

Согласовано:
Генеральный директор
ЗАО «ЭКОФОР»
Глухарь Н.Ф. Глухарёв
«07» 06 2002 г.



Утверждаю:
Зам. главного инженера
Юго-Западного филиала ГУП «ТЭК СПб»
В.В. Васильев.
« » 2002 г.



Технический отчёт по результатам опытно-производственной эксплуатации устройства «ЭКОФОР» на паровом котле средней мощности.

1. Введение.

1.1. В период с 25.11.2000 г. По 18.09.2001 г. Юго-Западным филиалом ГУП «ТЭК СПб» совместно с ЗАО «ЭКОФОР» была проведена опытно-промышленная эксплуатация устройства «ЭКОФОР» на оборудовании 4-ой Красносельской котельной, ул. Пионерстроя, 19.

1.2. Данные устройства представляют собой электронные приборы, позволяющие снижать удельные затраты энергии в различных технологических процессах, например, при измельчении твёрдых материалов, в производстве активированных углей, при кристаллизации расплавов и т.д. Устройство защищено патентом Российской Федерации № 2100492.

1.3. Воздействие устройства на процессы нагрева и кипения жидкостей первоначально изучалось на открытом сосуде с водой, при этом выяснилось, что при равных условиях вода закипает раньше, а количество выкипевшей воды больше. Данный эксперимент проводился неоднократно со стопроцентной повторяемостью. По мнению разработчиков, этот эффект связан с уменьшением затрат энергии на парообразование, за счёт более лёгкого отрыва паровых пузырьков от греющей поверхности (Патент Российской Федерации № 2128804).

1.4. После экспериментальных работ были проведены промышленные испытания устройства «ЭКОФОР» на котельных заводах «Адмиралтейские верфи», «Красный химик». В ходе этих работ была получена экономия условного топлива 3-10%. При этом выяснилось, что основной причиной этого является способность устройства «ЭКОФОР» эффективно очищать внутренние поверхности котлоагрегатов от отложений, а разброс значений экономии, связан с различной степенью загрязнённости внутренних поверхностей котлоагрегатов.

1.5. Целью данной работы являлась оценка эффективности устройства «ЭКОФОР» по обеспечению безреагентного, безнакипного режима работы паровых котлоагрегатов средней

топке, обнаружены не сплошные твёрдые отложения (до пяти пятен на 100 п. мм с размером от 2 до 15 мм и толщиной до 0,5 мм визуалью)

Необходимо отметить, что предварительный осмотр котла был произведен в начале отопительного сезона, всего лишь через месяц после его химической очистки.

Поскольку изначально интенсивность воздействия устройства на отложения была неизвестна, продолжительность опытной эксплуатации была установлена, в соответствии с рекомендациями ЗАО «ЭКОФОР» - 12-15 суток.

Первоначально устройство было присоединено в точке «А» (приложение 2) к лючку верхнего барабана с тыльной стороны котла. Первое вскрытие котлоагрегата было произведено через 14 суток эксплуатации устройства «ЭКОФОР» и поскольку существенных изменений в состоянии внутренней поверхности не произошло, было решено, не изменяя условий, продолжить эксперимент ещё в течение 30 суток.

Второе вскрытие котлоагрегата было произведено после 1,5 месяцев непрерывной эксплуатации устройства. В результате внутреннего осмотра котлоагрегата (приложение 1, акт № 2) было установлено практически полное отсутствие отложений (не более 0,1 мм визуалью) на поверхности верхнего и нижнего барабанов в пределах 2 - 2,5 метров от лючков барабанов (точки присоединения устройства). На удалении 2,5 - 3,0 м от лючков отложения сохранились в виде отдельных бугорков (пятен) толщиной до 0,3 мм (см. рис.1). Далее, по мере продвижения к фронту, (на удалении 3,0-3,5 м от лючков) начинаются сплошные отложения до 0,4 мм визуалью, т.е. на этом удалении от точки подключения устройства эффект очистки практически не проявился.

В видимой части кипятильных труб, в пределах 3,5-4,0 м от лючков барабанов, практически полное отсутствие отложений. Далее, по мере продвижения к фронту, обнаружены не сплошные твёрдые отложения (до пяти пятен на 100 п. мм с размером от 2 до 15 мм и толщиной до 0,5 мм визуалью).

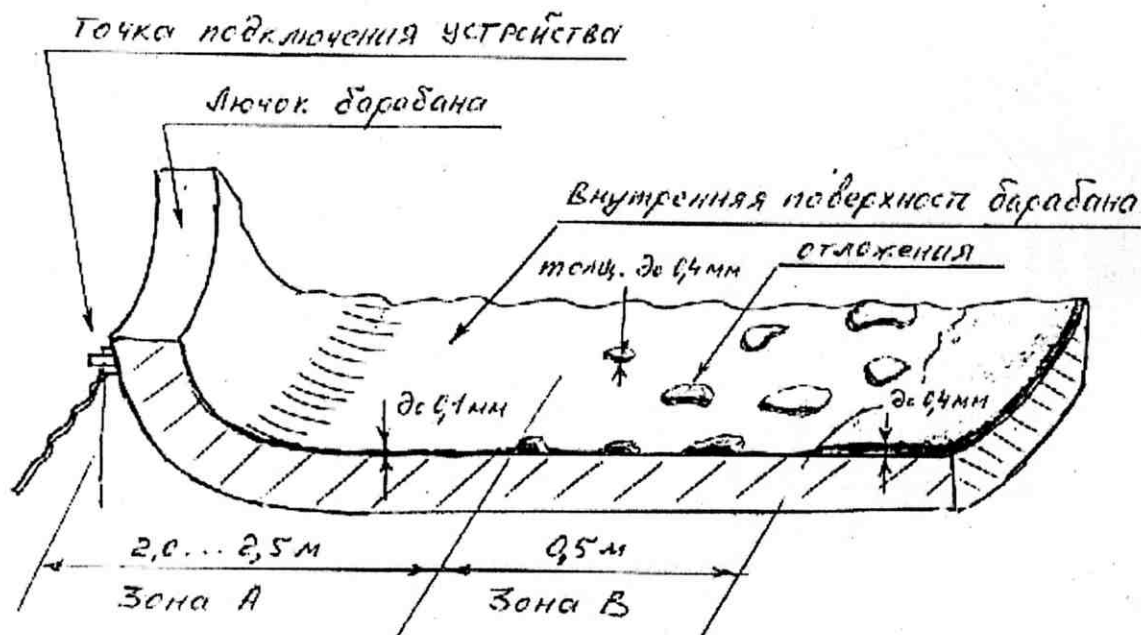


Рис.1. Характер распределения отложений на внутренних поверхностях барабанов

мощности в условиях качественной водоподготовки, соблюдения водно-химического режима и высокого профессионального уровня эксплуатации оборудования.

2. Условия проведения опытно-промышленной эксплуатации.

Опытно-промышленная эксплуатация устройства «ЭКОФОР» проводилась на паровом котлоагрегате № 3 ДКВр 20/13 4-ой Красносельской котельной Юго-Западного филиала ГУП «ТЭК СПб». Эксплуатация котлоагрегата проводилась в строгом соответствии с требованиями нормативных документов. На котле установлены все необходимые средства контроля параметров его работы (давления и расхода вырабатываемого пара, температуры и расхода питательной воды, давления дутьевого воздуха и топлива на горелках, разрежения в основных сечениях газового тракта котлоагрегата). Паропроизводительность котла поддерживалась на уровне 18 т/час, давление пара в барабане котла - 8,1...8,3 кг/см². Экономайзер работал в теплофикационном режиме. В качестве исходной воды использовалась вода городского водопровода, которая соответствовала требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая». Необходимо отметить, что количество соединений железа на вводе в указанную котельную, как правило, превышает нормативные требования (0,3 мг/л) и составляет 0,3-0,5 мг/л, что приводит к интенсивному зарастанию внутренних поверхностей железистыми соединениями.

Эксплуатация устройства «ЭКОФОР» производилась в соответствии с технической документацией и простейшими рекомендациями разработчиков прибора, которые заключались в следующем:

- закрепить устройство в непосредственной близости от верхнего барабана котла;
- присоединить клемму «Е» устройства к металлу верхнего барабана одножильным проводом сечением 1,5 мм²
- запитать устройство от сети переменного тока (220 В, 50 Гц), проконтролировав при этом правильность подключения (фаза - клемма «L», нейтраль - клемма «N»)

Устройство начинает действовать с момента подключения, время непрерывной работы устройства ограничивается лишь решением пользователя. Потребляемая мощность не превышает 90 Вт.

Оценка эффективности работы устройства «ЭКОФОР» производилась по двум критериям: состоянию внутренних поверхностей котлоагрегата и значением его КПД, полученным в результате теплосбалансовых испытаний.

3. Порядок и результаты опытной эксплуатации.

3.1. Оценка влияния устройства «ЭКОФОР» на состояние внутренних поверхностей нагрева котлоагрегата.

До начала испытаний устройства был произведён внутренний осмотр котлоагрегата и зафиксировано исходное состояние внутренних поверхностей. (акт №1 Приложения 1)

В результате осмотра выявлено: на поверхности барабанов сплошные твёрдые отложения темно-коричневого цвета, обладающие парамагнитными свойствами и состоящие, предположительно, из окислов железа. Толщина отложений составляла до 0,4 мм визуально. В видимой части кипяточных труб, преимущественно на стороне обращённой к

- В результате этого этапа испытаний были сделаны следующие выводы:
- устройство «ЭКОФОР» без применения каких-либо реагентов позволяет эффективно разрушать ранее образовавшиеся отложения железистого характера и обеспечивает безнакипный режим работы котлоагрегата;
 - зона эффективного действия устройства ограничена радиусом около 3,0 м от точки подключения;
 - время, в течение которого в зоне эффективного действия, обеспечивается практически полное разрушение отложений, существенно превышает ориентировочные значения и составляет 30-45 суток.

По результатам этого этапа было предложено подсоединить устройство к точке «В» (приложение 2) и продолжить испытания в течение ещё 30-45 суток.

Очередное вскрытие котлоагрегата было произведено 12 марта 2001 года после 3,5 месяцев непрерывной эксплуатации устройства.

Осмотр котлоагрегата (приложение 1, акт №3) показал, что оставшиеся ранее отложения полностью разрушены и лишь в незначительном количестве сохранились на нижних участках кипятильных труб.

Это позволило сделать следующие выводы:

- размеры зоны, в пределах которой обеспечивается безнакипный режим работы котлоагрегата, существенно превышает размеры зоны эффективного разрушения отложений, что позволяет последующим переносом точки подключения одним устройством произвести очистку всей внутренней поверхности котлоагрегата и далее поддерживать безнакипный режим его работы;
- разрушение ранее образовавшихся отложений и предотвращение образования новых, обеспечивается различными по характеру процессами.

По результатам осмотра было принято решение продолжить испытания до конца отопительного периода с целью окончательной очистки барабанов и кипятильных труб и выяснения надёжности обеспечения безнакипного режима работы котла.

Очередное вскрытие котлоагрегата было произведено 4 июля 2001 года. При этом, время практически непрерывной эксплуатации устройства составило около 210 суток.

Результаты внутреннего осмотра котла (приложение 1, акт №4) показали, что процесс очистки внутренних поверхностей котла в пределах верхнего и нижнего барабанов и кипятильных труб завершился практически полным удалением отложений. На всей поверхности металла образовалась тонкое плотное покрытие чёрного цвета, толщина которого даже в увлажнённом состоянии (практически сразу после вскрытия котла) не превышала 0,1 мм визуально.

Одновременно подтвердилась надёжность обеспечения безнакипного режима работы котлоагрегата под воздействием устройства «ЭКОФОР».

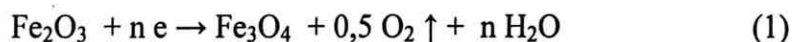
Механизмы разрушения отложений и обеспечения безнакипного режима работы котлоагрегата могут быть объяснены следующим образом.

Отложения на внутренних поверхностях котлоагрегата, в условиях соблюдения требований водно-химического режима, являются результатом внутренней коррозии и при отсутствии воздействия устройства «ЭКОФОР» преимущественно состоят из гематита (Fe_2O_3).

В результате исследований, проведенных ЗАО «Колтроникс» (Санкт-Петербург), выяснилось, что в ходе образования этих отложений на границе «металл - отложения» и в толще отложений формируются области с повышенной концентрацией

солей. Под действием осмотических сил в отложениях возникают микроканалы, по одним из которых к этим областям поступает вода разбавляющая соли, а по другим происходит вынос солей из под отложений. Однако вместе с водой к поверхности металла поступают и агрессивные газы. В результате, даже, несмотря на значительную толщину отложений, коррозия оборудования и рост отложений продолжают.

Под воздействием устройства «ЭКОФОР» происходит частичное восстановление гематита, и за счет увеличения доли магнетита ($\text{FeO Fe}_2\text{O}_3$) - постепенное преобразование рыхлых отложений в более плотные. Механизм этого преобразования аналогичен тому, который инициируется системами магнитной обработки воды. Он достаточно полно описан в трудах Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, Москва), занимающего ведущие позиции в изучении влияния магнитного поля на водные растворы и упрощенно протекает по следующей схеме.



В ходе уплотнения рыхлых отложений происходит их растрескивание, отслаивание и вынос в толщу воды. Подтверждением возможности этого процесса является обнаружение на нижней образующей нижнего барабана большого количества крупнодисперсного шлама в виде пластин с рваными краями (см. Приложение 1, Акт №2).

Таким образом, происходит постепенное замещение рыхлых отложений на плотные, представляющие собой тонкую (до 0,1 мм визуально) пленку магнетита. При этом она, практически не снижая теплопередачу, препятствует доступу кислорода к поверхности металла и развитию и коррозионных процессов.

Защитное действие магнетитовой пленки сохраняется до 2-х месяцев, и после отсоединения устройства, что вполне достаточно для обеспечения консервации котлоагрегата сухим способом при переводе его в резерв или на ремонт. Причем, без проведения каких-либо дополнительных работ и без использования реагентов.

Юго-Западным филиалом ГУП «ТЭК СПб» накоплен значительный опыт по эксплуатации различных устройств, обеспечивающих безреагентную защиту оборудования от отложений - магнетизеров, ультразвуковых и магнитострикционных аппаратов. Так, на 4-ой Красносельской котельной с 1998 года на котлоагрегатах ДКВр-20-13 № 1 и № 2 эксплуатируются магнитострикционные приборы. Однако, по сравнению с устройством «ЭКОФОР» их эффективность значительно ниже.

4. Оценка влияния устройства «ЭКОФОР» на КПД котлоагрегата.

Оценка влияние устройства «ЭКОФОР» на КПД котлоагрегата была произведена специалистами кафедры теплоэнергетического оборудования Военного инженерно-технического университета (ВИТУ) на основе прямых теплосбалансовых испытаний (ТБИ). Работы выполнены в строгом соответствии с гостированной методикой. Контроль температуры и состава продуктов сгорания проводился с использованием высокоточного прибора «TESTO 300». Результаты оценки приведены в «Отчете по результатам теплосбалансовых испытаний котельного агрегата ДКВр-20-13 ...» (Приложение 2). В дополнении к отчету необходимо отметить, что в нем отсутствуют данные по результатам вторых теплосбалансовых испытаний, проведенных через 14 дней после установки на

котлоагрегат устройства «ЭКОФОР», поскольку КПД котлоагрегата на этот момент времени практически не изменился. Причина этого стала понятной после вскрытия котла, в результате которого выяснилось, что разрушение отложений произошло лишь в непосредственной близости от точки присоединения устройства. Таким образом, выяснилось, что для получения необходимого эффекта требуется более продолжительный период времени, чем предполагалось разработчиками прибора.

По результатам последних ТБИ выявлено снижение (относительно исходного состояния) температуры продуктов сгорания за котлом (на входе в экономайзер) с $327,3^{\circ}\text{C}$ до $314,7^{\circ}\text{C}$ и, соответственно, увеличение КПД котлоагрегата с 81,70% до 82,85%, то есть на 1,15%.

Однако, достигнутое приращение КПД котлоагрегата нельзя считать окончательным, поскольку значительная его часть, а именно экранные теплопередающие поверхности, очистке не подвергалась. В ходе дальнейшей эксплуатации планируется перенос места присоединения устройства на фронт котлоагрегата в точку В (приложение 3). С учетом того, что паспортное значение КПД ДКВр -20-13 составляет 92,1 %, а КПД, зафиксированного в результате последних ТБИ - 82,85%, можно ожидать существенного приращения КПД после разрушения отложений на всех теплопередающих поверхностях котлоагрегата.

В заключение необходимо отметить, что если для водогрейных котлоагрегатов имеется несколько безреагентных технологий, обеспечивающих эффективную защиту оборудования от отложений, то применительно к паровым котлам в настоящее время устройство «ЭКОФОР» альтернативы не имеет.

Выводы:

1. Устройство «ЭКОФОР», в сравнении с другими имеющимися на рынке средствами защиты внутренних поверхностей от отложений (магнитострикционные, ультразвуковые, гидроударные и др.), является наиболее эффективным;
2. Устройство «ЭКОФОР» удаляет ранее образовавшиеся отложения и служит безреагентным средством очистки внутренних поверхностей в ходе эксплуатации котлоагрегата, обеспечивая в дальнейшем безнакипный режим его работы;
3. Под действием устройства «ЭКОФОР» на поверхности металла образуется тончайшая магнетитовая плёнка, обеспечивающая надёжную защиту оборудования от коррозии, в том числе в режиме сухой консервации;
4. Использование устройства «ЭКОФОР» не требует применения реагентов, т.е. экологически безопасно;
5. Действие устройства обеспечивается минимальными затратами дополнительной энергии не превышающими 90 Вт/час.
6. Устройство «ЭКОФОР» надёжно в эксплуатации и не требует обслуживания (срок эксплуатации не менее 10 лет).

Приложения:

Приложение 1. Акты осмотра котла №№ 1,2,3,4;

Приложение 2. Отчёт по результатам теплосбалансовых испытаний котельного агрегата ДКВр-20-13 с целью определения тепловой эффективности использования устройства «ЭКОФОР» в котельной со стальными котлами средней мощности

Приложение 3 - схема парового котла с указанием точек подключения устройства;

Приложение 4 - схема подключения устройства «ЭКОФОР».

Технический директор ЗАО «ЭКОФОР»



Левинсон В. Г.

Инженер ПХЛ Юго-Западного филиала ГУП «ТЭК СПб»



Голубев В.К.

Ведущий инженер ОРТИ ГУП «ТЭК СПб»



Леонтьев А.С.

АКТ №1

Внутреннего осмотра парового котла ДКВр-20/13 № 3
(котельная ЭУ-4 Красносельского филиала ГУП "ТЭК СПб", Пионерстроя,19)

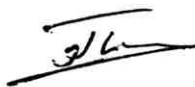
Мы, нижеподписавшиеся, ст. мастер ЭУ-4 Виноградов В.А., инженер ПХЛ Голубев В.К., вед. инженер ОВЭТ и НТ ГУП "ТЭК СПб" Леонтьев А.С., преподаватель кафедры ТСУ ВИТУ Лешкович В.В. составили настоящий акт осмотра.

В результате осмотра выявлено:

1. На поверхности барабанов обнаружены твердые отложения темнокоричневого цвета, обладающие парамагнитными свойствами (состоящие, предположительно, из окислов железа) толщиной визуалью до 0,1 мм и до 0,4 мм в верхнем и нижнем барабанах, соответственно.
2. В видимой части труб, преимущественно на стороне обращенной к фронту, обнаружены не сплошные твердые отложения (до пяти пятен на 100 пог. мм с размером от 2 до 15 мм) толщиной визуалью до 0,5 мм.
3. Сепаратор, продувочный и питательный трубопроводы в удовлетворительном состоянии.
4. Коллектора не вскрывались.

Котел находится в удовлетворительном состоянии и пригоден к дальнейшей эксплуатации.

Ст мастер ЭУ-4



В.А. Виноградов

Инженер ПХЛ



В.К. Голубев

Вед. инж. ОВЭТ и НТ



А.С. Леонтьев

Преподаватель каф. ТСУ ВИТУ

В.В. Лешкович

А К Т № 2

внутреннего осмотра парового котла ДКВР-20/13 ст. НЗ,
установленного в котельной ЭУ-4 Красносельского филиала
по адресу: Пионерстрой, 19

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт осмотра котла после работы на нем в течении декабря 2000 года - января 2001 года устройства от ЗАО "ЭКОФОР".

В результате осмотра выявлено:

1. На поверхности барабанов в районе I и большей части II обечаяк со стороны лаза почти полное отсутствие отложений (0,1 мм визуальное). При движении к торцам отмечено наличие отдельных бутоформ отложений диаметром 3-5 мм толщиной до 0,4 мм визуальное до почти сплошных полей отложений той же толщины. На торцах барабанов отмечено изменение структуры отложений от сплошных к сплошным ворсистым с частичным отрывом части отложений.

В нижнем барабане у торца наличие шлама V = 3-5 дмЗ.

2. В видимой части кипяточных труб в пределах I и II обечаяк от лаза почти полное отсутствие отложений (0,1 мм визуальное). При движении к торцу наличие отложений с их ростом к фронту до 0,5 мм визуальное.

3. Сепарация, продувочный и питательные трубопроводы в удовлетворительном состоянии.

Вывод: Котел находится в удовлетворительном состоянии и пригоден к дальнейшей эксплуатации.

Рекомендации: Продолжить работу котла с устройством от ЗАО "ЭКОФОР", установленным подключением к фронтальному торцу верхнего барабана.

Начальник ЭУ-4
Вед. инженер СВЗТ и НТ
Инженер ПХЛ



А. Н. Павтелеев
А. С. Леонтьев
Е. К. Голубев

А К Т № 3

внутреннего осмотра парового котла ДКВр-20/13 ст. №3,
установленного в котельной ЭУ-4 Красносельского филиала
по адресу: Пионерстрой, 19

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт осмотра котла после работы на нем в течении января 2001 года - марта 2001 г. устройства от ЗАО "ЭКОФОР".

В результате осмотра выявлено:

1. На поверхности верхнего и нижнего барабанов почти полное отсутствие отложений (до 0,1 мм фронтных торцов барабанов визуальное).

В нижнем барабане у торца наличие шлама $V = 0,5 \text{ дм}^3$.

2. В видимой части кипяточных труб в пределах I и II обечаек от лаза почти полное отсутствие отложений (до 0,1-0,2 мм визуальное).

При движении к торцу имеются точечные отложения в виде бугорков диаметром до 2 мм и толщиной до 0,5 мм визуальное.

Наибольшая плотность отложений (до 5 штук на 1 см²) у торца барабана со стороны фронта.

3. Сепарация, продувочный и питательные трубопроводы в удовлетворительном состоянии.

Вывод: Котел находится в удовлетворительном состоянии и пригоден к дальнейшей эксплуатации.

Рекомендации: Продолжить работу котла с устройством от ЗАО "ЭКОФОР", установленным подключением к фронтному торцу верхнего барабана до окончания отопительного сезона.

Начальник ЭУ-4
Вед. инженер СВЭТ и НТ
Инженер ПХЛ



А. Н. Пантелеев
А. С. Леонтьев
В. К. Голубев

А К Т №4

внутреннего осмотра парового котла ДКВр-20/13 ст. НЗ,
установленного в котельной ЭУ-4 Красносельского филиала
по адресу: Пионерстроя, 19

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт осмотра котла после работы на нем в течении отопительного сезона 2000-2001 г.г. устройства от ЗАО "ЭКОФОР".

В результате осмотра выявлено:

1. На поверхности верхнего и нижнего барабанов почти полное отсутствие отложений (до 0,1 визуальное).

В нижнем барабане у торца наличие шлама $V = 0,2 \text{ дм}^3$.

2. В видимой части кипячительных труб в верхнем барабане почти полное отсутствие отложений. В видимой части кипячительных труб нижнего барабана в пределах I и II обечаяек от лаза почти полное отсутствие отложений (не более 0,1 мм визуальное). В пределах III обечайки имеются отложения в виде небольших бугорков диаметром до 1 мм и толщиной до 0,3 мм визуальное. Максимальная плотность бугорков (до 3 штук на 1 см²) у торца барабана со стороны фронта.

3. Сепарация, продувочный и питательные трубопроводы в удовлетворительном состоянии.

Вывод: Котел находится в удовлетворительном состоянии и пригоден к дальнейшей эксплуатации.

Рекомендации: Продолжить работу котла с устройством от ЗАО "ЭКОФОР", установив 2 прибора с подключением их к торцам верхнего и нижнего барабанов для работы в отопительном сезоне 2001-2002 г.г.

Начальник ЭУ-4
Вед. инженер ОБЭТ и НТ
Инженер ПХЛ



А. Н. Пантелеев
А. С. Леонтьев
В. К. Голубев

