

ДМИТРИЙ РОЖКОВ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Практическое руководство
по проектированию, монтажу
и пусконаладке



ПРОЕКТИРОВАНИЕ
С учётом требований
и нормативов



МОНТАЖ
Пошаговые
рекомендации



ПУСКОНАЛАДКА
Надёжная работа
с первого запуска



ЭКСПЛУАТАЦИЯ
Эффективность,
экономичность,
безопасность

ДМИТРИЙ РОЖКОВ
Автоматизированная блочно-
модульная котельная.
Практическое руководство
по проектированию,
монтажу и пусконаладке

*<https://litres.ru/74458924>
SelfPub; 2026*

Аннотация

Автоматизированная блочно-модульная котельная:
Проектирование, монтаж и эксплуатация.

Приведены спецификации оборудования, кабельные журналы, схемы внешних проводок, методики пусконаладочных работ и таблицы уставок систем безопасности.

Книга предназначена для:

Инженеров-проектировщиков систем автоматизации и электроснабжения

Специалистов монтажных и пусконаладочных организаций
Преподавателей и студентов технических специальностей
Эксплуатационного персонала котельных и тепловых сетей

Практическая ценность издания заключается в возможности использования представленных решений как типовых при проектировании аналогичных объектов, а также в качестве справочного материала при проведении экспертиз проектной документации.

Содержание

Глава	5
Конец ознакомительного фрагмента.	19

ДМИТРИЙ РОЖКОВ
Автоматизированная
блочно-модульная
котельная. Практическое
руководство по
проектированию,
монтажу и пусконаладке

Глава

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Глава 1. Архитектура и тепломеханическая часть (ТМ / ГСВ)

Глава 2. Электроснабжение и силовое электрооборудование (ЭОМ) **Глава 3.** Комплексная автоматизация и диспетчеризация (АК)

Глава 4. Слаботочные системы и безопасность (ПС, ОС, СС)

Глава 5. Организация заводской сборки и монтажа на площадке
Глава 6. Пусконаладочные работы (ПНР) и ввод в эксплуатацию
Заключение

Приложение А. Чек-лист пусконаладочных работ (ПНР)

Приложение Б. Сводная таблица критических уставок и алгоритмов
Приложение В. Нормативная база и ссылки на СП/ГОСТ

Список литературы

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы В современной индустрии теплоснабжения блочно-модульные котельные (БМК) занимают лидирующие позиции. Они решают главную проблему девелоперов и промышленных предприятий — необходимость в быстром, надежном и автономном источнике тепловой энергии в условиях отсутствия или дефицита мощностей центральных сетей. БМК заводской готовности позволяют сократить сроки ввода объекта в эксплуатацию с нескольких лет до нескольких месяцев.

Однако высокая степень заводской готовности накладывает колоссальные требования к инженерным системам модуля. Проектировщик и монтажник работают в условиях жесткого дефицита пространства, необходимости обеспечения транспортной надежности (защита оборудования от вибраций и кренов при перевозке) и интеграции сложнейших систем диспетчеризации и безопасности.

Объект-прототип Настоящее руководство написано на

основе полного комплекта рабочей документации (РД), разработанного для реального объекта: **Индустриально-технологический парк «Синергия», Корпус 52 (Блочно-модульная водогрейная котельная заводской марки КМ-4 ВГЖ, 4,0 МВт).**

Этот объект является эталонным примером современной БМК. Его особенности включают:

Транспортабельность: Котельная является «передвижной», что требует применения специфических датчиков (например, контроля угла наклона) и усиленных мер виброзащиты. **Резервирование и надежность:** Трехлучевая схема электроснабжения (2 ввода от энергосистемы + Дизель-генераторная установка), наличие резервного топливного хозяйства (дизельное топливо). **Глубокая автоматизация:** Использование связки ПЛК Siemens S7-1200 (общекотловая автоматика) и специализированных контроллеров Unomatic PR200 (котловая автоматика) с каскадным и погодозависимым регулированием. **Комплексная безопасность:** Интеграция систем пожарной (ПС), охранной (ОС) сигнализации, систем контроля загазованности (CH₄, СО, пары ДТ) и автоматическим отключением потребителей по сценарию «Авария».

Для кого написана эта книга Книга адресована инженерам-проектировщикам (разделы ЭОМ, АК, ПС, ОС, СС), монтажникам электротехнических и слаботочных систем, инженерам пусконаладочных работ (ПНР), а также студен-

там профильных вузов. Мы намеренно отходим от сухого цитирования СНиП и СП, делая упор на **практику**: как выбрать сечение кабеля в условиях БМК, как правильно заземлить частотный преобразователь, как настроить обмен по Modbus RTU между «железом» разных вендоров и как организовать алгоритм работы АВР и системы безопасности.

ГЛАВА 1. АРХИТЕКТУРА ОБЪЕКТА, КОНЦЕПЦИЯ МОБИЛЬНОСТИ И СТРУКТУРА ИНЖЕРНЫХ СИСТЕМ

«Проектирование блочно-модульной котельной заводской готовности — это не просто компоновка оборудования в контейнере. Это создание автономного, транспортного организма, где каждый кабель, каждый датчик и каждый алгоритм должны выдерживать вибрации при перевозке, работать в условиях жесткого дефицита пространства и гарантировать абсолютную безопасность при наличии горючих газов и жидкостей».

1.1. Паспорт объекта и концепция «передвижной» котельной

Объектом, на базе которого написано данное руководство, является автоматизированная блочно-модульная водогрейная котельная заводской марки **КМ-4 ВГЖ** тепловой мощностью 4,0 МВт, расположенная на территории Индустриально-технологического парка «Синергия» (Корпус 52, Форт Сталин).

Ключевая особенность данного проекта, кардинально

влияющая на все инженерные решения (от выбора датчиков до трассировки кабелей), — статус **«передвижная котельная»**. Модуль предназначен для периодической транспортировки автомобильным транспортом и установки на подготовленные фундаменты в различных точках промпарка.

Это накладывает критические требования на системы автоматизации и электроснабжения:

1. **Контроль пространственного положения.** При транспортировке или установке на нестабильный грунт модуль может получить крен. Завоздушивание котлового контура или крен бака запаса теплоносителя (пропиленгликоля) могут привести к «сухому ходу» насосов и аварийному останову. Для решения этой задачи в разделе АК (лист 1.1) применен **двухосевой датчик угла наклона D3300** (поз. Z1.100), передающий сигнал 4-20 мА и по RS-485 в шкаф управления котельной (ШУК). 2. **Виброустойчивость монтажных узлов.** Все датчики давления (ОВЕН ПД100) и температуры (ДТС035М) монтируются не напрямую в трубопроводы, а через приварные бобышки, шаровые краны и петлевые трубки, с использованием защитных гильз. Кабельные трассы фиксируются в армированной гофрированной трубе и лотках ДКС с шагом опор не более 1,5 метра. 3. **Двухвидовое топливо.** Котельная работает на природном газе (основное) и дизельном топливе (резервное). Наличие бака ДТ и насосной группы требует применения специализированных газоанализаторов паров (СИГ-

МА-03М.Д2) и взрывозащищенного/искробезопасного исполнения слаботочных цепей.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.1. Структурная схема КТС САУ ПКУ (Лист 1.1 из раздела 26-05-АК)]

1.2. Архитектура электроснабжения и логика АВР

Согласно «Общим данным» раздела ЭОМ, электроснабжение котельной осуществляется от сети 380/220В, 50 Гц с системой заземления **TN-C-S**. По степени надежности электроприемники отнесены к **II категории**.

Для обеспечения бесперебойной работы сетевых насосов (37 кВт) и систем безопасности (ПЭСПЗ), проектом предусмотрена **трехлучевая схема питания**:

Ввод 1 и Ввод 2 — рабочие, от внешней энергосистемы. **Ввод 3** — резервный, от Дизель-Генераторной Установки (ДГУ).

Логика работы Автоматического Ввода Резерва (АВР): В нормальном режиме работают оба ввода от энергосистемы, секционный выключатель (QF03) разомкнут. При пропадании напряжения на рабочем вводе срабатывает АВР на базе устройства **КЭАЗ OptiSave H-243-УЗ**, и секционный выключатель замыкается. *Особенность проекта:* Переход на питание от ДГУ (Ввод 3) и обратно осуществляется с возможностью ручного подтверждения. Это сделано намеренно: тяжелые асинхронные двигатели сетевых насосов (М3, М4), подключенные через частотные преобразователи Veda VF-101-P37K, при жестком автоматическом переходе

«на лету» могут вызвать провал напряжения и срабатывание защит ПЧ.

Расчетная электрическая мощность котельной составляет **$P_p = 67$ кВт** (расчетный ток $I_p = 112$ А). Учет электроэнергии организован в шкафу ВРУ с помощью трансформаторных счетчиков **СЭТ-4ТМ.03МТ.13** (класс точности 0.5S, интерфейсы RS-485), которые интегрируются в АСКУЭ Заказчика через шлюзы МОХА.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.2. Однолинейная схема электрической сети шкафа ВРУ (Лист 2.1 из 26-05-ЭОМ)]

1.2.1. Панель противопожарных устройств (ПЭС-ПЗ)

Особое внимание в ЭОМ уделено питанию систем безопасности. Панель ПЭСПЗ (окрашенная в красный цвет RAL 3020) запитана по трем вводам с собственным АВР на контакторах Dekraft. Она обеспечивает резервированное питание шкафов ПС, ОС, аварийного освещения и СОУЭ. В ВРУ предусмотрена «**Отключаемая шина**» (через контактор KM100 40А). При поступлении «сухого контакта» «Пожар» от системы ПС, эта шина мгновенно обесточивает тепловые пушки, электрообогрев дренажей дымовых труб и вентиляцию, предотвращая распространение огня и задымление.

1.3. Трехуровневая структура систем автоматизации (АСУ ТП)

Раздел АК описывает высокоинтеллектуальную систему управления, построенную по классическому трехуровневому принципу, что позволяет разделить задачи локального регулирования и глобальной диспетчеризации.

1. Полевой уровень: Датчики НПО ОВЕН (ПД100, ДТ С035М, ПД100И-ДГ), Росма, КИПА, а также частотные преобразователи Veda и контроллеры горелок. **2. Уровень локальных контроллеров:**

Шкафы котловой автоматики (ШК1, ШК2): Построены на базе контроллеров **Unomatic PR200**. ШК1 является «ведущим» — в нем реализован главный *каскадный и погодозависимый регулятор*, а также приоритетный *антиконденсатный режим* (поддержание температуры обратки выше точки росы для защиты котла от коррозии). **Шкаф управления котельной (ШУК):** «Мозг» объекта. Построен на ПЛК **Siemens SIMATIC S7-1200 (CPU 1214C DC/DC/Relay)**. Отвечает за общекотловую логику, управление насосами через Modbus RTU, обработку аварийных сигналов от ПС/ОС/СЗС и формирование команд на отключение газового клапана YA1. **3. Уровень диспетчеризации и визуализации:** Панель оператора **Weintek cMT1106X (10.1")** в дверце ШУК. Промышленный коммутатор **Моха EDS-208A** и шлюзы **МОХА MGate MB3280** (преобразование Modbus RTU в TCP) и **NPort 5130**.

Сетевая топология и кибербезопасность: Передача данных на диспетчерский пункт ОЭЗ «Алабуга» и АРМ де-

журного (SCADA WinCC 7.3) осуществляется по резервированной оптоволоконной линии (ВОЛС). В проекте предусмотрен **контур ДМЗ** (сегмент передачи данных Заказчика), что исключает возможность несанкционированного доступа из корпоративной сети парка в критические контроллеры Siemens и Unomatic.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.3. Схема автоматизации общекотельная (Лист 2.1 из 26-05-АК)]

1.4. Комплексная безопасность: Интеграция ПС, ОС и СЗС

Котельный зал является помещением с повышенной опасностью. Системы пожарной (ПС) и охранной (ОС) сигнализации, а также система контроля загазованности (СЗС) работают не изолированно, а в жесткой связке с технологическим процессом.

1.4.1. Пожарная сигнализация и СОУЭ (Раздел ПС)

Система построена на адресном оборудовании **НВП «Болд»** (С2000М исп.01, С2000-КДЛ-2И исп.01).

Алгоритмы принятия решения: Для ручных извещателей (ИПР 513-3АМ) используется *Алгоритм А* (немедленная реакция). Для дымовых извещателей (ДИП-34А-03) — *Алгоритм В* (повторное срабатывание в другой зоне или подтверждение), что защищает от ложных срабатываний из-за вибрации или пыли. **Акустический расчет СОУЭ:** В проекте приведен строгий расчет звукового давления. Оповещатели С2000-ОПЗ размещены так, чтобы обеспечить уро-

вень звука не менее 75 дБА (но не более 120 дБА) в любой точке. Снижение уровня сигнала рассчитывается по формуле: $r=10\log(1/L2)r=10\log(1/L2)$, где LL — расстояние от оповещателя. **Кабельные линии:** Все цепи ДПЛС и питания 24В выполняются исключительно огнестойким кабелем **КПСЭнг(А)-FRHF** в кабельной линии **ОКЛ «СПЕЦКА-БЛАЙН-КиТ-ГФ16»** (z-профиль + гофротруба $d=16\text{мм}$).

1.4.2. Контроль загазованности (СЗС)

В котельной реализован трехуровневый контроль утечек:

- 1. Метан (CH_4):** Датчик БД1 сигнализатора СТГ-1-2 устанавливается в верхней точке под потолком (так как метан легче воздуха). Порог срабатывания — 10% НКПР.
- 2. Угарный газ (CO):** Датчик БД2 (СТГ-1-2) устанавливается на стене у входа на уровне дыхания ($\sim 1,5\text{ м}$). Пороги: 20 мг/м³ (предупреждение) и 100 мг/м³ (авария).
- 3. Пары дизельного топлива (ДТ):** Газоанализатор **СИГМА-03М.ИПК** с датчиком Сигма-03М.Д2 (IP65) контролирует зону бака ДТ и насоса М7. Пороги: 10% и 20% НКПР.

Алгоритм Safety Interlock (Аварийная остановка): При срабатывании любого порога СЗС или сигнала «Пожар» от ШПС, ПЛК Siemens (ШУК) выполняет следующую последовательность:

1. Закрывает главный электромагнитный газовый клапан **УА1** на вводе в котельную.
2. Отключает приточную и вытяжную вентиляцию (П1.1, П1.2).
3. Блокирует розжиг горелок и выдает сигнал на свето-звуковые табло «ЗАГАЗОВАН».

НОСТЬ» (СИРИУС ОП-М-СЗ-220) над входами в модуль.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.4. План расположения оборудования ПС и ОС (Лист 4 и 5 из 26-05-ПС / 26-05-ОС)]

1.5. Сети связи и бесперебойное питание (Раздел СС)

Для агрегации трафика от ШУК, ШПС и ШОС в проекте предусмотрен компактный телекоммуникационный шкаф **ШСС (ЩМП-2.3.1-0 У2 IP54, 250x300x150 мм)**.

Активное оборудование: Управляемый коммутатор **Dahua DH-HS4408-4ET-96** (4 порта 100 Мбит/с + 4 порта PoE + 4 слота SFP). **Оптическая кроссистема:** ШКОН-PM/1-12SC ССД с адаптерами SC-SC для коммутации ВОЛС. **Расчет ИБП:** Коммутатор Dahua потребляет 96 Вт. С учетом коэффициента запаса 15% (110 Вт) и требования обеспечения 1 часа автономной работы, в ШСС установлен блок бесперебойного питания **FARADAY UPS 300W/48V/ DIN** с батарейным модулем **HR 12-34W (12В, 9Ач)**.

[Здесь необходимо вставить Рис. 1.5. Схема расположения оборудования в телекоммуникационном шкафу ШСС (Лист 7 из 26-05-СС)]

1.6. Нормативная база и специфические требования к монтажу в БМК

Проектная документация разработана в строгом соответствии с актуальными сводами правил и ГОСТ. Особое внимание при сборке модуля в цеху и монтаже на площадке

необходимо уделять следующим пунктам из «Общих данных»:

1. Расстояния до трубопроводов (Правило 400 мм): Согласно ПУЭ и примечаниям на планах ЭОМ/АК, при параллельной прокладке расстояние от лотков с кабелями до газопроводов и труб с горючими жидкостями (ДТ) должно быть **не менее 400 мм**. При пересечении — не менее 100 мм. В условиях тесного модуля (ширина 3,2 м) это требует ювелирной 3D-трассировки лотков ДКС на этажах +2.450, +2.250 и +1.900.

2. Заземление и ОСУП: Внутренний контур заземления (магистраль уравнивания потенциалов) выполняется стальной полосой 40x4 мм по периметру на отм. +0.400 м. Все лотки, корпуса шкафов и технологические трубопроводы соединяются с ГЗШ (шиной РЕ в ВРУ). *Критически важно:* экраны кабелей RS-485 (витая пара к частотникам Veda и датчикам) заземляются **только с одной стороны** (в шкафу ШУК), чтобы избежать уравнительных токов, способных выжечь порты контроллеров.

3. Формовка конденсаторов ПЧ: В разделе ЭОМ есть жесткое требование: *«В ПЧ используются электролитические конденсаторы, поэтому они требуют формовки (перезарядки) после длительного хранения»*. Перед первым пуском котельной после транспортировки инженер ПНР обязан подать на частотные преобразователи Veda пониженное напряжение через ЛАТР или использовать встроенную процедуру формовки, иначе возможен взрыв электролитов.

4. Огнестойкие про-

ходки: Все переходы кабелей через стены модуля выполняются в стальных гильзах (сгон Ду50). После протяжки воздушные промежутки герметизируются терморасширяющейся противопожарной пеной **DF1201**.

ГЛАВА 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ (ЭОМ)

«Проектирование электроснабжения блочно-модульной котельной — это поиск компромисса между жесткими требованиями транспортного модуля, высочайшими требованиями к бесперебойности теплоснабжения и строжайшими правилами пожарной безопасности в газовом хозяйстве. В этой главе мы разберем "сердце и кровеносную систему" котельной КМ-4 ВГЖ».

2.1. Концепция электроснабжения и архитектура АВР

Согласно «Общим данным» раздела ЭОМ, электроснабжение котельной осуществляется от сети 380/220В, 50 Гц с системой заземления **TN-C-S**. По степени надежности электроприемники отнесены к **II категории**.

Однако, учитывая критичность объекта (теплоснабжение промышленного парка в зимний период) и наличие систем пожарной и газовой безопасности, проектом предусмотрена **трехлучевая схема питания**:

1. **Ввод 1 и Ввод 2** — рабочие, от внешней энергосистемы. 2. **Ввод 3** — резервный, от Дизель-Генераторной Установки (ДГУ).

Логика работы Автоматического Ввода Резерва (АВР): В нормальном режиме работают оба ввода от энергосистемы, секционный выключатель (QF03) разомкнут. При пропадании напряжения на рабочем вводе срабатывает АВР на базе специализированного контроллера **КЭАЗ OptiSave Н-243-УЗ**, и секционный выключатель замыкается. *Особенность проекта:* Переход на питание от ДГУ (Ввод 3) и обратно осуществляется с возможностью ручного подтверждения. Это сделано намеренно: тяжелые асинхронные двигатели сетевых насосов (37 кВт), подключенные через частотные преобразователи, при жестком автоматическом переходе «на лету» могут вызвать провал напряжения и срабатывание защиты ПЧ.

Расчетная электрическая мощность котельной составляет **$P_p = 67$ кВт** (расчетный ток $I_p = 112$ А). Учет электроэнергии организован в шкафах ВРУ и ПЭСПЗ.

[Здесь необходимо вставить Рис. 2.1. Однолинейная схема электрической сети шкафа ВРУ (Лист 2.1 из 26-05-ЭОМ)]

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.