.
- Применение: Заводы, крупные промышленные предприятия, ТЭЦ в составе крупных энергетических комплексов.

6. Шумозащитная мини-ТЭЦ с экранированием

- Описание: Электростанция, оборудованная шумозащитными экранами для минимизации шума.
- Преимущества: Эффективное снижение шума, соответствие санитарным нормам.
- Недостатки: Требуется дополнительное место для установки экранов, повышенные затраты.
- Применение: Объекты в жилых зонах, больницы, офисные центры.

7. Мобильная мини-ТЭЦ

- Описание: Установка на шасси или прицепе для быстрой транспортировки.
- Преимущества: Высокая мобильность, готовность к быстрому развёртыванию, возможность временного использования.
- Недостатки: Ограниченная мощность, необходимость частого технического обслуживания.
- Применение: Аварийные службы, строительные площадки, временные объекты.

8. Подземная мини-ТЭЦ

- Описание: Установка, размещённая под землёй для минимизации воздействия на окружающую среду и шумовых нагрузок.
- Преимущества: Максимальная защита от внешних факторов, отсутствие визуального воздействия на ландшафт.
- Недостатки: Высокие затраты на строительство, сложное обслуживание.
- Применение: Горнодобывающие предприятия, военные объекты, городские ТЭЦ.

9. Гибридная мини-ТЭЦ

- Описание: Установка, комбинирующая несколько типов энергоносителей (газ, биогаз, водород).
- Преимущества: Гибкость в выборе топлива, высокая эффективность, возможность снижения выбросов.

- Недостатки: Высокая сложность управления, необходимость сложной автоматики.
- Применение: Энергоэффективные комплексы, проекты с требованием низкого углеродного следа.

10. Мини-ТЭЦ с рекуперацией тепла

- Описание: Станция, использующая избыточное тепло для обогрева или технологических процессов.
- Преимущества: Высокий общий КПД, снижение затрат на отопление, возможность когенерации.
- Недостатки: Требуется сложной системы теплообмена, высокие капитальные затраты.
- Применение: Заводы, тепличные хозяйства, объекты с высокими тепловыми нагрузками.

11. Мини-ТЭЦ с интегрированными системами накопления электрической энергии(СНЭЭ)

- Описание: Установка с батареями или накопителями для сглаживания пиковых нагрузок.
- Преимущества: Стабильное энергоснабжение, возможность автономной работы, снижение пиковых затрат.
- Недостатки: Высокая стоимость аккумуляторных систем, сложное управление зарядом.
- Применение: Объекты с переменной нагрузкой, энергоэффективные комплексы, островные сети.

Шумоизоляция мини-ТЭЦ

В блочно-модульных и контейнерных мини-ТЭЦ Группы компаний «МКС» используются сэндвич-панели с шумопоглощающими характеристиками, обеспечивающими снижение уровня шума на 31–32 дБА. Такие панели состоят из металлических облицовок и внутреннего слоя минеральной ваты, эффективно поглощающей звуковые волны.

Нормативные требования по уровню шума мини-ТЭЦ

При проектировании мини-ТЭЦ необходимо учитывать шумовые воздействия, так как они могут влиять на комфорт работы персонала и соответствие санитарным нормам. Основные нормативы, регулирующие допустимый уровень шума мини-теплоэнергоцентра:

- ГОСТ 31295.2-2005 (ISO 9613-2:1996) — "Акустика. Оценка шума на открытых пространствах. Часть 2. Общий метод расчёта затухания звука".
- СанПиН 1.2.3685-21 — санитарные нормы по допустимым уровням шума на рабочих местах.
- ГОСТ 12.1.003-83 — "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности".

Эти нормативы задают допустимые уровни шума для промышленных объектов, учитывая их расположение и степень воздействия на окружающую среду.

Таблица допустимых уровней шума в зависимости от конструкции мини-ТЭЦ

Конструкция мини-ТЭЦ	Средний уровень шума, дБ(А)	Преимущества	Недостатки	Материал и принцип работы
Открытая установка	110-130	Простота монтажа и обслуживания	Высокий уровень шума, требует шумоизоляции	Металлические рамы, звук распространяется свободно
В контейнере	85-95	Частичная шумоизоляция, защита от погодных условий	Требует дополнительной защиты от вибрации	Металлоконструкция с внутренней шумоизоляцией (минеральная вата, акустическая плита)
С шумозащитным кожухом	75-85	Максимальная шумоизоляция, соответствие санитарным нормам	Более высокая стоимость, сложность обслуживания	Прочные металлические кожухи с многослойной изоляцией (сталь, минеральная вата, виброизоляционные материалы)

Шумозащитные экраны	70-80	Эффективная локальная защита от шума	Требует места для установки, снижает общую доступность оборудования	Панели из перфорированной стали, алюминия или композитных материалов, заполненные звукопоглощающими материалами (акустическая вата, пенополиуретан)
Полное закрытое помещение	65-75	Минимальный уровень шума, защита от погодных условий	Высокая стоимость строительства и эксплуатации	Железобетонные конструкции с многослойной звукоизоляцией (бетон, пенобетон, минеральная вата)

Принцип работы шумозащитных экранов

Шумозащитные экраны предназначены для блокировки и поглощения звуковых волн, исходящих от мини-ТЭЦ. Они снижают уровень шума за счёт:

- Отражения звука — плотные металлические панели блокируют распространение звуковых волн.
- Поглощения звука — многослойная структура с пористыми материалами эффективно гасит звуковые колебания.
- Диффузии — поверхность панелей может быть перфорированной для уменьшения резонанса и равномерного распределения звука.
- Снижения вибраций — использование материалов с высокой вязкостью, уменьшающих передачу механических колебаний.

В ранее представленной таблице были указаны средние уровни шума, измеренные внутри или рядом с установкой, которые могут варьироваться в зависимости от конкретной конфигурации оборудования, качества монтажа и дополнительных мер шумоизоляции.

Для более точного представления информации в таблице следует различать:

- Индекс изоляции воздушного шума R_w : характеристика материала или конструкции, показывающая, на сколько децибел снижается передача звука через неё.

- Фактический уровень шума вблизи установки: зависит от многих факторов, включая мощность оборудования, наличие дополнительных шумозащитных мер и условия эксплуатации.

Техническое задание не просто формальный документ, а основа для всех последующих этапов проектирования. Его качество напрямую влияет на успешность строительства и эксплуатацию мини-ТЭЦ, а также на экономическую эффективность проекта в целом.

Результат этапа разработки технического задания (ТЗ)

Результатом этапа разработки технического задания (ТЗ) является формализованный документ, который подробно описывает все технические, эксплуатационные и экономические требования к будущему объекту, а также служит основой для дальнейшего проектирования и строительства.

Формализованный документ — это электронный формат официального документа, сформированный в соответствии с утверждённым форматом ФНС. Он обладает чётко структурированной формой и содержанием.

4. Разработка проектной документации (ПД)

На этапе разработки проектной документации и рабочей документации происходит подготовка полного комплекта документов, необходимых для строительства и дальнейшей эксплуатации объекта. Основная задача — создать подробные, технически корректные и согласованные материалы, которые будут служить инструкцией для подрядчиков и исполнителей.

Проектная документация (ПД) — это совокупность документов, определяющих архитектурно-технические, технологические, конструктивные и организационные решения для строительства или реконструкции объекта.

Она включает в себя следующие основные разделы:

- Общие данные и технические решения: описание объекта, основные технические характеристики, схема расположения, требования к материалам и оборудованию.
- Архитектурные решения: планы и разрезы здания, фасады, объемно-пространственная компоновка.
- Конструктивные решения: расчет и чертежи фундаментов, каркасов, стен, перекрытий.
- Инженерные сети: схемы электроснабжения, отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации.

- Технологическая часть: описание технологического процесса, схемы установки оборудования, подключения коммуникаций.
- Мероприятия по охране окружающей среды и обеспечению безопасности.

5. Разработка рабочей документации (РД)

Рабочая документация (РД) — это детализированные чертежи, спецификации и инструкции, на основании которых будет выполняться строительство и монтаж оборудования. РД включает:

- Рабочие чертежи с точными размерами, материалами, узлами и деталями.
- Спецификации оборудования и материалов, которые должны быть закуплены и установлены.
- Пояснительные записки с указанием технологии выполнения работ, требований к качеству и методам контроля.
- Сметы и графики выполнения строительных и монтажных работ.

Значение этапа:

- Позволяет четко определить объем и последовательность работ.
- Обеспечивает возможность получения необходимых согласований и разрешений.
- Является основой для заключения договоров с подрядчиками.
- Гарантирует соблюдение всех технических и нормативных требований.
- Минимизирует риски ошибок и переделок на строительной площадке.

Пример для мини-ТЭЦ 1 МВт:

- В ПД будет описана схема установки газопоршневого двигателя, топливоподача, система отвода тепла и дымовых газов, а также инженерные сети объекта.
- В РД содержатся рабочие чертежи фундамента для оборудования, планы подключения к электросети и газопроводу, спецификации кабелей и труб.
- Пояснительные записки разъяснят особенности монтажа газопоршневого агрегата с учетом требований безопасности и охраны окружающей среды.

Результат разработки ПД и РД

Выполненным результатом этапа «**Разработка проектной документации (ПД) и рабочей документации (РД)**» считается полностью готовый и согласованный комплект документов, который включает:

- **Проектная документация (ПД)** — полный пакет проектных решений, включающий архитектурные, конструктивные, технологические,

инженерные и организационные разделы, оформленных согласно требованиям нормативных актов и стандартов.

- **Рабочая документация (РД)** — детализированные рабочие чертежи, спецификации оборудования и материалов, пояснительные записки и сметы, необходимые для строительных и монтажных работ.
- Документы прошли внутренние проверки и корректировки.
- Проектная документация согласована с заказчиком и утверждена в установленном порядке.
- Документы готовы к подаче в органы государственной экспертизы (если требуется) для получения разрешений на строительство.
- Документация передана подрядчикам для выполнения строительных и монтажных работ.

Таким образом, результатом этапа является **полный, согласованный, утверждённый и готовый к реализации комплект проектно-сметной документации**, который служит основой для дальнейшего строительства и запуска объекта.

6. Создание проектно-сметной документации (ПСД)

Цель этапа проектно-сметной документации — определение точной стоимости строительства мини-ТЭЦ, включая все затраты на оборудование, материалы, монтажные и пусконаладочные работы, а также последующее техническое обслуживание. ПСД служит основой для финансового планирования и инвестиционных расчетов.

Основные элементы ПСД:

1. Техническая часть (ПД и РД)

- Архитектурные чертежи и схемы конструкций зданий и сооружений.
- Планы расположения оборудования.
- Схемы инженерных сетей (электроснабжения, теплоснабжения, газоснабжения, водоснабжения).
- Схемы автоматизации и диспетчеризации.
- Планы подключения к существующей инфраструктуре.

2. Сметная часть (СД)

- Расчет стоимости основных материалов и оборудования.
- Расчет стоимости монтажных и строительных работ.
- Расчет затрат на транспортировку и логистику.
- Учет непредвиденных расходов и коэффициентов на риски.

- Расчет стоимости пусконаладочных работ и авторского надзора.

Основные расчеты в проектно-сметной документации:

Определение мощности мини-ТЭЦ

$$P_{\text{м}} = Q_{\text{потреб}} \eta_{\text{эл}} = \frac{Q_{\text{потреб}}}{\eta_{\text{эл}}}$$

где:

$P_{\text{м}}$ — мощность мини-ТЭЦ, кВт;

$Q_{\text{потреб}}$ — требуемая тепловая мощность, кВт;

$\eta_{\text{эл}}$ — электрический КПД оборудования (обычно 35-45%).

Расчет экономии топлива

$$E_{\text{топл}} = (P_{\text{м}} \times T \times \eta_{\text{тепл}}) - Q_{\text{потреб}} = (P_{\text{м}} \times T \times \eta_{\text{тепл}}) - Q_{\text{потреб}}$$

где:

$E_{\text{топл}}$ — экономия топлива, кВт;

T — число часов работы в год;

$\eta_{\text{тепл}}$ — тепловой КПД оборудования (обычно 40-50%).

Расчет капитальных затрат

$$C_{\text{кап}} = C_{\text{обор}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{строит}} + C_{\text{пуск}} + C_{\text{логист}} = C_{\text{обор}} + C_{\text{монтаж}} + C_{\text{строит}} + C_{\text{пуск}} + C_{\text{логист}}$$

где:

$C_{\text{кап}}$ — общие капитальные затраты, руб;

$C_{\text{обор}}$ — стоимость основного оборудования;

$C_{\text{монтаж}}$ — стоимость монтажных работ;

$C_{\text{строит}}$ — стоимость строительных работ;

$C_{\text{пуск}}$ — стоимость пусконаладочных работ;

$C_{\text{логист}}$ — стоимость транспортировки оборудования.

Таблица примерных затрат на основные компоненты мини-ТЭЦ мощностью 2 МВт:

Наименование	Количество	Стоимость за единицу, руб	Общая стоимость, руб
Газопоршневой агрегат	2 шт	30 000 000	60 000 000
Система газоснабжения	1 комплект	8 000 000	8 000 000

Система теплообменников	1 комплект	6 000 000	6 000 000
Электрогенератор	2 шт	12 000 000	24 000 000
Система автоматики	1 комплект	5 000 000	5 000 000
Монтажные работы			15 000 000
Строительные работы			20 000 000
Пусконаладочные работы			5 000 000
Транспортировка			2 000 000
ИТОГО:			145 000 000

Оценка эксплуатационных затрат (ОРЕХ от англ. Operating Expense или Operating Expenditures)

ОРЕХ=Стопливо+Собслуж+Самортизация+Сперсонал

$$\text{ОРЕХ} = C_{\{\text{топливо}\}} + C_{\{\text{обслуж}\}} + C_{\{\text{амортизация}\}} + C_{\{\text{персонал}\}}$$

где:

Стопливо $C_{\{\text{топливо}\}}$ — затраты на топливо;

Собслуж $C_{\{\text{обслуж}\}}$ — затраты на техническое обслуживание;

Самортизация $C_{\{\text{амортизация}\}}$ — амортизация основного оборудования;

Сперсонал $C_{\{\text{персонал}\}}$ — затраты на персонал.

Пример расчета годовых топливных затрат для мини-ТЭЦ 2 МВт:

- Средний расход природного газа — 0,2 м³/кВт·ч
- Цена природного газа — 7 руб/м³
- Число рабочих часов в год — 8000 ч

$$\text{Стопливо} = P_{\text{м}} \times 0,2 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{ч} \times 8000 \text{ ч} \times 7 \text{ руб}/\text{м}^3 = 22400000 \text{ руб}$$

$$C_{\{\text{топливо}\}} = P_{\{\text{м}\}} \times 0,2 \text{ м}^3/\text{кВт} \cdot \text{ч} \times 8000 \text{ ч} \times 7 \text{ руб}/\text{м}^3 = 22\,400\,000 \text{ руб}$$

Итоговый расчет капитальных и эксплуатационных затрат:

$$\text{CAPEX} + \text{ОРЕХ} = 145000000 + 22400000 = 167400000 \text{ руб/год}$$

$$\text{CAPEX} + \text{ОРЕХ} = 145\,000\,000 + 22\,400\,000 = 167\,400\,000 \text{ руб/год}$$

ПСД также включает план-график строительства, финансовую модель проекта, расчеты окупаемости (NPV, IRR), технико-экономическое обоснование (ТЭО) и

анализ рисков.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО)

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) — это документ, который оценивает техническую и экономическую целесообразность строительства мини-ТЭЦ. Он включает детальный анализ проектных решений, расчет затрат и прогноз финансовой эффективности проекта.

Цели ТЭО:

- Оценка общей экономической эффективности строительства мини-ТЭЦ.
- Подтверждение коммерческой жизнеспособности проекта.
- Снижение инвестиционных рисков за счет более точного прогнозирования затрат и доходов.
- Определение оптимальных технических решений для максимальной эффективности объекта.

Основные разделы ТЭО:

1. Техническая часть:

- Описание проектируемого оборудования (газопоршневых агрегатов, теплообменников, генераторов).
- Анализ доступных технологий и их КПД.
- Технические расчеты (производительность, эффективность, надежность).

2. Экономическая часть:

- Оценка капитальных затрат (CAPEX) и операционных затрат (OPEX).
- Расчет окупаемости, чистой приведенной стоимости (NPV) и внутренней нормы доходности (IRR).
- Прогноз выручки и затрат на весь срок службы мини-ТЭЦ.

3. Анализ рисков:

- Оценка технологических, финансовых и экологических рисков.
- Меры по снижению рисков (страхование, резервные мощности, договорные гарантии).

Формулы и расчеты:

Чистая приведенная стоимость (NPV):

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C_t - OPEX_t - CAPEX_t)}{(1+r)^t} - I_0$$

где:

C_t — денежные потоки в год t ;

$OPEX_t$ — операционные расходы в год t ;

$CAPEX_t$ — капитальные затраты в год t ;

r — ставка дисконтирования;

I_0 — первоначальные инвестиции.

Внутренняя норма доходности (IRR):

$$\sum (C_t - OPEX_t - CAPEX_t) \cdot (1 + IRR)^{-t} = I_0$$

Преимущества разработки ТЭО:

- Снижение инвестиционных рисков.
- Точная оценка сроков окупаемости проекта.
- Увеличение шансов получения финансирования и льгот.
- Определение оптимальной структуры финансирования.

Пример расчета NPV для мини-ТЭЦ мощностью 2 МВт:

Допустим, годовая выручка от продажи электроэнергии составляет 40 млн руб., операционные расходы — 20 млн руб., а капитальные затраты — 145 млн руб. Ставка дисконтирования — 12%, срок эксплуатации — 10 лет.

$$NPV = \sum \frac{(40 - 20)}{(1 + 0,12)^t} - 145 = 51,4 \text{ млн руб.}$$

Результат:

Положительное значение NPV подтверждает экономическую целесообразность строительства мини-ТЭЦ, делая проект привлекательным для инвесторов и заказчиков.

7. Сопровождение заказчика при прохождении госэкспертизы

Государственная экспертиза проектной документации и результатов инженерных изысканий — обязательная процедура, предусмотренная Федеральным законом № 190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации" и Постановлением Правительства РФ № 145 от 05.03.2007 г. Цель экспертизы — проверка соответствия проектных решений требованиям безопасности, экономической эффективности, энергоэффективности и охраны окружающей среды.

Основные задачи на этапе сопровождения:

1. Проверка полноты и соответствия документации:

- Комплектность проектной документации (ПД), рабочей документации (РД), технического задания (ТЗ) и проектно-сметной документации (ПСД).
- Соответствие технических решений требованиям СП (Сводов Правил), ГОСТ и СНиП.
- Проверка расчётов прочности, устойчивости, тепловых потерь и энергоэффективности.

2. Корректировка проекта по замечаниям экспертов:

- Устранение выявленных несоответствий.
- Перерасчёт технических показателей при необходимости.
- Подготовка объяснительных записок и дополнительных обоснований.

3. Подготовка обоснований по спорным вопросам:

- Экономическое обоснование целесообразности выбранных решений.
- Документы, подтверждающие безопасность конструкций и узлов.
- Технико-экономическое обоснование (ТЭО) мощности объекта:

$$E = P \times T \times \eta$$

где:

- E — годовое потребление энергии, кВт·ч,
- P — установленная электрическая мощность мини-ТЭЦ, кВт,
- T — годовое время использования установленной мощности, час,
- η — коэффициент полезного действия (КПД) системы.

Расчет энергоэффективности:

Для обоснования энергоэффективности проекта используется формула расчета годовой экономии:

$$\Delta E = (C_{\text{эл}} - C_{\text{газ}}) \times E$$

где:

- ΔE — экономия на единицу энергии, руб/год,
- $C_{\text{эл}}$ — средняя стоимость покупной электроэнергии, руб/кВт·ч,
- $C_{\text{газ}}$ — удельная стоимость электроэнергии, вырабатываемой на мини-ТЭЦ, руб/кВт·ч.

Пример расчета:

Допустим, мощность мини-ТЭЦ — 2000 кВт, годовая нагрузка — 6000 часов, КПД — 85%, стоимость покупной электроэнергии — 9 руб/кВт·ч, стоимость электроэнергии от мини-ТЭЦ — 4 руб/кВт·ч:

$$E = 2000 \times 60000,85 = 14,1 \text{ млн кВт} \cdot \text{ч/год}$$

$$E = \frac{2000 \times 6000}{0,85} = 14,1 \text{ млн кВт} \cdot \text{ч/год}$$

$$\Delta E = (9 - 4) \times 14,1 = 70,5 \text{ млн руб/год}$$

$$\Delta E = (9 - 4) \times 14,1 = 70,5 \text{ млн руб/год}$$

Оформление таблиц и расчётов:

Параметр	Значение	Единица измерения
Мощность	2000	кВт
Нагрузка	6000	ч
КПД	85	%
Стоимость покупной электроэнергии	9	руб/кВт·ч
Стоимость электроэнергии от мини-ТЭЦ	4	руб/кВт·ч
Экономия	70,5	млн руб/год

Результат этапа:

- Положительное заключение государственной экспертизы.
- Подтверждение соответствия проектных решений требованиям безопасности, энергоэффективности и экологичности.
- Окончательное согласование проекта и готовность к этапу строительства.

После получения положительного заключения государственной экспертизы и оформления разрешительной документации можно приступать к этапам строительства. Этапы авторского и технического надзора являются контрольными, они проходят в процессе строительства для проверки соответствия выполненных работ проектной документации и нормативным требованиям.

1. **Авторский надзор:** контроль соответствия строительства именно проектным решениям, указанным в документации.
2. **Технический надзор:** контроль качества, безопасности и соблюдения технических регламентов и норм на стройплощадке. Они гарантируют, что построенный объект полностью соответствует утвержденному проекту и стандартам.

8. Авторский надзор

Авторский надзор — это систематический контроль за ходом строительства и монтажных работ мини-ТЭЦ, направленный на обеспечение полного соответствия выполненных работ утвержденной проектной документации и техническим требованиям.

Основные задачи и мероприятия авторского надзора:

- Регулярные проверки строительной площадки, оборудования и монтажных работ специалистами, участвовавшими в разработке проекта.
- Контроль качества используемых материалов и соблюдения технологических процессов.
- Выявление и оперативное устранение выявленных отклонений, ошибок и недочетов, которые могут повлиять на надежность и безопасность работы мини-ТЭЦ.
- Взаимодействие с подрядными организациями и заказчиком для согласования необходимых изменений и корректировок в проекте при возникновении нестандартных ситуаций.
- Подготовка актов контроля и отчетов о проведенных проверках для документального подтверждения соответствия выполненных работ проектной документации.
- Участие в приемке отдельных этапов и окончательной приемке объекта.

Результатом выполнения этапа авторского надзора считается:

- Подтверждение соответствия выполненных строительных и монтажных работ проектной документации.
- Отсутствие существенных замечаний и дефектов, влияющих на эксплуатацию мини-ТЭЦ.
- Наличие оформленных актов контроля и отчетов, подтверждающих качество выполненных работ.
- Снижение рисков возникновения аварийных ситуаций и повышенная надежность эксплуатации объекта.
- Подписание заключительного акта авторского надзора, что свидетельствует о выполнении всех требований и готовности объекта к дальнейшей эксплуатации.

Таким образом, этап авторского надзора обеспечивает надежность, безопасность и качество построенной мини-ТЭЦ, минимизируя возможные технические риски и гарантируя соответствие проектным решениям.

9. Технический надзор

Технический надзор — контроль за соответствием строительно-монтажных работ проектной документации, требованиям технических регламентов, СНиП, СП и ГОСТ. Этот этап осуществляется для обеспечения качества строительства, надежности и безопасности объектов, таких как мини-ТЭЦ.

Основные задачи технического надзора:

1. Проверка соответствия строительных работ проектной документации:

- Контроль качества монтажных работ.
- Проверка соблюдения технических решений, заложенных в проекте.
- Учет фактических объемов работ и используемых материалов.

2. Контроль качества используемых материалов:

- Проверка паспортов, сертификатов соответствия и деклараций о соответствии.
- Контроль качества сварных соединений, бетона, металлоконструкций и других строительных материалов.
- Испытания и лабораторные исследования проб материалов.

3. Технический контроль монтажа инженерных систем:

- Проверка герметичности трубопроводов (гидравлические испытания).
- Испытания электрических сетей и устройств на соответствие параметрам проектной документации.
- Контроль параметров теплоизоляции, антикоррозийной защиты и виброизоляции.

4. Документирование результатов:

- Составление актов освидетельствования скрытых работ.
- Ведение журналов технического надзора.
- Оформление исполнительных схем, проверка и корректировка рабочей документации.

Формулы и расчеты для контроля соответствия:

Для проверки качества сварных соединений применяется формула расчета прочности сварного шва:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

где:

σ — напряжение в сварном шве, МПа,

F — усилие, приходящееся на шов, Н,

A — площадь поперечного сечения шва, мм².

Пример:

Если усилие F = 5000 Н, а площадь шва A = 50 мм², то:

$$\sigma = \frac{5000}{50} = 100 \text{ МПа}$$

Этот результат должен быть меньше допустимого напряжения для данного материала, например, для стали марки 09Г2С ($\sigma_d = 350 \text{ МПа}$).

Гидравлические испытания трубопроводов:

$$P_t = P_r \times k$$

где:

P_t — испытательное давление, МПа,

P_r — рабочее давление, МПа,

k — коэффициент запаса прочности (обычно 1,5 для стальных труб).

Пример:

Для системы с рабочим давлением 1,6 МПа:

$$P_t = 1,6 \times 1,5 = 2,4 \text{ МПа}$$

Документирование:

Документ	Описание
Журнал технического надзора	Запись всех проверок и замечаний по качеству работ
Акт освидетельствования скрытых работ	Подтверждение качества выполненных скрытых конструкций
Исполнительные схемы	Документация фактического размещения инженерных сетей

Результат этапа:

- Подтверждение соответствия выполненных работ проектной документации.
- Выявление и устранение дефектов на этапе строительства.
- Подготовка строительного объекта к сдаче в эксплуатацию.

Отличия авторского и технического надзора

Параметр	Авторский надзор	Технический надзор
Основная цель	Обеспечение соответствия строительных решений проектной документации	Контроль качества и безопасности выполнения строительно-монтажных работ

Исполнители	Проектная организация или авторы проектной документации	Специализированные инженеры или службы технического контроля заказчика
Документы для контроля	Проектная документация (ПД), рабочая документация (РД)	Технические регламенты, СНиП, СП, ГОСТ, исполнительные схемы
Основные задачи	Проверка соответствия архитектурных, конструктивных и инженерных решений проекту	Проверка качества материалов, соответствие выполненных работ нормативам, контроль технологических процессов
Методы контроля	Визуальный осмотр, анализ чертежей, согласование изменений	Лабораторные испытания, инструментальные замеры, акты освидетельствования скрытых работ
Документация	Заключение о соответствии строительства проектным решениям	Журналы технического надзора, акты освидетельствования скрытых работ, протоколы испытаний
Результат	Подтверждение соответствия проектной документации	Подтверждение качества и безопасности строительно-монтажных работ
Ответственность	За корректность проектных решений	За соответствие выполненных работ нормативным требованиям
Частота контроля	Эпизодическая, по ключевым этапам строительства	Постоянная, на всех этапах строительства
Подготовка документации	Подготовка изменений и корректировок проектной документации	Подготовка исполнительной документации, проверка актов выполненных работ

Заключение

Все этапы проектирования мини-ТЭЦ обеспечивают надежность, эффективность и безопасность установки, минимизируют риски и оптимизируют затраты. Каждый шаг требует профессионального подхода для соответствия техническим и нормативным требованиям, что в итоге гарантирует успешную реализацию

проекта и его долгосрочную эффективную эксплуатацию.