

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра Теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ В.А.Кулагин  
подпись                      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Использование автоматических угольных котельных Терморобот для

повышения эффективности работы котельных малой мощности

13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

13.04.01.01 «Энергетика теплотехнологий»

Научный руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

доцент, канд. физ.-мат. наук

должность, ученая степень

Е.Б.Истягина

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

К.П.Гончаренко

Рецензент

\_\_\_\_\_

подпись, дата

зам.гл.инженера

Центрального филиала АО

«КрасЭКо»

\_\_\_\_\_

должность, ученая степень

Р.А.Овчинников

Красноярск 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Автоматические блочно-модульные котельные	4
1.1 Применение АБМК на территории Красноярского края	4
1.2 Описание автоматической блочно-модульной котельной	5
1.3 Анализ существующего рынка автоматических водогрейных котлов мощностью от 0.1МВт до 0.8МВт	8
2. Теплоснабжение пгт.Большая Мурта Красноярского края	16
2.1 Решаемые задачи теплоснабжения пгт.Большая Мурта	16
2.1.2 Описание котельной “Тында”	19
2.1.3 Технические характеристики автоматизированной блочно-модульной котельной	24
3. Техничко-экономическое обоснование установки АБМК	33
3.1 Исходные данные	33
3.2 Расчет удельного расхода натурального топлива на выработку тепловой энергии	34
3.2.1 Расчет финансовых показателей	34
Список использованных источников	41

## ВВЕДЕНИЕ

В большей части населенных пунктов Красноярского края используется технология для выработки тепловой энергии за счет использования водогрейных котлов с ручной подачей топлива. Данная технология является морально устаревшим и имеет следующие недостатки:

- низкий КПД, по причине ручной подачи топлива;
- повышенные выбросы в окружающую среду;
- отсутствие системы автоматизации;
- для обслуживания котельных требуется значительное количество рабочего персонала, что приводит к большим затратам по ФОТ.

Целью данной работы является модернизация котельных малой мощности на примере автоматизированных блочно-модульных котельных.

В магистерской работе рассмотрены задачи оптимизации теплоисточников Большемуртинского района с учетом достижения современных технологий а именно:

1. Экономия топливно-энергетических ресурсов,
2. Сокращение затрат на ФОТ,
3. Сокращение количества отходов от производственной деятельности котельной,
4. Усиление дистанционного контроля за параметрами работы источника тепловой энергии.

Обеспечение соответствующего современным требованиям теплового комфорта в жилищах, является одной из важнейших задач, поэтому система теплоснабжения населенных пунктов должна быть технически совершенной и достаточной по тепловой мощности источника.

# 1. Автоматические блочно-модульные котельные

## 1.1 Применение АБМК на территории Красноярского края

Система автономного теплоснабжения обретает все большую популярность в стране, получая распространение в различных регионах России — от Мурманска до Дальнего Востока. Наиболее востребована инновационная продукция в Красноярском крае. Первые автоматические котельные в Красноярском крае появились в 2012 году, но преимущественно их устанавливали владельцы частных домов и небольших зданий площадью 200-500 м<sup>2</sup>. Сейчас их используют в 7 из 44 муниципальных образований Красноярского края при теплоснабжении группы зданий. Первыми районами которые начали установку автоматических блочно-модульных котельных (АБМК) были Сухобузимский район установка АБМК в 2014г для социально-значимых объектов - школа. Для которой на базе старой котельной запустили модульную котельную мощностью 0,4 МВт. До этого школа тратила более 700 тонн угля за сезон и дополнительно пользовалась обогревателями. С установкой АБМК расходы сократились почти в 2,5 раза – до 300 тонн угля. Вторая АБМК мощностью 0,1 МВт установлена для здания Администрации Сухобузимского района в 2015г, в связи с чем уменьшились затраты почти в 2 раза на отопление помещения.

Взамен морально устаревшей котельной с ручной подачей топлива Манского района. Нарва запущена АБМК мощностью 0,2 МВт для здания районной больницы в 2015г, в связи с чем улучшилось качество предоставляемой услуги т.е. в помещениях стало теплее, по сравнению с предыдущим годом затраты на выработку 1 Гкал уменьшились в 1,5 раз.

г. Боготол установка АБМК 0,6 МВт для отопления мкр. Западный в 2015г, в связи с чем уменьшились затраты почти в 2 раза на выработку 1 Гкал тепловой энергии.

В Красноярском крае остаётся достаточное количество районов (населенных пунктов), в которых остро стоит вопрос замены изношенного котельного оборудования, к таким районам относятся: Ирбейский, Рыбинский, Партизанский, Краснотуранский, Емельяновский, Сухобузимский, Большемуртинский, Саянский, Партизанский, г. Заозерный, г. Боготол, и т.д...

## 1.2 Описание автоматической блочно-модульной котельной

Системы автономного теплоснабжения представляют собой отдельно стоящие автономные блочно-модульные котельные (АБМК) которые производятся на базе автоматических угольных водогрейных котлов мощностью от 0.06МВт до 0.8МВт (рисунок 1). АБМК поставляются в двух вариантах: 1-контурные и 2-контурные. Котельные обеспечивают экономичное удобное отопление и горячее водоснабжение отдельно стоящих зданий площадью от 500 до 30 000 м<sup>2</sup>, не подключенных к газу и центральному отоплению. Это:

- школы, клубы, детсады, больницы, административные здания;
- цеха, складские и торговые комплекты;
- многоквартирные жилые дома; гостиницы, базы отдыха.

АБМК в виде 1–6 транспортабельных блоков заводской готовности доставляется автотранспортом, и по месту собираются в единую котельную. Монтаж и запуск котельной возможен в любое время года, и занимает всего от 2 до 7–8 дней в зависимости от количества модулей. При необходимости котельную можно демонтировать и перевезти на другое место без потери ее эксплуатационных показателей, то есть, использовать как временный источник тепла. Угольные АБМК взрыва и пожаробезопасны, вредные факторы (шум, вибрация, зола и газы, угольная пыль) вынесены из отапливаемого здания (в отличие от взрывоопасных газовых и жидкотопливных котлов, установленных внутри). Персонал для обслуживания котельной не требуется: современная автоматика и система диспетчеризации позволяют управлять котельной удаленно. Механизмы котельной размещены внутри закрытого утепленного модуля; приняты эффективные меры для исключения зависания и смерзания угля в бункере, поэтому АБМК можно использовать в любом климате, включая Якутию.

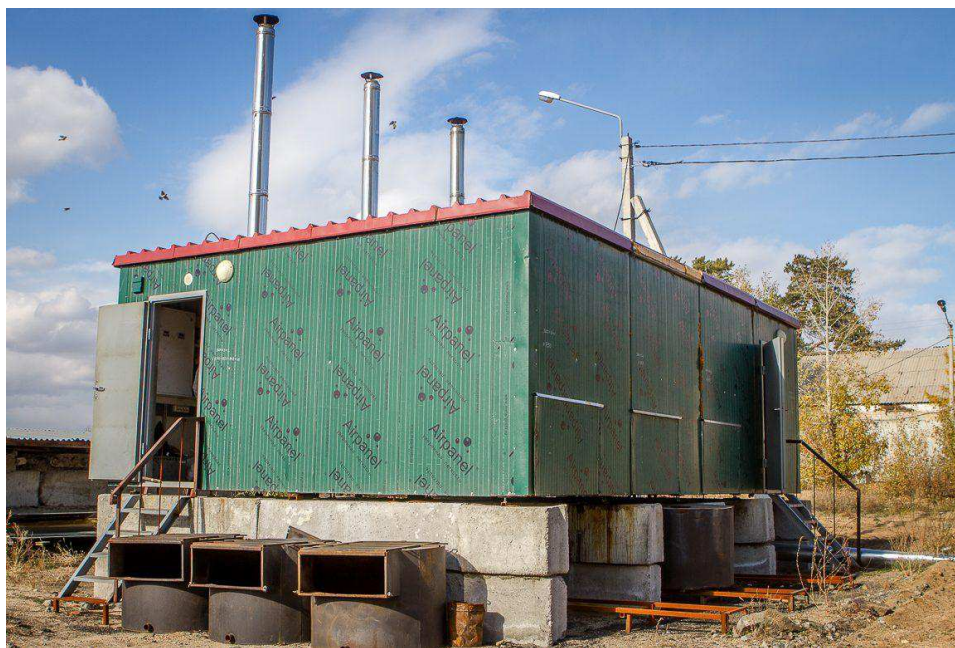


Рисунок 1 - Общий вид АБМК

На заводе изготовителя предлагается широкая линейка выпускаемых серийно с 2010 года сертифицированных водогрейных жаротрубных котлов мощностью от 0.1МВт до 0.8МВт с автоматизированной шнековой системой подачи угля и удаления золы. Комплектуется в зависимости от заявленной присоединенной нагрузки.

Растущий интерес продиктован набором технических характеристик, соответствующих строгим требованиям к эффективности и экологичности теплоисточников, а по отдельным показателям и превышающих установленные нормы. Системы автономного теплоснабжения обретают все большее распространение в местах отсутствия газификации. Одним из ключевых преимуществ подобных систем, является абсолютная автоматизация при производстве тепловой энергии: в отличие от морально устаревших типов теплоисточников и даже современных электрокотлов работа котла автоматической котельной не требует присутствия и контроля оператора-кочегара. Микропроцессорная автоматика котла с высокой точностью поддерживает заданную температуру в отапливаемом помещении, независимо от погодных условий. В автоматическом режиме котельная может работать без ограничений по времени — насколько хватает запасов топлива в бункере. При этом объем бункера может варьироваться. Автоматические котлы обладает рекордным для подобного оборудования показателем эффективности — КПД котла достигает 87–89%.

За счет внедрения новых технологий достигнуто полное сжигание не только коксовой, но и газовой фазы угля, что существенно повысило КПД котла, экологичность его эксплуатации. Одним из ключевых узлов, обеспе-

чивающих автоматическим котлам продвинутые характеристики, является запатентованная линейная горелка. Применяемая конструктивная схема позволяет горелке работать даже на 15-20% мощности без подачи в топку избыточного воздуха, то есть с оптимальным для угля коэффициентом альфа. Другая особенность — при работе котла шнек в горелке почти непрерывно ворошит и передвигает горящий уголь, благодаря чему горят все находящиеся в топке фракции угля. Именно одновременное горение всех фракций определяет высокую удельную мощность горелки. Также за счет механизированного ворошения кусков угля и непрерывного перемещения шлака в зольник горелка мало чувствительна к качеству топлива: стабильно горит даже уголь с высокой зольностью. Возможность использования широко распространенных и доступных на потребительском рынке марок каменных и бурых углей — еще одно технологическое преимущество автоматическим котлов. Ложе горелки не имеет прозоров, и первичный воздух подается в топку через множество форсунок, что исключает просыпание мелкой фракции угля: в результате угольная пыль в топке выгорает полностью. В целом в линейной горелке минимизированы все основные виды потерь тепла, что в конечном итоге повышает КПД котла. При этом разработка обеспечивает наилучшие для угольных теплоисточников экологические показатели. Черный дым из трубы как зримый образ работы угольного котельного оборудования ушел в прошлое: при функционировании автоматического котла во внешнюю среду выходит теплый прозрачный газ, а уровень выбросов вредных веществ в атмосферный воздух фактически в два раза ниже допустимого по ГОСТу. Обеспечен эстетически чистый процесс работы и обслуживания теплоисточника. Загрузка топлива в бункер котла может выполняться тремя способами: с выгрузкой угля из мешков со специальной машины сервисной службы через кран-балку, силами обслуживающего персонала либо (при больших подачах топлива) с помощью специальных автопогрузчиков. Автоматические котлы могут поставляться как в виде отдельных изделий, которые могут встраиваться в технические помещения, так и в составе модульных котельных установок различной конфигурации суммарной мощностью до 8 МВт. В линейке такой продукции — мобильные модульные котельные и блочно-модульные установки, состоящие из 2 и более модулей (до 8 котлов). Также существует возможность устройства быстровозводимых котельных, поставляемых в разобранном виде. Такая котельная собирается на предварительно подготовленном бетонном фундаменте с монтажом капитального здания из сборных каркасных панелей, установкой котлов, бункеров для топлива, дымохода с мачтой и дополнительного оборудования, а при необходимости — с бытовыми помещениями для хозяйст-

венных нужд. Передовые технологии, характеризующие автономные источники теплоснабжения, формируют выгодные экономические условия использования такого оборудования, включая быструю окупаемость. По оценкам экспертов, котлы и котельные производителя ООО «Терморобот» по сумме характеристик во многих случаях являются лучшим решением в обеспечении бесперебойной подачи тепла.

Улучшение экологической обстановки — важный акцент в развитии Красноярского края и г.Красноярска. Приоритет подчеркивается президентом страны, краевой властью. Передовым и во многом уникальным решением служит отечественный бренд «Терморобот», представляющий экологичные системы автономного теплоснабжения.

В рамках стратегии снижения нагрузки на экологию территорий края, Красноярской агломерации ставится задача глобальной модернизации теплоэнергетического комплекса, предполагающей масштабное переоснащение работающих на угле теплоисточников. В условиях достаточно отдаленной перспективы газификации красноярского региона и благодаря большим природным запасам уголь для краевой теплоэнергетики по-прежнему является самым дешевым и распространенным видом топлива. В связи с этим отечественные технологичные разработки источников автономного теплоснабжения с высокими экологическими показателями и не имеющие российских аналогов, предлагаемые компанией «Терморобот», представляют собой, по существу, революционное решение, обладающее целым комплексом инженерно-технических преимуществ и очевидных достоинств экономичности эксплуатации.

### **1.3 Анализ существующего рынка автоматических водогрейных котлов мощностью от 0,1МВт до 0,8МВт.**

В настоящее время на рынке существует огромное количество различных моделей автоматических твердотопливных водогрейных котлов. Среди них представлены и недорогие модели, и модели средней ценовой категории, и твердотопливные котлы отопления премиум-сегмента. Импортные производители: Metal-Fach (Польша), Heiztechnik (Польша-Россия), Buderus (Германия-Россия), Termodinamik (Турция), Galmet (Польша), PEREKO (Польша), SAKOVICH (Польша). Российские производители: Vulkan, Master, Прометей, ZOTA, Терморобот, WIRT, Комфорт ЭКО, Теплотрон, Green.



Промышленные стальные жаротрубные водогрейные угольные котлы фирмы «Терморобот» со шнековой системой подачи угля в топку и с автоматизированной линейной горелкой Терморобот, содержащей водоохлаждаемый шнек для непрерывного ворошения горящего угля (сжигание в «кипящем слое») и удаления золы из зоны горения. При использовании рекомендованного угля котлы имеют высокий КПД - 89% и малые выбросы угарного газа СО. Автоматический угольный котел показан на рисунке 2.

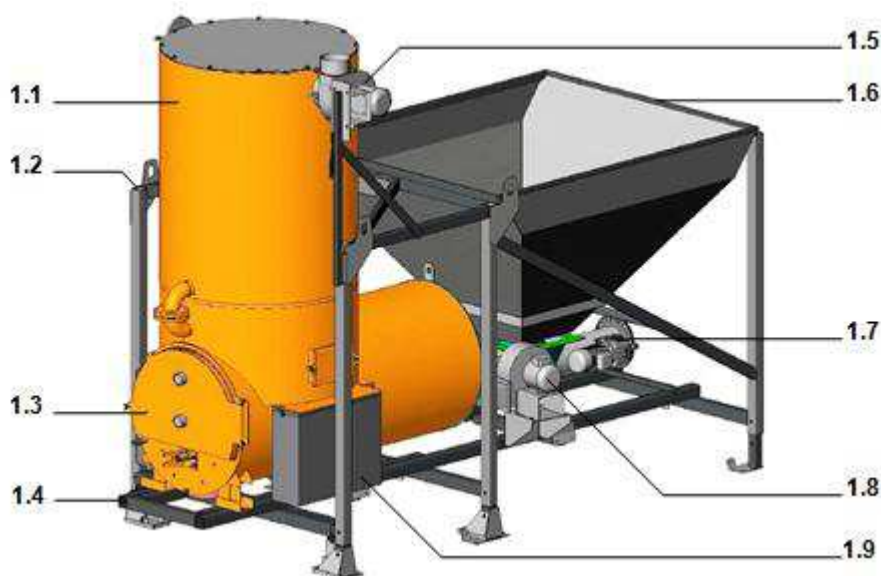


Рисунок 2 - Общий вид автоматического угольного котла

Котел состоит из следующих элементов:

- стальная несущая рама [1.4] с угольным бункером [1.6];
- футерованная топка [1.3]; жаротрубный теплообменник [1.1];
- автоматизированная линейная горелка Терморобот;
- шнековый механизм подачи угля [1.7] с обрушителем;
- вентилятор поддува [1.8], дымосос [1.5], боковой зольник [1.9];
- система циркуляции теплоносителя; тепломеханические узлы;
- электрооборудование; контроллер с датчиками, КИП;
- сменный зольник [1.2].

**Котлы Heiztechnik** серии Q MAX ЕКО (мощностью от 0,1МВт до 1МВт, КПД 88%), представленные на рисунке 3, являются стальными низкотемпературными котлами с водяной рубашкой, предназначенные для отопления различных объектов, а также для нагрева бытовой горячей воды для бытовых нужд при помощи бойлеров косвенного нагрева. Сжигание топлива

осуществляется с помощью автоматической системы подачи на ретортной горелке, с автоматическим наддувом воздуха с помощью наддувного вентилятора. Управление котлом осуществляется с помощью микропроцессорного контроллера. Heiztechnik является дорогостоящей маркой.



Рисунок 3 Автоматический водогрейный котел марки "Heiztechnik Q MAX EKO"

**Отопительный котел Termodinamik** серии ЕКУ/S, представленный на рисунке 4, разработан с использованием высоких технологий и предусматривает совмещение с проточным водонагревателем (бойлером). Эта функция является дополнительной. Установки выполнены производительностью от 0,17МВт до 1МВт. Функция автоматической подачи топлива обеспечивает высокую эффективность и простоту эксплуатации. Электронный пульт управления позволяет осуществлять контроль системы на всех этапах. Регулировка подачи топлива осуществляется двумя кнопками на панели управления, при помощи которых устанавливается периодичность ожидания и подачи топлива. Регулируемые периоды ожидания и подачи топлива контролируются по цифровому экрану и благодаря этому преимуществу возможно установить подачу топлива с желаемой точностью. С целью обеспечения экономии топлива котлы серии ЕКУ оснащены заслонкой в дымоходе с высокой тягой. Благодаря положениям заслонки, которые видны снаружи, обеспечена возможность легкого регулирования. Termodinamik является дорогостоящей маркой.



Рисунок 4 – Автоматический водогрейный котел марки "Термодинамик серии ЕКУ/5"

**Котлы «ПРОМЕТЕЙ»** представлены моделями мощностью от 0,04МВт до 1,5МВт, (а в составе модульных котельных, за счет объединения нескольких отопительных котлов в одном модуле, общая мощность может составлять до 20 МВт). Автоматическая регулировка процесса отопления позволяет уделять системе минимум времени и внимания. Котел обладает высокими экономическими и экологическими характеристиками и позволяет эффективно справляться с задачами отопления. Объем топливного бункера до 5,0 м.куб. в зависимости от мощности котла. «ПРОМЕТЕЙ» Автомат работает на доступных российских бурых и каменных углях марки Д, фракцией до 70 мм. (возможно сжигание угля низкого качества и угля с содержанием угольной пыли от 40%). КПД котлов – 90%, с соблюдением требований, предъявляемых к качеству топлива. Данный вид котлов продемонстрирован на рисунке 5.



Рисунок 5 – Автоматический водогрейный котел марки "ПРОМЕТЕЙ"

**Котлы ZOTA**, показаны на рисунке 6, важной особенностью механизма подачи является система защиты от заклинивания шнеков. В случае попадания в топливо твердых кусков породы или инородных тел, включается механизм реверсивного движения шнеков через частотный регулятор. Он делает три попытки и порода либо промалывается, либо механизм подачи останавливается и котел сигнализирует о необходимом вмешательстве для чистки механизма подачи. В обоих случаях шнеки и кинематическая схема остаются целы. Подобная схема реализована только в котлах «ZOTA». Котлы представленной марки разработаны мощностью от 0,01Мвт до 0,6МВт.



Рисунок 6 – Автоматический водогрейный котел марки "ZOTA"

**Котел GreenDuo**, представленный на рисунке 7, оснащен двойной системой подачи и сжигания топлива, включающей 2 горелки, 2 наддувных вентилятора, 2 шнековых системы подачи, 2 контроллера управления. Управление каждой системы может осуществляться независимо друг от друга, что является неоспоримым преимуществом. Например, в случае заклинивания одной из систем вторая продолжит работать вне зависимости от работы первой. Также во время межсезонья, когда от котла требуется минимальная производительность, работа на одной горелке является более экономичной и целесообразной. Котлы представленной модели разработаны мощностью от 0,1Мвт до 1Мвт.



Рисунок 7 – Автоматический водогрейный котел марки "GreenDuo"

Анализ ценовых предложений существующих автоматических водогрейных котлов, работающих на твердом топливе, показан на рисунке 8.

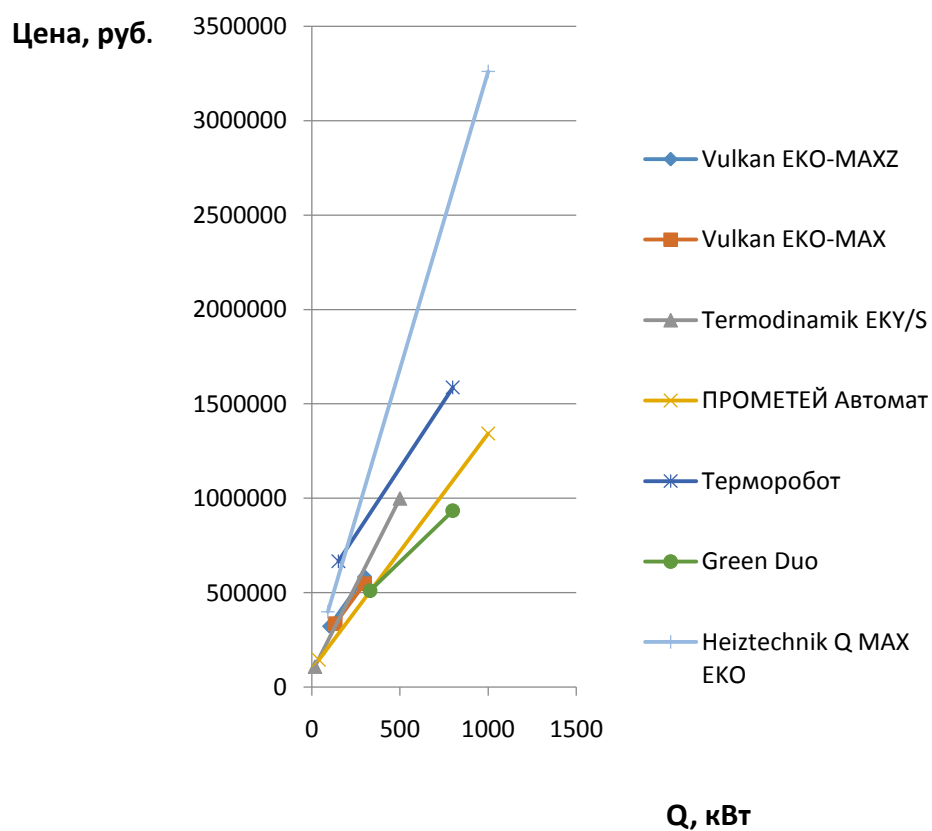


Рисунок 8 – Анализ ценовых предложений существующих автоматических котлов

Из рисунка 8 видно, что наиболее дорогостоящими автоматическими котлами является марка «Heiztechnik Q MAX ЕКО». Сравнив «Heiztechnik Q MAX ЕКО» на 0,1МВт и «Прометей Автомат 1000», разница будет в 1 917 000 руб. «Vulkan ЕКО-MAX» и «Vulkan ЕКО-MAXZ» хоть и имеют среднюю стоимость, однако, не рассчитаны на большую мощность (всего до 300 кВт). Наиболее оптимальное соотношение качества/мощность/цена имеет котел марки «GreenDuo» и «Терморобот».

В настоящее время готовые технические решения установки АБМК работающие на твердом топливе в Российской Федерации представлены только компаний ООО «Терморобот».

### **Вывод по главе 1**

Одним из ключевых преимуществ котла «Терморобот», является абсолютная автоматизация при производстве тепловой энергии: в отличие от морально устаревших типов теплоисточников и даже современных электрокотлов работа котла «Терморобот» не требует присутствия и контроля оператора-кочегара. Микропроцессорная автоматика котла с высокой точностью поддерживает заданную температуру в отапливаемом помещении, независимо от погодных условий. В автоматическом режиме котел «Терморобот» может работать без ограничений по времени — насколько хватает запасов топлива в бункере. При этом объем бункера может варьироваться. По мере усложнения применяемых систем автоматике разработчики компании «Терморобот» перешли на оснащение котлов отечественной элементной базой, обеспечивающей выигрышное соотношение цены-качества, удобства и оперативность сервисного обслуживания. Программные продукты для автоматике создаются специалистами компании. Котел «Терморобот» обладает рекордным для подобного оборудования показателем эффективности — КПД котла достигает 87–89%. Передовые технологии, характеризующие автономные источники теплоснабжения «Терморобот», формируют выгодные экономические условия использования такого оборудования, включая быструю окупаемость. Растущий потребительский интерес продиктован набором технических характеристик, соответствующих строгим требованиям к эффективности и экологичности теплоисточников, а по отдельным показателям и превышающих установленные нормы. Автоматические угольные котлы, а также модульные автоматизированные блочно-модульные системы отопления и быстровозводимые котельные марки «Терморобот» обретают все большую популярность.

## 2 Теплоснабжение пгт. Большая Мурта Красноярского края

### 2.1 Решаемые задачи теплоснабжения пгт.Большая Мурта

Теплоснабжение жилой и общественной застройки на территории муниципального поселения - поселок Большая Мурта осуществляется по смешанной схеме. Индивидуальная жилая застройка и большая часть мелких общественных, и коммунально-бытовых потребителей оборудованы печами на твердом топливе. Для горячего водоснабжения указанных потребителей используются электрические водонагреватели.



Рисунок 9 – Карта Большемуртинского района

Часть многоквартирного жилого фонда, крупные общественные здания, некоторые производственные предприятия подключены к централизованной системе теплоснабжения, которая состоит из котельных и тепловых сетей. Эксплуатацию котельных и тепловых сетей на территории поселения Большая Мурта осуществляет АО «КрасЭКо».

В настоящее время на территории Большемуртинского района функционируют 23 котельных в том числе 12 шт. в пгт.Большая Мурта, в основном, работающие на твердом топливе. Котельные обеспечивают подачу тепла населению, соц.объектам на нужды отопления, ГВС и вентиляцию. Котельные в основном, оборудованы водогрейными котлами с топками с ручным обслуживанием.



В качестве источников теплоснабжения в пгт. Большая Мурта используются котельные на привозном топливе, как автономные, так и для групп потребителей. Котельные располагаются на территории предприятий, объектов общественного назначения, среди жилых кварталов.

Средний возраст эксплуатируемых котельных на территории Большемуртинского района составляет 45-50 лет. Данные котельные морально устарели и имеют низкие технико-экономические показатели в устаревшей технологии выработки тепловой энергии. Установленная тепловая нагрузка котельных варьируется в пределах от 0,6 Гкал/час до 6 Гкал/час.

На основании выше изложенного для оптимизации системы теплоснабжения на котельных пгт. Большая Мурта необходимо решить следующие задачи:

- привести в соответствие фактический КПД котлов с паспортным;
- исключить застание золистыми отложениями радиационных и конвективных поверхностей нагрева котлов, что приводит к увеличению температуры уходящих газов и снижению КПД (толщина отложений в топочной части составляет до 3-4мм, толщина отложений в конвективной части до 7-8мм);
- сократить величину тепловых потерь с механическим, химическим недожогами и потерь с уходящими дымовыми газами;
- снизить величину выбросов производственной деятельности котельной в окружающую среду;
- усовершенствование и установка автоматики и органов контроля, управления технологическим процессом.

Для решения поставленной задачи, рассмотрим установку АБМК производства ООО “Терморобот”. Преимущество автоматических водогрейных котлов следующее :

5. Значительная экономия топливно-энергетических ресурсов за счет:

А) Качественного регулирования баланса подаваемого воздуха и удаляемых дымовых газов с постоянным перемешиванием подаваемого топлива в топочной части котла.

Б) Сокращение расходов электрической энергии за счет установленного энергоэффективного вспомогательного оборудования с возможностью частотного регулирования.

В) За счет глубокой диспетчеризации технологического процесса по выработке тепловой энергии имеется возможность оперативно отслеживать утечки теплоносителя из тепловой сети, тем самым сокращается расход воды на подпитку системы теплоснабжения.

6. Сокращение затрат на ФОТ достигается за счет сокращения постоянно присутствующего оперативного персонала из-за полной автономности котельной. Контроль параметров котельной осуществляется дистанционно на пульте диспетчерской службы предприятия. В случае не штатной ситуации или технологического нарушения диспетчерской службы направляется обслуживающий персонал на данный объект.

7. Надежность технологического оборудования обусловлена двух контурной гидравлической системой, которая позволяет резервировать насосное оборудование и увеличивать время работоспособности во время технологического нарушения. Двухконтурная система позволяет выдерживать необходимые параметры (температуру) в обратном трубопроводе котлового контура в целях исключения точки росы на поверхностях нагрева котлов, тем самым исключается возможность образования отложений на данных поверхностях и соответственно исключается перегрев тяго-дутьевого оборудования (дымосос). Также за счет отсутствия точки росы в технологии выработки тепловой энергии исключена химическая коррозия металла котлоагрегатов.

8. Сокращение количества отходов от производственной деятельности котельной достигается сокращением твердого топлива и соответственно снижается объем выбросов в окружающую среду.

9. Глубокая диспетчеризация котельной позволяющая отслеживать все необходимые параметры, для оперативной оценки состояния оборудования и быстрого принятия решения в целях устранения технологического нарушения.

10. Простота в монтаже, быстровозводимость автоматических котельных за счет готовых скомпонованных модульных блоков. Монтаж производится на местности и выставляется на предварительно подготовленную горизонтальную площадку. Срок монтажа “под ключ” составляет от 2 до 3 дней.

11. Завод изготовитель компоует данные блоки в зависимости от проекта заказчика. Доставка осуществляется данных модульных блоков автотранспортом, что приводит к уменьшению сроков поставки и увеличению географии поставки.

Исходя из выше изложенного на примере компании АО “КрасЭКо” которая обслуживает на территории Красноярского края котельные установленной мощностью от 0,1МВт до 140МВт. АО “КрасЭКо” в целях увеличения энергоэффективности компании выполнила мероприятия по перевооружению котельных малой мощности, а именно заменила старые изношенные котельные на современные автоматизированные блочно-модульные котельные. Рассмотрение выполненных мероприятий и полученных результатов опишем на существующем объекте Котельная “Тында” Большемууртинского района.

### 2.1.2 Описание Котельной “Тында”

Таблица 1 - Состав оборудования Котельной “Тында”

Здания и сооружения								
№ п/п	Материал строительных конструкций			Год ввода в эксплуатацию	Площадь, м2	Дата тех. освидетельствования	Техническое состояние	Топливный склад, м2
	Фундамент	стены	кровля					
1	Ж/Б	Кирпич	Шифер	1981	63	2013 г.		54
Котельное оборудование								
№ п/п	Марка котла	Заводской номер	Производительность, МВт	Год ввода в эксплуатацию	Срок службы, лет	Год проведения последнего капитального ремонта	Дата тех. освидетельствования	Вид используемого топлива
3	КВ-Ф-0,7	1	0,7	2012 г.	3			Бурый уголь
2	КВр-0,5	389	0,46	2016 г.	0			Бурый уголь
1	КВр-0,7К	1183	0,7	2013 г.	2			Бурый уголь
Насосное оборудование								
№ п/п	Марка насоса	Назначение	Заводской номер	Производительность, тыс м3/ч	Марка электродвигателя, кВт.	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Год ввода в эксплуатацию
1	К 100-80-160	сетевой	1	0,09	АИР132М2У3	15 кВт.	3000 об/мин.	2011 г.
2	К 80-50-200	сетевой	10146	0,05	АИР 112 М2У3	15 кВт.	2900 об/мин.	2015 г.
Тяго-дутьевое оборудование								

№ п/п	Марка	Заводской номер	Производительность, тыс м3/ч	Марка электродвигателя, кВт	Мощность электродвигателя, кВт	Частота вращения, об/мин	Год ввода в эксплуатацию	Год проведения последнего капитального ремонта
1	ДН-6,3 левый	3113	5,1	АИР112 М4	5,5 кВт.	1500 об/мин.	2015 г.	
2	ВЦ 14-46.1 № 2,5, правый	1	0,0056	АИР112 М4	2,2 кВт.	1500 об/мин.	2016 г.	
3	ВЦ 14-46.1 № 2,5, правый	2	0,0025	АИР100L2	2,2 кВт.	3000 об/мин.	20016 г.	
4	ВЦ 14-46.1 № 3,15	2	0,0038	АИР90L4	2,2 кВт.	3000 об/мин.	2014 г.	
<b>Емкости (баки-аккумуляторы горячей воды, подпиточные баки, топливные баки и др.)</b>								
№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Год ввода в эксплуатацию	Объем, м <sup>3</sup>	Назначение емкости			
1	Емкость	1	2013	4	Подпиточная			



Рисунок 10 – Котельная “Тында” вид спереди



Рисунок -11 Котельная “Тында” вид сбоку



Рисунок – 12 Котельная “Тында” насосная группа



Рисунок – 13 Котельная “Тында” котлы

На данном источнике тепловой энергии установлено три водогрейных котла суммарной паспортной мощности 1.6Гкал/ч. После проведения технологического обследования оборудования на предмет состояния и выдаваемых технических характеристик выявлено, что установленные водогрейные котлы суммарно готовы выдавать мощность 0.96Гкал/ч. Низкий КПД котлов связан, с зарастанием золистыми отложениями на поверхностях нагрева, нарушенного газо-воздушного баланса в виду отсутствия механизмов регулирования воздуха и тяги. При строительстве данной котельной не учитывались присоединенные нагрузки потребителей. Что привело к установке более мощного оборудования чем положено и как результат перерасход топлива энергетических ресурсов. В данный момент присоединённая нагрузка абонентов составляет 0.25 Гкал/ч, представляющая собой жилые дома в количестве 35 жилых помещений. Теплоснабжение потребителей осуществляется в период с сентября по май. Температурное регулирование происходит по утвержденному Администрацией Большемуртинского района годовому графику, зависящему от температуры окружающего воздуха.

Решение о полной замене теплоисточника Котельная “Тында” вызвано следующими фактами:

- Моральное и физическое устарение котельного оборудования,
- Неэффективность работы оборудования при выработке тепловой энергии,
- Неудовлетворительное состояние здания котельной (при проведении лицензированной организацией технического освидетельствования котельной, выявлены замечания которые невозможно устранить без больших финансовых вложений).

На основании выше изложенного в 2017г сотрудниками компании АО “КрасЭКо” произведены работы по обследованию систем теплоснабжения абонентов и конструкции жилых помещений в целях потребления фактически присоединённых нагрузок. Также проведено обследование тепловых сетей на предмет вычисления фактических тепловых потерь через изоляцию. Результатом данных работ является разработка проекта по установке автоматической блочно-модульной котельной АБМК мощностью 0.6МВт/0.52Гкал/ч производства Новосибирской компании ООО “Термобот” с котлами ТР-2х300кВт. Работы по созданию проекта выполняла Красноярская организация ООО “Краевой Инжиниринговый Центр”. На основании данного проекта выполнены работы по выделению со стороны Администрации Болшемуртинского района земельного участка размером 16х16метров. Следующим этапом данной работы стал монтаж фундаментов для АБМК. Срок по монтажу фундаментов занимает от 5-10дней. После подготовки рабочей поверхности в течении 3 дней был установлен блочный модуль котельной, состоящий из трех секций. Первая секция – котел №1 с угольным бункером, Вторая секция – котел №2 с угольным бункером, Третья секция – теплообменное оборудование и две насосных группы. После завершения строительно-монтажных работ произведена врезка в существующие инженерные сети, сети теплоснабжения, водоснабжения и электроснабжения. Завершающим этапом ввода в эксплуатацию АБМК является разрешение от органов Ростехнадзора на пусконаладочные работы с дальнейшим получением разрешения на эксплуатацию котельной на постоянной основе, как независимого источника теплоснабжения. После получения акта ввода исходная котельная “Тында” была законсервирована. С ноября 2017г и до мая 2019г теплоснабжение потребителей осуществляется от котельной АБМК. За период эксплуатации АБМК не выявлено серьёзных нарушений в работе оборудования.

### **2.1.3 Технические характеристики автоматизированной блочно-модульной котельной.**

**Терморобот** — это автоматический угольный котел, предназначенный для отопления как частных домов так и небольших промышленных объектов (малых котельных). Обеспечивает простой, удобный, экологически чистый способ подачи тепла. Кроме того, в отличие от других угольных котлов, терморобот полностью автоматизирован, то есть собственнику не нужно прикладывать собственных усилий для поддержания работы системы. При российском климате вопрос отопления в холодное время года очень актуален, особенно для тех, кто живет в загородных домах и коттеджах, не имея централизованной системы отопления. Им приходится устанавливать автономные отопительные системы. Чаще всего они работают на природном газе, электричестве, дизельном или же твердом топливе (древесина, уголь), отмечу следующие преимущества автоматизированной блочно-модульной котельной:

**1. Полная автономность.** Раньше собственнику угольного котла приходилось ежедневно подкладывать новую порцию топлива в котел. Сейчас же этого не требуется. Для запуска системы отопления достаточно засыпать уголь и разжечь его. Далее терморобот самостоятельно будет контролировать подачу топлива, процесс сгорания угля, а также температуру теплоносителя в соответствии с текущими погодными условиями. Кроме того, разработчики оборудовали котельную GPS-модулем, который оповещает сотрудников обслуживающей компании о том, что уголь заканчивается. Получив данное сообщение, специалисты должны будут выехать нужному объекту и произвести заправку котла. Таким образом, владельцу терморобота вообще нет необходимости прикасаться к котлу и беспокоиться о бесперебойной подаче тепла.

**2. Экологичность.** Прежде угольные котлы сильно загрязняли прилегающую территорию продуктами сгорания твердого топлива, а уходящие газы выходящие из дымовой трубы, имели неприятный запах и цвет. Терморобот сжигает все компоненты твердого топлива при оптимальных условиях, в результате чего из дымовой трубы выходит только горячий воздух с минимальным количеством примесей.

**3. Универсальность.** Терморобот одинаково эффективно работает на любом сорте угля. Главные условия - отсутствие в угольной массе крупных фракций свыше 50мм и сухость топлива.

**4. Отсутствие необходимости частой дозаправки.** Обычные угольные котлы с ручной подачей топлива приходится загружать ежечасно с по-



стоянным присутствием обслуживающего персонала, а бункер терморобота заправляется 1 раз в 5-7 дней (в зависимости от нагрузки котельной).

### **Основные характеристики АБМК «Терморобот»**

- Габаритные размеры: 4.4x5.8x2.7м,
- Марка котла: ТР-300, 2шт,
- Номинальная теплопроизводительность: 300/0.26кВт/Гкал,
- Диапазон теплопроизводительности: 20-105%,
- КПД Котла: 83-85%,
- Методы автоматической регулировки:  
по t подачи теплоносителя,  
по t° на улице (погодозависимая),  
по длительности подачи угля ),
- Вид топлива: Уголь Бурый ЗБР,
- Фракция: 13-50мм,
- Максимальный расход угля: 20.8 кг/час,
- Объем бункера: 4.2 м3,
- Рекомендуемый проток воды: 8.6 м3/ч,
- Максимальная температура воды: 95С,
- Температура дымовых газов: не более 120С,
- Срок службы: 15 лет,
- Циркуляционный насос: Да 2шт,
- Хим.водоочистка: Да,
- Расширительный бак котлового контура: Да,
- Расширительный бак сетевого контура: Да,
- Пластинчатый теплообменник: Да 2шт, 400кВт каждый,
- Тепло вычислитель: Да ВКТ-9.01,
- Расходомер: Да ПРЭМ – 2шт,
- Насос подпитки: Да,
- Автоматика безопасности: Да «Терморобот» вер. 171111,
- КИП котлового контура: Да

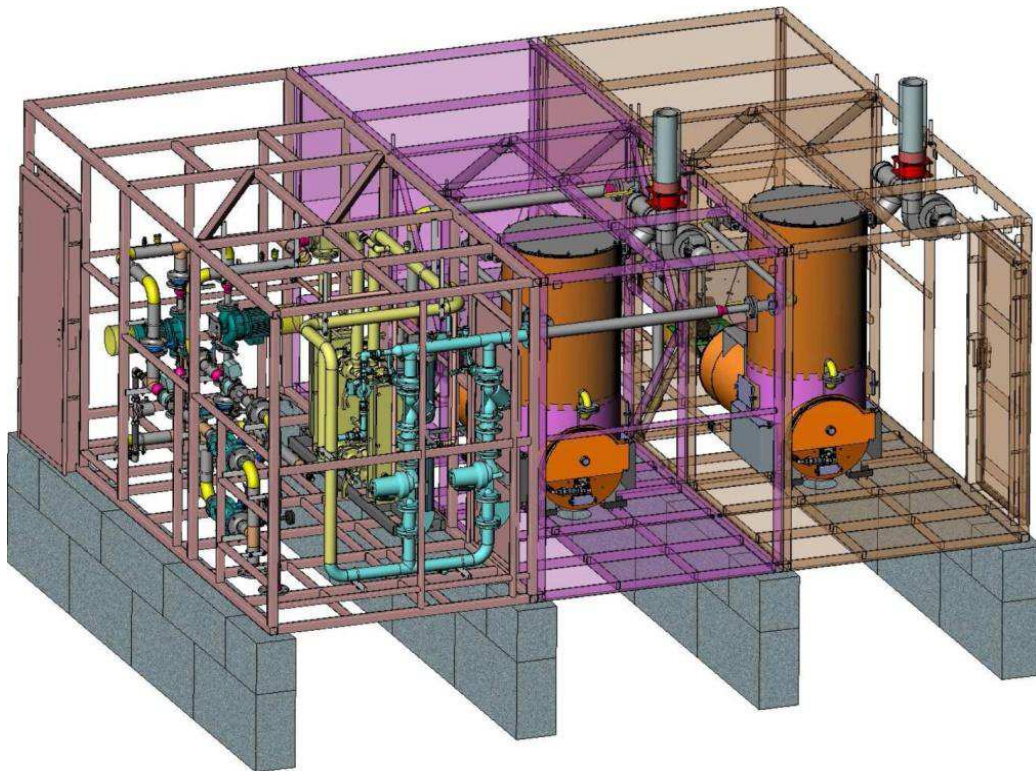


Рисунок 14 – Схематичное изображение АБМК

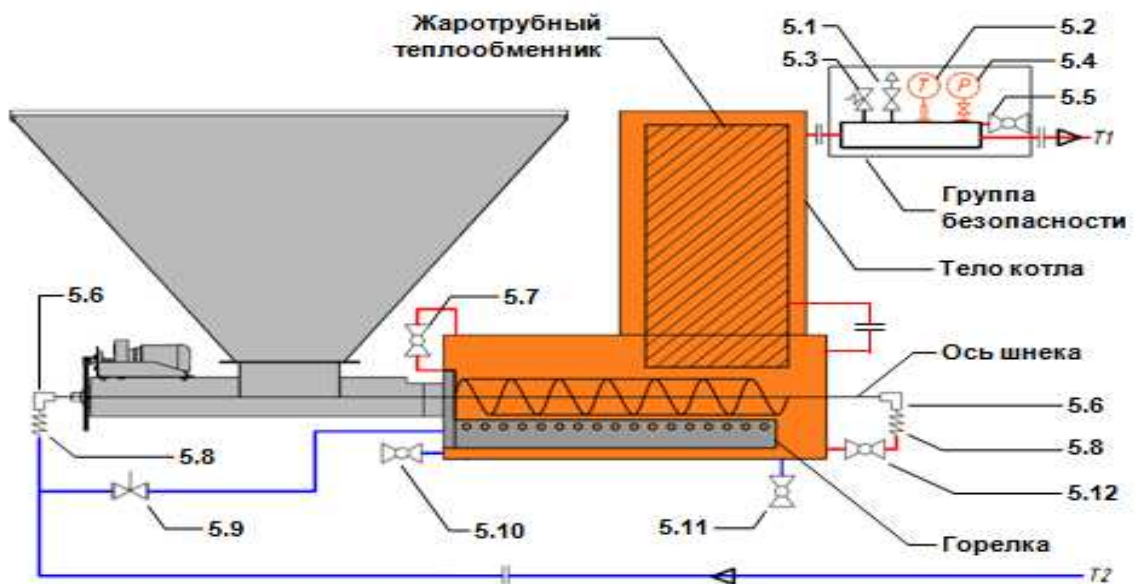


Рисунок 15 - Тепловая схема котла

**Тепловая схема состоит из следующих элементов:**

- Автоматический воздухоотводчик с отсекающим клапаном – 5.1,
- Термометр показывающий (биметаллический или жидкостный) – 5.2,

- Клапан предохранительный – 5.3,
- Манометр показывающий с отсекающим клапаном – 5.4,
- Кран шаровый для отвода воздуха при заполнении котла теплоносителем – 5.5,
- Задняя и передняя ротационные муфты для подключения водоохлаждаемого шнека – 5.6,
- Кран шаровый для соединения водоохлаждаемой горелки с телом котла – 5.7,
- Задний и передний компенсаторы теплового расширения шнека – 5.8,
- Вентиль регулирующий для балансировки протока через шнек – 5.9,
- Кран шаровый для заполнения системы и/или подключения расширительного бака – 5.10,
- Кран шаровый для слива теплоносителя (нижняя точка котла) – 5.11,
- Кран шаровый для отключения шнека при его замене – 5.12.

### **Топка и жаротрубный теплообменник**

Топка котла (рисунок 16) состоит из стального водоохлаждаемого корпуса [2.5] и горелочного устройства — линейной горелки Терморобот [2.8].

Спереди топка закрывается теплоизолированной дверцей со смотровым отверстием; в рабочем положении дверца уплотняется стекловолоконным шнуром.



Рисунок 16 Топка котла

Корпус изнутри частично футерован асбестовым картоном и шамотным кирпичом [2.7]. Благодаря футеровке в топке создаются условия, оптимальные для сжигания летучих компонентов угля. Жаротрубный теплообменник геометрически отделен от топки, в него поступают уже полностью

сгоревшие раскаленные газы. Такая схема позволяет свести к минимуму химический недожог.

### **Линейная горелка**

Тип горелки определяет основные характеристики угольного котла (КПД, требования к углю, диапазон регулирования мощности, экологические показатели). Для котлов ТР разработан новый тип горелочного устройства — линейная горелка Терморобот. В ней реализована промышленная технология сжигания твердого топлива, близкая к сжиганию в псевдоожиженном («кипящем») слое. Горелка позволяет полностью автоматизировать процесс горения; мало чувствительна к сорту и качеству угля и имеет высокий КПД.

Она состоит из стального ложа [3.4] с форсунками подачи первичного [3.3] и вторичного [3.1] воздуха, и шнека [3.2], который является неотъемлемой частью горелки (в отличие от других угольных котлов, где шнек используется только для подачи угля из бункера в топку [винтовой питатель], но не участвует в процессе сжигания угля в топке).

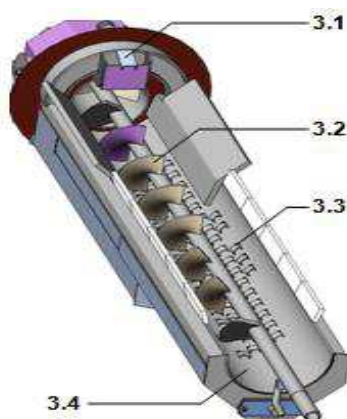


Рисунок 17 Линейная горелка

### **Механизм подачи угля**

Для бесперебойной подачи угля внутри бункера установлен эффективный ворошитель (рисунок 18) (обрушитель) [4.2]. Он обеспечивает работоспособность котла при загрузке сравнительно низкокачественного угля, склонного к слипанию (влажного и с большим содержанием пыли). Подача угля происходит циклически. Количество угля, подаваемого в топку за цикл (обычно 1 минута), зависит от требуемой теплопроизводительности котла, и может меняться в пределах от 30–50 г (что соответствует мощности 10–15 кВт) до 700 г (200 кВт). Подача угля небольшими порциями гарантирует его полное сгорание.

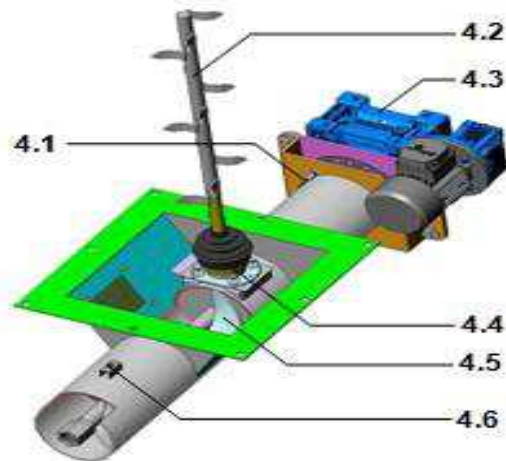


Рисунок 18 Механизм подачи топлива

### **Тягодутьевой тракт**

Объем подаваемого воздуха и уходящих дымовых газов пропорциональны количеству сжигаемого угля (текущей мощности котла). В процессе работы контроллер вычисляет необходимый расход газов и с помощью частотного регулятора меняет производительность дымососа и вентилятора. В котлах применяются промышленные дымососы и вентиляторы российского производства с частотой вращения 1 500 об./мин. У дымососов улитка и крыльчатка сделаны из нержавеющей стали. Низкая температура дымовых газов исключает высыхание переднего подшипника дымососа, что существенно увеличивает его ресурс.

### **Тепловая схема котла**

Котлы ТР предназначены для работы в системе отопления с принудительной циркуляцией теплоносителя. Для обеспечения циркуляции к котлу нужно подключить основной и резервный насосы. При выборе напора и производительности насосов, а также схемы их подключения (на прямом или на обратном трубопроводе) следует учитывать рабочее давление котла и рекомендуемый проток воды через.

### **Обеспечение безопасности**

Котлы ТР соответствуют требованиям Технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»; ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» и ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств», декларация о соответствии ТС № RU Д-РУ.АЛ32.В.04108. Микропроцессорная

автоматика контролирует режимы работы котла и обеспечивает его безопасное гашение при авариях, сбоях электроснабжения и при достижении предельных значений параметров.

## Программа удаленного управления котельными “Терморобот”

Взаимодействие диспетчерской программы (ДП) с котельными происходит по принципу «запрос-ответ». Инициатором всегда является ДП, которая формирует пакет запроса к нужной котельной. Основное окно программы (рисунок 19). В этом окне отображается состояние оборудования в целом. В верхней части отображаются актуальные события, требующие реакции диспетчера - аварии, предупреждения и т.п. Дополнительно на экране монитора диспетчер видит текущие параметры котельной (рисунок 20).

Дата/Время	Объект	Адрес	События
07.04.2017 8:54:43	Котёл 106	Береть	Нет связи
07.04.2017 8:21:50	Котёл 136	Монголия-2	Производится гашение котельной
07.04.2017 8:21:47	Котёл 135	Монголия-1	Производится гашение котельной
07.04.2017 5:18:41	Котёл 118	Ачинск-2	Нет связи
06.04.2017 17:39:55	Котёл 151	новочерноречка-2-2	Производится гашение котельной
05.04.2017 12:16:57	Котёл 38	Сенькин (Ермолаево)	Нет связи

Наименование	Значение	Дата/Время
Температура подачи, °C	60.7	07.04.2017 9:09:39
Температура обратки, °C	55.9	07.04.2017 9:09:39
Разность температур, °C	4.8	07.04.2017 9:09:39
Поток воды, м3/ч	9.2	07.04.2017 9:09:39
Мощность, кВт	26.3	07.04.2017 9:09:39
Энергия, Гкал	3.9972	07.04.2017 9:09:39
Установленная Т подачи, °C	50.0	07.04.2017 9:09:39
Время подачи, с	0.0	07.04.2017 9:09:39
Температура на улице, °C	4.6	07.04.2017 9:09:39
Температура шнека, °C	15.0	07.04.2017 9:09:39
Температура бункера 1, °C	15.0	07.04.2017 9:09:39
Температура бункера 2, °C	15.0	07.04.2017 9:09:39
Температура помещения котельной, °C	15.0	07.04.2017 9:09:39
Остаток угля, кг	1565	07.04.2017 9:09:39
Время до опуст. бункера, дн.	7.0	07.04.2017 9:09:39
Расход угля (усреднённый), кг/ч	9.3	07.04.2017 9:09:39
Расход чгля за период, кг		

Дата/Время	Объект	Адрес	События
------------	--------	-------	---------

09:12:11 07.04.2017

Рисунок 19 Основное окно программы

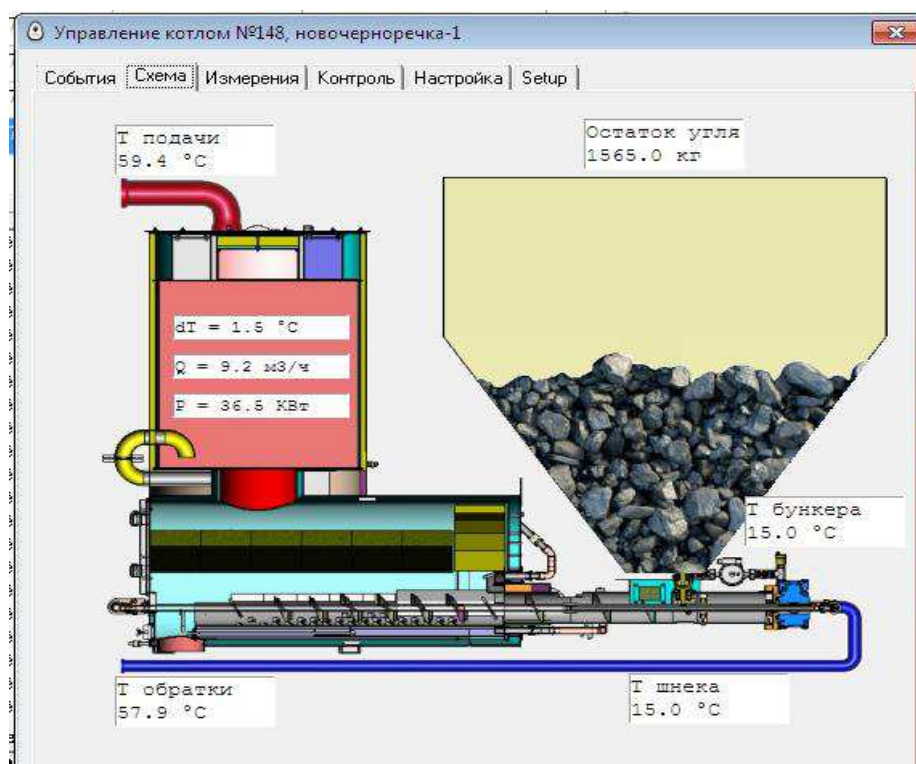


Рисунок 20 Отображение текущих параметров котельной

## Вывод по главе 2

В течении отопительного периода 2018г - 2019г компанией АО “КрасЭКо” эксплуатировались котельные по всему Красноярскому краю, особое внимание уделялось автоматизированной блочно-модульной котельной в пгт.Большая Мурта, т.к. это первая котельная такой мощности без постоянного обслуживающего персонала. За год эксплуатации данная котельная зарекомендовала себя только с положительной стороны, по итогам отопительного периода 2018-2019гг достигнуты следующие цели:

- Экономия твердого топлива составила 70%,
- Экономия электрической энергии составила 87%,
- Сокращение затрат на ФОТ 75%,
- Сокращение потребления холодной воды на 73%,
- Снижение затрат на ремонты на 86%.

На рисунке 21 представлен сравнительный анализ работы автоматизированной блочно-модульной котельной с котельной “Тында” за отопительный период.

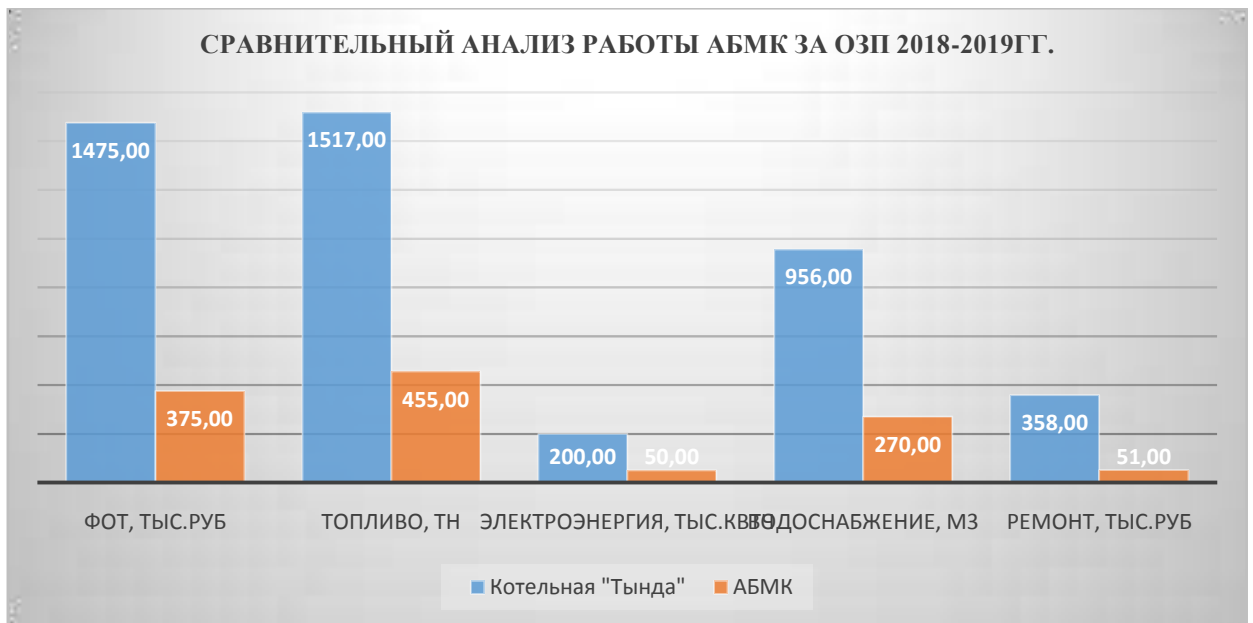


Рисунок –21 Сравнительный анализ работы АБМК



### 3. Технико -экономическое обоснование установки АБМК

#### 3.1 Исходные данные

Для решения задач выбора оптимального состава оборудования котельной, применен комплексный метод оценки сравнения технико-экономических и финансовых показателей, предусматривающих обеспечение заданных нагрузок. Расчеты выполняются преимущественно в автоматизированном режиме:

##### Технические исходные данные:

- Установленная тепловая нагрузки –  $W_m^{ycm}$  [Гкал/ч] ;
- Рабочая тепловая нагрузки –  $W_m^{pab}$  [Гкал/ч];
- Число часов использования тепловой нагрузки -  $\tau_{год}^{mэ}$  [ч/год];
- Характеристики топлива: теплота сгорания  $Q_n^{p0}$  [ккал/кг] и цена [руб./т(м<sup>3</sup>)];
- Тепловые потери водогрейного котла  $q_2-q_6$  [%], либо напрямую его КПД  $\eta_k$ ;
- КПД, учитывающие потери в трубопроводах и теплообменных аппаратах
- $\eta_{mp}$  и  $\eta_{ma}$  соответственно;
- Удельные капиталовложения  $k^{mэ}$  [млн. руб./(Гкал/ч)].

##### Экономические исходные данные:

- Норма амортизации  $H_{ам}$ ;
- Норма затрат на текущие ремонты (в долях от затрат на амортизацию)  $H_{тр}$ ;
- Среднемесячный фонд заработной платы одного работника  $\Phi_{мес}$  [руб./мес.];
- Поправки к штатным коэффициентам, позволяющие учесть вид сжигаемого топлива и выполнять расчет затрат как только на эксплуатационный персонал, так и на весь;
- Норма дисконтирования  $E_{диск}$ ;
- Нормы рентабельности по производству и отпуску тепловой энергии  $H_{рент}^{mэ}$  соответственно;
- Действующие тарифы на тепловую энергию –  $T^{тэ}$  [руб./Гкал].

### 3.2 Расчет удельного расхода натурального топлива на выработку тепловой энергии

Схемы с отопительными котлами вырабатывающие только тепловую энергию характеризуются довольно простыми зависимостями для определения их технико-экономических показателей, поэтому позволяют определить удельный расход натурального топлива на выработку тепловой энергии  $b_{мэ}$ , кг н.т./Гкал, через КПД по отпуску тепловой энергии:

$$b_{мэ} = \frac{10^6}{Q_n^p \times \eta_{мэ}}, \quad (3.1)$$

где  $\eta_{мэ}$  – КПД установки по отпуску тепловой энергии, определяется как произведение коэффициентов полезного действия котла, трубопроводов, теплообменных аппаратов и РОУ:

$$\eta_{мэ} = \eta_k \times \eta_{мп} \times \eta_{ма} \times \eta_{РОУ} \quad (3.2)$$

где значение КПД котла  $\eta_k$ , если не задано в исходных данных напрямую, рассчитывается методом обратного баланса через потери теплоты:

$$\eta_k = 1 - \frac{q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{100} \quad (3.3)$$

КПД РОУ для водогрейных котлов принимается равным 1,

#### 3.2.1 Расчет финансовых показателей

Определение абсолютных значений статей калькуляции на производство тепловой энергии по котельной.

$$I_{топл} = B_{э}^{год} \times C_{э} + B_{мэ}^{год} \times C_{мэ} \quad (3.4)$$

$B_{мэ}^{год} = b_{мэ} \times Q^{раб} \times \tau_{год}^{мэ}$  – годовые затраты на выработку тепловой энергии;

$C_{мэ}$  – цена топлива, используемого для выработки тепла.

Затраты на амортизацию:

$$I_{ам} = (K_{ээ} + K_{мэ}) \times H_{ам} \quad , \quad (3.5)$$

$K_{мэ} = Q^{уст} \times k^{мэ}$  – капиталовложения для выработки тепловой энергии.

Затраты на заработную плату:

$$I_{з.п.} = n_{шт} \times W^{учм} \times \Phi \quad , \quad (3.6)$$

где  $n_{шт}$  – коэффициент штатного персонала, чел./МВт.

Для водогрейных отопительных котлов  $I_{з.п.}$  считается по установленной тепловой мощности. Коэффициент штатного персонала в таком случае задается в [чел./ (Гкал/ч)].

$\Phi = \Phi_{мес} \times 12$  – годовой фонд заработной платы одного работника.

Затраты на ремонт:

$$I_{м.р.} = H_{мр} \times I_{ам} \quad (3.7)$$

Прочие расходы:

$$I_{пр} = 0,3 \times (I_{ам} + I_{з.п.} + I_{м.р.}) \quad (3.8)$$

При исключительно тепловой нагрузке все затраты относят на производство тепловой энергии

$$I_m = I_{\Sigma} \quad , \quad (3.9)$$

Себестоимость тепловой энергии, руб./Гкал

$$S_m = I_m / Q_{от} \quad , \quad (3.10)$$

где  $Q_{om} = Q^{раб} \times \tau_{год}^{мэ} \times (1 - \alpha_{сн}^{мэ})$  – годовой отпуск теплоты.

Срок окупаемости – это период (измеряемый в месяцах, кварталах или годах), начиная с которого первоначальные затраты покрываются суммарными затратами. Другими словами, это интервал времени, в течение которого общий объем капитальных затрат остается большим суммы амортизационных отчислений и прироста прибыли предприятия.

Для приведения разновременных затрат и результатов используется ставка дисконтирования ( $E_{диск}$ ), равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Ставка сравнения определяет темп снижения ценности денежных ресурсов с течением времени.

Приведение к базисному году затрат и результатов, имеющих место в  $t$ -м году реализации проекта, производится путем умножения на коэффициент дисконтирования  $a(t)$ , определяемый для постоянной ставки дисконтирования  $E_{диск}$  как:

$$a(t) = \frac{1}{(1 + E_{диск})^t}, \quad (3.11)$$

где  $t$  – номер года ( $t = 0, 1, 2, \dots, T$ );

$T$  – горизонт счета.

Ежегодный поток платежей  $CF_t$  (cashflow) в  $t$ -м году определяется по формуле

$$CF_t = \left[ T^{ээ} - S_э \right] \times \mathcal{E}_{om} + (T^{мэ} - S_{мэ}) \times Q_{om} + I_{ам} \times a(t) \quad (3.12)$$

Чистый дисконтированный доход, или чистая текущая стоимость NPV (net present value)

$$NPV = \sum_{t=1}^T CF_t - K \quad (3.13)$$

Годом окупаемости проекта считается год  $t$ , в котором значение NPV становится положительным.

Все технико-экономические данные сведены в таблицу 2 и 3.

Таблица 2 Эксплуатационные затраты за один отопительный период

№ п/п	Наименование показателя	Ед.Изм	Котельная "Тында"	Котельная "АБМК"	Срок окупаемости
	1		2	3	
1	ФОТ	тыс.руб	1 475 000,0	375 000,0	2,9 года
2	Топливо		1 821 750,0	1 821 750,0	
3	Электроэнергия		803 250,0	208 000,0	
4	Водоснабжение		375 000,0	101 250,0	
5	Ремонт		358 000,0	51 000,0	
6	Амортизация		56 000,0	232 500,0	
7	Прочие затраты		246 000,0	446 000,0	
<b>ИТОГО:</b>			<b>5135000,0</b>	<b>3 235 500,0</b>	



Рисунок 22 Эксплуатационные затраты за один отопительный период

Таблица 3 Эксплуатационные затраты при переводе 12 котельных на АБМК

№ п/п	Наименование показателя	Ед.Изм	Котельные с ручной подачей топлива, 12 шт	Котельные "АБМК", 12шт	Срок окупаемости
			3	4	
			1	2	5
1	ФОТ	тыс.руб	17 700 000,0	2250000,0	2,6 года
2	Топливо		21 861 000,0	21861000,0	
3	Электроэнергия		9 639 000,0	2496000,0	
4	Водоснабжение		4 500 000,0	1215000,0	
5	Ремонт		4 296 000,0	612000,0	
6	Амортизация		672 000,0	2790000,0	
7	Прочие затраты		2 952 000,0	5352000,0	
<b>ИТОГО:</b>			<b>61620000,0</b>	<b>36576000,0</b>	

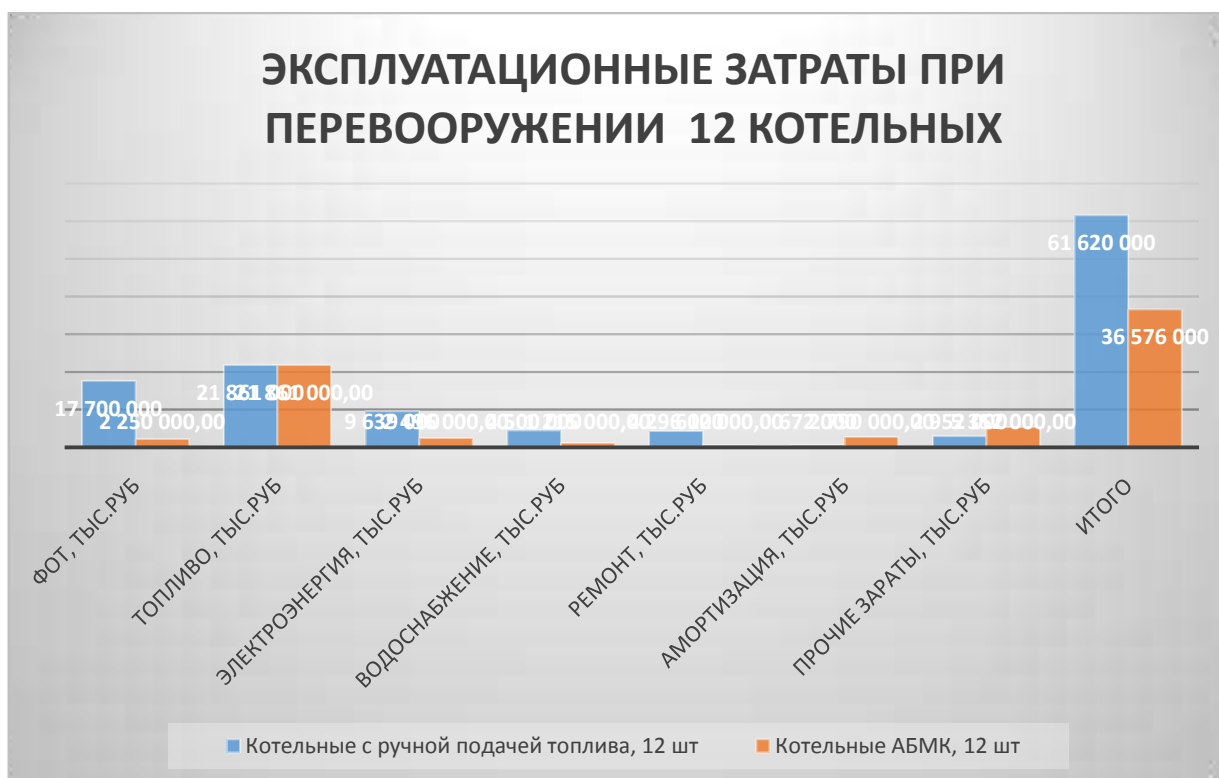


Рисунок 23 Эксплуатационные затраты за один отопительный период, при переводе 12 котельных

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказано целесообразность внедрения автоматических блочно-модульных котельных на территории Красноярского края по следующим причинам:

- Сокращение потребления ТЭР,
- Сокращение затрат на ФОТ,
- Сокращение величины тепловых потерь с механическим, химическим недожогами и потерь с уходящими дымовыми газами;
- Снижение величины выбросов производственной деятельности котельной в окружающую среду;
- Установка современной автоматики, органов контроля для управления технологическим процессом.
- Увеличение надежности источника тепловой энергии.
- При повсеместном внедрении автоматических блочно-модульных котельных снижается финансовая нагрузка на потребителей в следствие сокращения тарифа на выработку тепловой энергии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бойко, Е. А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла) : учебное пособие / Е. А. Бойко, И. С. Деринг, Т. И. Охорзина. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2005. – 96 с.
2. Богомолов, В. В. Энергетические угли восточной части России и Казахстана : справочник / В. В. Богомолов, Н. В. Артемьев, А. Н. Алехнович, Н. В. Новицкий. – Челябинск : Урал ВТИ, 2004. – 304 с.
3. Мочан, С. И. Тепловой расчет котлов : нормативный метод / С. И. Мочан, А. А. Абрютин, Г. М. Каган, В. С. Назаренко. – Санкт-Петербург : АООТ НПО и АООТ ВТИ, 1998. – 256 с.
4. Лобанова, З. М. Экология и защита биосферы. Информационно-развивающие дидактические задания: учебное пособие /З. М. Лобанова. – Барнаул: АлтГТУ, 2009. – 130 с.
5. Постановление о ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах : федер. закон Российской Федерации от 13 сентября 2016 года № 913. – Москва : Российская газета, 2017. – 42 с.
6. Электронный каталог Красноярских котлов [Электронный ресурс]: Котлы отопления для частного дома, торгового или производственного объекта // ООО «Крас-Котел». – Режим доступа: <https://kras-kotel.ru>
7. Электронный каталог Автоматических угольных котельных [Электронный ресурс] : «Терморобот». – Режим доступа: <http://www.termorobot.ru>
8. Электронный каталог котлов Восточно-Сибирского котельного завода [Электронный ресурс]: Котлы отопления на твердом топливе // ООО «ВСКЗ». – Режим доступа: <http://vskz.ru>
9. Электронный каталог котельного завода «Росэнергопром» [Электронный ресурс]: Проектирование, производство, монтаж, пуско-наладка котлов и котельного оборудования //«Росэнергопром». – Режим доступа: <http://www.kvzr.ru>
10. Электронный каталог завода-изготовителя пылеулавливающего оборудования [Электронный ресурс]: Рукавные и картриджные фильтры //«Экофильтр». – Режим доступа: <https://e-f.ru/catalog/rukavnie-filtri>
11. Электронный каталог завода по строительству быстровозводимого здания [Электронный ресурс]: Калькулятор стоимости здания //«Агрострой». – Режим доступа: <http://xn--80agstakbhj.xn--p1ai/>
12. Электронный каталог Новосибирского энергомашиностроительного оборудования [Электронный ресурс]: Производство вентиляционного оборудования //«Тайра». – Режим доступа: <http://taura.ru/ru/>



13. Электронный каталог Бийского котельного завода [Электронный ресурс]: Изготовление паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности // ОАО «Бийский котельный завод». – Режим доступа: <http://www.bikz.ru/>.

14.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра Теплотехники и гидрогазодинамики

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А.Кулагин

подпись

инициалы, фамилия

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Использование автоматических угольных котельных Терморобот для  
повышения эффективности работы котельных малой мощности

13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

13.04.01.01 «Энергетика теплотехнологий»

Научный руководитель

подпись, дата

доцент, канд. физ.-мат. наук  
должность, ученая степень

Е.Б.Истягина

Выпускник

подпись, дата

К.П.Гончаренко

Рецензент

подпись, дата

зам. гл. инженера  
Центрального филиала АО  
«КрасЭКо»  
должность, ученая степень

Р.А.Овчинников

Красноярск 2019