

Список литературы

1. РД 34.20.501-95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. 15-е изд. СПб. : ДЕАН, 2002. 352 с.
2. Типовая инструкция по технической эксплуатации систем транспорта и распределения тепловой энергии (тепловых сетей). М. : СПООРГРЭС, 1999.
3. МДК 4-02.2001. Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения. М. : ГУП ЦПП, 2002. 86 с.
4. Белан Ф. И., Сутоцкий Г. П. Водоподготовка промышленных котельных, М. : Энергия, 1969.
5. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. М. : ДеЛи принт, 2004. 328 с.

УДК 621.18

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА ВОДОТРУБНЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ В ВОДОГРЕЙНЫЙ РЕЖИМ

*Р. В. Муканов, В. Г. Худавердян, В. А. Рассошинский,
О. Р. Муканова, В. С. Филатова
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Статья посвящена оценки возможности для перевода в водогрейный режим, существующих паровых котельных. Проведен анализ оборудования котельных расположенных в Астраханской области, и возможность перевода отдельных паровых котлов в водогрейный режим.

Ключевые слова: *Na-катионирование, котельная установка, паровой котел, режимная карта котла, водогрейный режим.*

The article is devoted to the assessment of the possibility for transferring to the water-heating mode, the existing steam boiler-houses. The analysis of the equipment of the boiler houses located in the Astrakhan region, and the possibility of transferring individual steam boilers to the water-heating mode is carried out.

Keywords: *Na-cationing, boiler plant, steam boiler, regime card of the boiler, water-heating mode.*

Сокращение в 90-х гг. прошлого столетия мощностей ряда предприятий в сельской местности Астраханской области (рыбной, сельскохозяйственной, строительной и т.д.) привело к резкому снижению в потребности водяного пара, вырабатываемого местными котельными, а то и отказа от него. Котельные используются не в качестве производственно-отопительных, а как отопительные, вырабатывая через бойлерную для теплоснабжения только горячую воду. Так как каждый поселковый совет испытывает значительные финансовые затруднения в покупке нового котельного оборудования, администрация и руководители котельных часто идут на упрощение технологии эксплуатации имеющегося в наличии парового котельного оборудования и перевода его в водогрейный режим. Ре-

шение о переводе паровых водотрубных котлов (чаще всего марок ДКВр) в водогрейный режим вполне оправданно, т.к. водогрейный режим при работе котельных на газообразном топливе позволяет увеличить единичную мощность в 1,5 раза; из-за уменьшения потерь с уходящими газами увеличить КПД котлоагрегата до 92÷94 %, а, следовательно, уменьшить расход газа на 20÷25 %; позволяет снизить рабочие параметры (температуру и давление), благодаря чему снижается напряженность работы металла и продлевается на 10÷15 лет период эксплуатации котла; и наконец, значительно упрощается тепловая схема котельной установки т.к. есть возможность перевести в резерв или вообще исключить бойлерную, а котельные агрегаты непосредственно подключить в систему теплоснабжения. Кроме этого, есть возможность упростить схему Na-катионитовой обработки подпиточной воды (ХВП), путем замены ее на автоматические дозаторы непосредственного введения компонентов типа ОЭДФ-Zn или НТФ-Zn в подпиточную воду [1].

К настоящему времени такой технологией воспользовались ряд котельных в Московской, Ростовской, Волгоградской, Сыктывкарской и ряда других регионов Российской Федерации.

При переводе котлов в водогрейный режим необходимо придерживаться отработанных схем. Их несколько. Безусловно оправданными являются схемы: Бийского котельного завода; схема НПО ЦКТИ им. Ползунова, схема «УралЭнергоЧермета»; схема с «сопловыми аппаратами» и комбинированная схема, когда котельный агрегат может работать как водогрейном так и паровом режимах «ЛесЭнерго», схема завода резервуарных металлоконструкций (РМК) г. Саратов и др. Каждая из этих схем, при реконструкции котельного агрегата имеет ряд особенностей в постановке дополнительных элементов и трубопроводов, но главным остается надежность принудительно работающих циркуляционных контуров - экранных и конвективных.

Капитальные затраты такой реконструкции по переводу паровых котлов в режим водогрейный невелики и окупаются в течение 0,5÷1 года [2].

К сожалению, накопленный опыт эксплуатации переведенных в водогрейный режим котлов показывает, что примерно 25 % из них в самом начале работы (через 2÷3 года) выходят из строя. Есть письма ГГТН не рекомендующие предприятиям переводить паровые водотрубные котлы в водогрейный режим, а в Шатурском районе Московской области администрация запретила такие переводы в ряде котельных [3].

В этой статье авторы, на одном из примеров, вскрывают причины, которые сопутствуют выходу из строя реконструированных под водогрейный режим водотрубных котельных агрегатов (рис. 1).

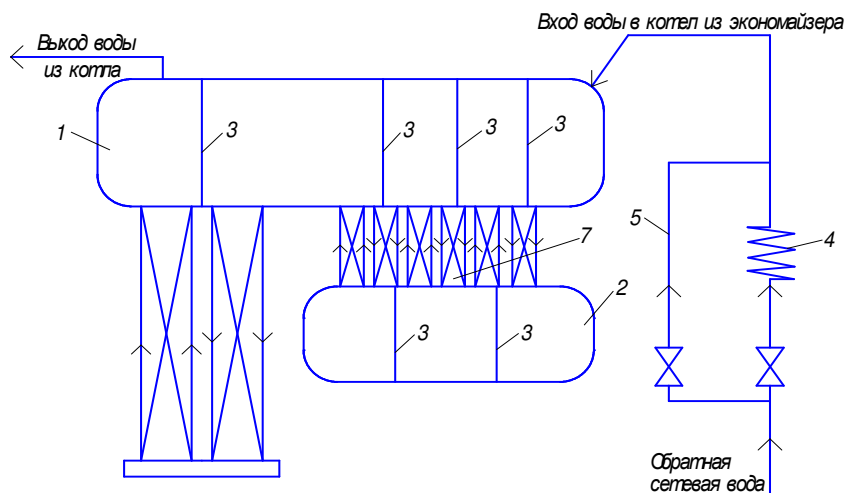


Рис. 1. Принципиальная схема движения воды в реконструированном котле ДКВр-6,5/13: 1 – верхний барабан; 2 – нижний барабан; 3 – разделительная перегородка с люком; 4 – экономайзер; 5 – байпас; 6 – боковой экран; 7 – кипяtilьный пучок

Нами проанализирована работа центральной котельной № 1 поселка Володарский Астраханской области, в которой после неудачного перевода в ноябре 2005 г. трех паровых котлов марки ДКВр-6,5/13 со средним сроком службы всего 18 лет (предельный до диагностики 24 года) в водогрейный режим, списаны на металлолом в апреле 2007 года [4].

Все три котла работали на Астраханском газе и вышли из строя по причине многочисленных неплотностей и свищей в экранных и конвективных поверхностях нагрева.

Паспортные данные каждого из котлов ДКВр-6,5/13 котельной № 1 поселка Володарский следующие: номинальная мощность - 4,3 МВт; конвективная поверхность – 171 м²; радиационная – 27 м²; трубная часть радиационной и конвективной поверхности изготовлена из труб диаметром 51×2,5; материал Ст 10.

Каждый котел оборудован двумя форсунками ГМГ-4 мощностью 4,65 МВт, т.е. общая мощность двух форсунок – 9,3 МВт. Допустимая максимальная рабочая мощность может быть, как уже было сказано выше $1,5 \times 4,3 = 6,45$ МВт. Температура воды на отопление (прямая и обратная) для двух режимов – холодной пятидневки – 120/70 °С; для теплой зимы – 90/60 °С [5].

Первоначально, нами был произведен анализ режимных карт все трех котлов ДКВр-6,5/13 (стационарные номера 1, 2, 3), сделанных организацией ООО СРП «Термо-технология» от XI – 2005 после перевода их в водогрейный режим (см. рис. 2). Как уже было отмечено выше КПД паровых котлов, переведенных в водогрейный режим должен повысится относительно паспортного значения ($\eta_k = 92 \%$) из-за снижения температуры

холодного теплоносителя воды (в паровом – 180÷190 °С; в водогрейном – 90÷120 °С).

Однако, как видно из рис. 2, КПД всех трех котлов, переведенных в водогрейный режим понизился до значений $\eta_k = 83\div84\%$. Причина разницы – высокая температура газов за экономайзером в пределах 160 °С вместо 110 °С в паровом режиме (в водогрейном она должна быть еще ниже). С другой стороны, известно, что КПД котла работающего на газовом топливе $q_k = 100 - q_2 - q_3 - q_5$, где q_2 , q_3 и q_5 относительные потери котельного агрегата. Потеря тепла с химическим недожогом $q \approx 0$, т.к. топливо газ; тепло в окружающую среду $q_5 = 2,2\%$ [6], следовательно, потеря тепла с уходящими газами $q_2 = 13\div14\%$ (справочная $q_2 = 4,5\%$).

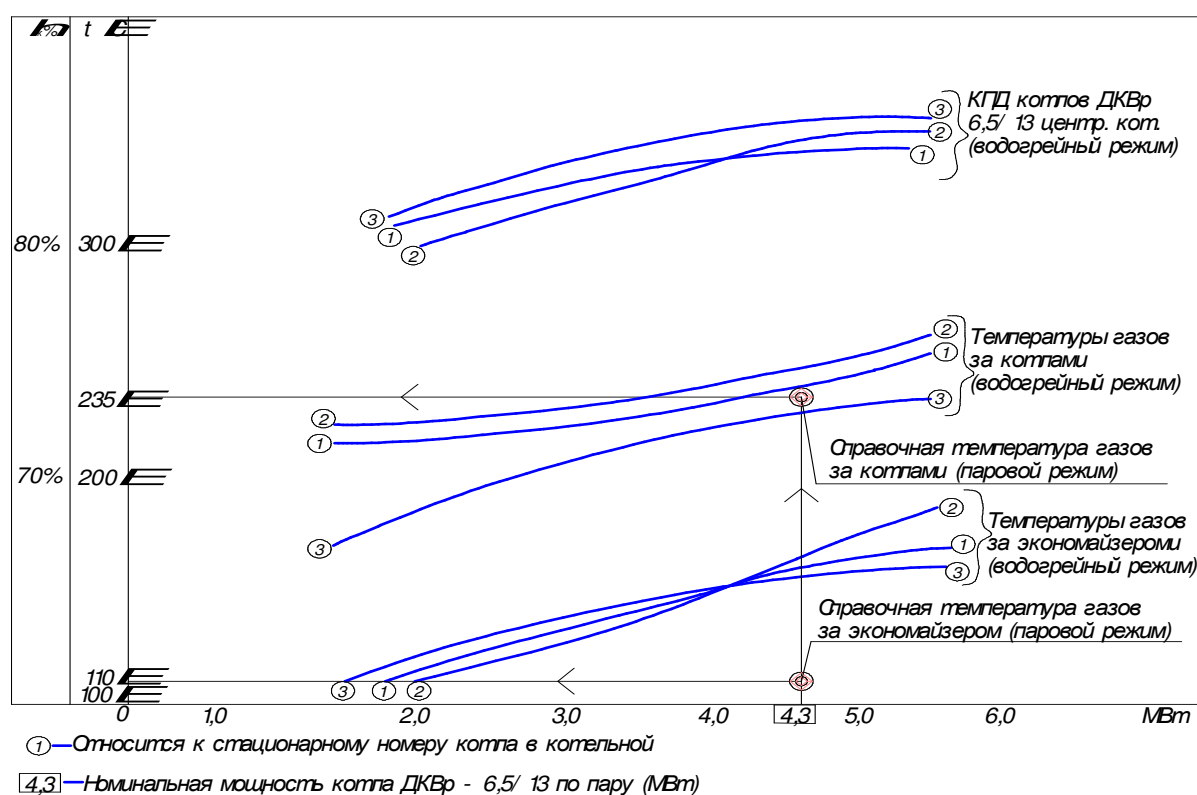


Рис. 2. Зависимости КПД и температуры от режима работы котла

$q_2 = f \cdot (t_{yx.z.}, \alpha_{yx.z.})$ – т. е. зависит от температуры уходящих газов и коэффициента избытка воздуха. Из рис. 2 видно, что температура газов за котельным агрегатом выше паспортной при номинальном режиме (кроме 3), что связано с отложением накипи на внутренней поверхности труб. Наружная сторона труб чистая, что подтверждается потерей $q_3 = 0$. Визуальный осмотр труб водогрейного тракта подтвердил эти опасения – просматривается толщина накипи в пределах 1,0÷1,5 мм [7].

После перевода Володарской котельной № 1 в водогрейный режим из всей химводоподготовки для подпиточной воды были оставлены только

механические фильтры. Во время эксплуатации интенсивность накопления загрязнений по водогрейному тракту увеличилась за счет увеличения объема подпиточной воды т.к. в поселке нет горячего водоснабжения (ГВС) и население на бытовые нужды делает отбор горячей воды непосредственно из отопительных приборов. В силу этого объем подпиточной воды многократно возрастает с 0,5 % до 15÷20 %. Подпиточная необработанная волжская вода (механические фильтры с таким объемом не справляются) содержит в себе, как показал ряд анализов, помимо растворенных в ней солей, до 3 мг/литр взвешенных веществ. При указанном содержании механических примесей, за отопительный сезон в каждом котельном агрегате ДКВр-6,5/13, переведенном на водогрейный режим, может отложиться в местах с большими местными сопротивлениями (вход трубы в нижний барабан, изгибы труб и т.п.) до 500 кг взвешенных веществ. Такие загрязнения, пусть выпавшие локально, приведут в этих местах к перегреву металла максимальная температура которого не должна превышать 460 °С. То же будет происходить в местах с пониженной скоростью воды. Как показали расчеты минимальная скорость воды в водогрейных трубах, реконструированных под водогрейный режим котлов находится в пределах 0,15 м/с, при условии равномерного распределенного сопротивления для каждой трубы.

При такой скорости воды в водогрейных трубах котлов диаметром 51×2,5, величина критерия Рейнольдса – Re при температурах 90 и 120 °С лежит в диапазоне 27300÷34000, а коэффициент теплоотдачи α_v , определенный в соответствии с [7] будет находиться в диапазоне $1223 \div 1409 \frac{Вт}{м^2 \cdot град}$. Следовательно, значение теплоотдачи по сравнению с пароводяной смесью в кипяtilьных трубах паровых котлов (5000–8000 $\frac{Вт}{м^2 \cdot град}$) снизилась в 4÷5 раз. Поэтому при переводе таких котлов в водогрейный режим, надо помнить, что термическое сопротивление пограничного слоя со стороны нагреваемой воды, практически сравнивается с сопротивлением накипи в 1 мм при коэффициенте ее теплопроводности $\lambda = 1,5 \frac{Вт}{м \cdot град}$ (коэффициент теплопроводности взят как среднее значение для котлов, запитываемых волжской водой).

Для пояснения сказанного проведен расчетный анализ для условий термической работы металла водогрейных труб котлов ДКВр-6,5/13 переведенных в водогрейный режим. Нами построена обобщающая номограмма (рис. 3) – значение температурных напоров $\Delta t^{\circ}C$ от плотности теплового потока $q \frac{Вт}{м^2 \cdot град}$ для самого опасного участка котельного агрегата – экранных труб в топке.

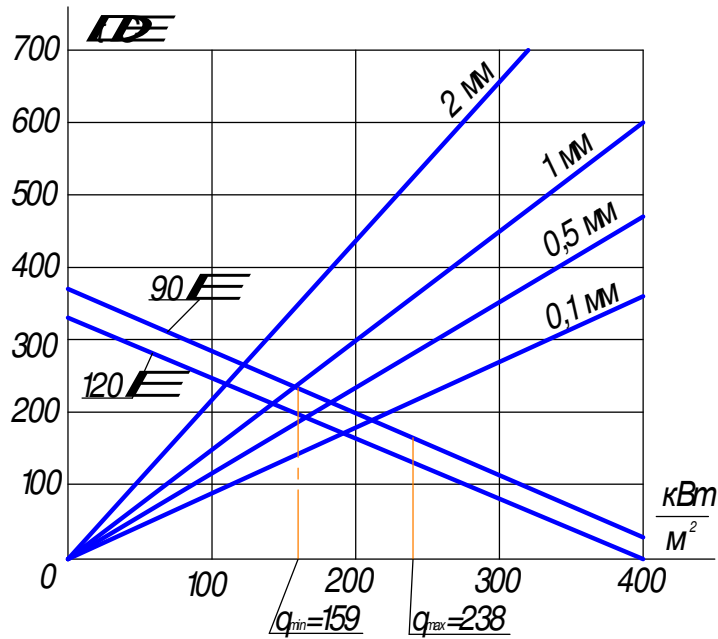


Рис. 3. Номограмма температурных напоров

На графике одна группа линий получена для горячей воды – $t_{\text{в}} = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ для труб без накипи, но отсчитанная от реперной точки разрушения трубы из стали 10 при температуре $t_{\text{см}}^{\text{max}} = 460\text{ }^{\circ}\text{C}$ по формуле:

$$t_{\text{см}}^{\text{max}} - t_{\text{см}} = t_{\text{г}} + q \cdot (R_{\text{г}} + R_{\text{см}}).$$

Другая группа линий для текущей разности температур металла труб с накипью толщиной 0,1; 0,5; 1,0; 2,0 мм по уравнению:

$$t_{\text{см}} - t_{\text{г}} = q \cdot (R_{\text{г}} + R_{\text{см}} + R_{\text{н}}),$$

где $q = \frac{Q}{F_{\text{эк}}} = \frac{Q}{27} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{град}}$, $F_{\text{эк}}$ – радиационная поверхность экранов топки

ДКВр-6,5/13 (q – выбирается из диапазона рабочего режима работы топки 100, 200, 300 и 400 $\left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right] \cdot \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$; $R_{\text{г}} = \frac{1}{\alpha_{\text{г}}} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}} \right]$ – сопротивление погра-

ничного слоя со стороны воды; $R_{\text{см}} = \frac{\delta_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}} \right]$ – сопротивление стенки

металлической трубы; $R_{\text{н}} = \frac{\delta_{\text{н}}}{\lambda_{\text{н}}} \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}} \right]$ – сопротивление слоя накипи.

При номинальном режиме работы топки $q = \frac{4300}{27} = 159 \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$. Для

максимально разрешенного режима $q = \frac{1,5 \cdot 4300}{27} = 238 \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$. Анализ гра-

фика (рис. 3) показывает, что линии критической разности при температурах воды $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ делят поле номограммы на две части: верхняя ава-

рийная (разрушение труб) и нижняя безаварийная. Из номограммы видно, что при номинальной плотности теплового потока в топке $q = 159 \text{ кВт/м}^2$ при температуре воды $90 \text{ }^\circ\text{C}$ допустимая толщина накипи не должна превышать $\approx 1 \text{ мм}$, а при $120 \text{ }^\circ\text{C}$ – всего $0,5 \text{ мм}$. Кроме того, паровые водотрубные котлы, переведенные в водогрейный режим, не могут работать на максимально допустимую, но разрешенную мощность $N_{\max} = 1,5 \cdot 4,3 = 6,45 \text{ МВт}$ с плотностью теплового потока в топке $q_{\max} = 238 \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$ (такой поток вполне достижим при 2-х форсунках в топке ГМГ–4, которые могут создавать плотность теплового потока $q_{\text{пред}} = 340 \left[\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right]$). Допустимая форсажная мощность с которой водогрейные котлы могут работать (См. рис. 3) может быть всего на 20% выше номинальной, т.е. не более $5,16 \text{ МВт}$ ($q < 200 \text{ кВт/м}^2$). Как видно из той же номограммы, в этом случае надо контролировать толщину накипи в трубах, которая должна быть в пределах $0,1 \div 0,5 \text{ мм}$. Превышение этого значения дает основание ставить водогрейную часть на химпромывку.

Из сказанного можно сделать следующие обобщения, при переводе паровых водотрубных котлов в водогрейный режим. Наряду с безусловными преимуществами, о которых шла речь выше, должна быть выдержана гидродинамика каждого контура водогрейного тракта и сокращено выпадение загрязнений и накипи на внутренних стенках труб до минимума.

При реконструкции котлов надо придерживаться следующих правил:

1. После выбора схемы реконструкции необходимо при известных расходах воды на теплосеть обеспечить в каждом контуре котла минимальную скорость воды не ниже $0,15 \div 0,17 \text{ м/с}$ на всех режимах работы. Для этого необходимо сделать ряд гидродинамических расчетов каждого контура и если потребуется при монтаже применить шайбование труб. Всегда помнить, что низкие скорости приведут даже в чистом котле к образованию паровых пробок, резкому в этих местах увеличению температуры металла, и, как следствие, к аварийным ситуациям.

2. Исключить в водогрейных водотрубных котлах большие расходы подпиточной воды, которая возникает при отсутствии в поселках ГВС из-за разбора горячей воды на хозяйственные нужды. Всегда помнить, что дополнительное загрязнение за счет неочищенной подпиточной воды так же ведет к аварийным ситуациям. Для снижения опасности больших отложений в водогрейном тракте котла ставить мощные грязевики перед сетевыми насосами, постоянно очищать их, а в саму воду теплосети через дозатор вводить комплексы типа ОЭДФ – Zn или НТФ – Zn.

3. Следить чтобы температура металла труб со стороны газоздушного тракта была выше температуры точки росы. Для этого температура обратной воды должна быть не ниже $55 \div 60 \text{ }^\circ\text{C}$ (минимальная нагрузка кот-

ла). Выдержать такой режим по водяному тракту можно за счет подмешивания прямой сетевой воды в обратную за счет рециркуляционного насоса. Одновременно не снижать расхода прокачиваемой воды через котел ниже расчетного значения.

4. Перед реконструкцией перевода котлов типа ДКВр, ДЕ и др. в водогрейный режим провести диагностику и тщательную отмывку пароводяного тракта (или его шарошение) до момента, когда оставшаяся от прошлой эксплуатации накипь будет сведена к нулю.

Указанные выше основные требования являются необходимыми и достаточными при переводе водотрубных паровых котлов в водогрейный безаварийный режим эксплуатации для всех котельных ЖКХ Астраханской области.

Список литературы

1. Паспорта котлов Бийского котельного завода ДКВр-6,5/13. Регистрационные номера №№ 43617, 44511, 44132 центральной котельной № 1 поселка Володарский Астраханской области.
2. Заключение промышленной безопасности по техническому диагностированию котлов ДКВр-6,5/13 рег. №№ 43617, 44511, 44132 от 30 января 2006 г.
3. Заключение промышленной безопасности по техническому диагностированию котлов ДКВр-6,5/13 рег. №№ 43617, 44511, 44132 от июня 2007 г.
4. Исполнительная техническая документация реконструкции паровых котлов типа ДКВр-6,5/13 рег. №№ 43617, 44511, 44132 для перевода их на водогрейный режим работы. ООО СРП «Термо-технология» август-октябрь 2005 г. г. Астрахань.
5. Режимные карты котлов ДКВр-6,5/13 рег. №№ 43617, 44511, 44132 с экономайзером переведенных в водогрейный режим ноябрь 2005 г.
6. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности. М. : Энергоатомиздат, 1989.
7. Исаченко В. П. и др. Теплопередача. М. : Энергоиздат, 1981.

УДК 541.49

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

*Р. В. Муканов, О. Р. Муканова, Р. Н. Сулейманов, Е. А. Панфилов,
Н. В. Степанов, И. В. Суров
Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

В статье рассматривается вопрос о возможности использования нетрадиционных (альтернативных) источников энергии, применительно к сельским школам Астраханской области. Рассмотрены несколько вариантов теплоснабжения в том числе и с использованием нетрадиционных источников энергии.

Ключевые слова: твердое топливо, газообразное топливо, котельная установка, тепловой насос.