

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



*«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ*

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
ІХ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***



Нұр-Сұлтан, 2021

**УДК 656**  
**ББК 39.1**  
**А 43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Мерзадинова Г.Т., проректор по науке и инновациям ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Глазырин С.А. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А 43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: IX Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2021. – 600с.

**ISBN 978-601-337-515-1**

В сборник включены материалы IX Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 19 марта 2021 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

**УДК 656**  
**ББК 39.1**

**ISBN 978-601-337-515-1**

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Урдабеков Шерзат Бахытұлы

[Urdabekov.sh@mail.ru](mailto:Urdabekov.sh@mail.ru)

магистрант 2 курса специальности «Теплоэнергетика»  
ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

### 1 Введение

Постоянный рост цен на энергоресурсы, в частности на ископаемое топливо, является одной из основных проблем современной энергетики [1]. Суровые климатические условия в северном и Центральном Казахстане стали одной из причин экстенсивного развития котельных систем с различными видами топлива, в том числе и альтернативного [2,3]. Они обеспечивают необходимые условия для проживания и ведения бизнеса. Поэтому решение технических задач, связанных с эффективным управлением работой котла и его разработкой, является одним из важнейших направлений развития науки и техники [4].

Высокий износ коммунальной инфраструктуры является актуальной проблемой для многих регионов Казахстана [5]. Работы по модернизации тепловых сетей и котельных не только позволяют предотвратить площадной коммунальный сбой, но и приводят к повышению энергоэффективности – старое оборудование заменяется новым с улучшенными эксплуатационными характеристиками [6]. По оценкам экспертов, без модернизации местных котельных произойдет обвал на рынке коммунальных услуг. Прежде всего многие из них выйдут из строя, и ни одна эксплуатационная организация не возьмет на себя эксплуатацию изношенного оборудования. Во-вторых, многим людям придется использовать печное тепло, то есть вернуться в прошлое на несколько десятилетий. Модернизация котельных предполагает также замену не только оборудования, но и частей тепловых сетей. Все это приводит к снижению тепловых потерь и, как следствие, снижает величину затрат [5]. Этот вопрос актуален и в контексте атомных электростанций, где особое внимание уделяется параметрам систем управления [4]. Для ядерной энергетики моделирование различных процессов широко используется в целях безопасности [3] с дальнейшим анализом более оптимальных корректировок [1].

В статье рассматривается процесс модернизации автоматизированной системы управления технологическим процессом работы котельного агрегата «Карагандинская ГРЭС-1». Модернизация котлоагрегата проведена путем установки автоматизированной системы управления и управления по иерархической схеме, состоящей из уровней, на которых распределены задачи входных и выходных управляющих сигналов. Для модернизации котлоагрегата были использованы контроллеры производства компании Ram и датчики производства компании Elemer. Автоматическое и технологическое управление производилось на базе программного обеспечения MicroSCADA. В настоящее время подсчитано, что использование системы автоматизации приведет к снижению расхода топлива на 1 % и снижению выбросов оксидов азота и угарного газа на 3 %. Срок окупаемости системы составит не более двух лет.

### 2 Задачи исследования

Одной из важнейших задач, связанных с эксплуатацией котельного агрегата, является обеспечение баланса между вырабатываемой и потребляемой энергией. В свою очередь процессы испарения и передачи энергии в котлоагрегате однозначно связаны с величиной расхода рабочего тела и теплоносителя. Скорость горения, эффективность и стабильность горения топлива зависят от подачи воздуха и распределения воздуха между частицами топлива. Условно принято делить процесс расхода топлива на три стадии: пробой, сжигание

и дожигание [2,3]. Эти этапы происходят последовательно, иногда с перекрытием. Расчет горения означает определение количества воздуха в кубических метрах, необходимого для сжигания единицы массы или объема топлива, а также состава теплового баланса и температуры горения [4]. В настоящее время оборудование устарело и не подлежит техническому обслуживанию. Большинство цепей управления переключены в ручной режим.

Целью модернизации котельной установки ПК-10 (паровой котел) «Карагандинская ГРЭС-1» является устранение дефектов существующей системы и обеспечение увеличения расхода топлива на выработку пара и горячей воды для потребителей. Целью данного котлоагрегата является сбор информации о величине технологического процесса и условиях работы, эксплуатации рабочих условий, а также архивирование значений измеряемых параметров и построение графиков их изменения.

Регулирование мощности котельных агрегатов и регулирование давления в барабане котла заключается в поддержании баланса между отбором пара и подачей воды. Уровень воды в барабане котла является ключевым параметром, характеризующим баланс. Надежность работы котлоагрегата зависит от качества контроля уровня. Когда давление становится высоким, снижение ниже допустимых пределов может привести к потере циркуляции в водяных трубах. Это может привести к повышению температуры стенок труб и их перегоранию.

Увеличение может также привести к аварийным ситуациям, потому что поток воды в паровом нагревателе может произойти, и он сломается. Самые высокие требования предъявляются к точности поддержания требуемого уровня. Контроль питательной воды определяется равенством подачи воды. Необходимо обеспечить котел равномерной подачей воды, так как частое и глубокое изменение расхода питательной воды может привести к серьезным тепловым напряжениям в металле экономайзера.

Барабаны котлов с естественной циркуляцией присущи некоторой значительной накопительной емкости, которая проявляется в переходных состояниях. Если в переходном режиме уровень воды в барабане котла определяется состоянием материального баланса шихты, то в переходных режимах на положение уровня влияет большое количество скачков.

Основными страховыми случаями являются изменение расхода питательной воды, изменение мощности котла при изменении нагрузки потребителя и изменение нагрузки топки, изменение температуры потока питательной воды.

Регулирование соотношения топливо-воздух необходимо как с физической, так и с экономической точки зрения. Сжигание топлива, как известно, является наиболее важным процессом, происходящим в котельной. Химическая часть горения топлива - это реакция окисления топливных элементов молекулами кислорода. Кислород используется для горения. Воздух в топку подается в определенной пропорции с топливом с помощью принудительного проточного вентилятора. Соотношение топливо – воздух составляет примерно 1:1,3. При недостатке воздуха происходит неполное сгорание топлива. Несгоревшее топливо выбрасывается в атмосферу, что не является ни экономически, ни экологически приемлемым. Охлаждение топки будет происходить в топочной камере в случае дополнительного топлива, но топливо будет выгорать. В этом случае остатки воздуха будут образовывать диоксид азота, что невозможно с экологической точки зрения, поскольку такое сочетание опасно для человека и окружающей среды. Параметры сигнализации и защиты, работающие при выключенном котле, имеют важное значение, поскольку оператор не может отслеживать все параметры работающего котла. В результате может возникнуть чрезвычайная ситуация. При спуске воды из барабана котла уровень воды в нем снижается, как следствие теряется циркуляция и происходит перегрев трубы нижнего экрана. Активная защита предотвращает поломку генератора. При уменьшении нагрузки генератора скорость горения в топке уменьшается. Горение становится нестационарным и может прекратиться. Существует защита от различия пламени.

В котлоагрегате ПК-10 (рис. 1) процесс горения происходит в топочной камере, где питательная вода спускается по трубам, насыщенный пар проходит по водосточным трубам. Продукты сгорания, воздух – топливо поступают в топочную камеру через горелки. Котлоагрегат содержит многоступенчатый пароперегреватель смешанного типа с поперечным потоком змеевика со стреловидностью газов. Пароперегреватель используется для превращения насыщенного пара в горячий пар [5]. Экономайзер представляет собой устройство непрерывного контурного типа кипящего типа, гладкую трубчатую батарею с горизонтальным расположением змеевиков с поперечным потоком развертки газов. Экономайзер предназначен для предварительного нагрева питательной воды. Он состоит из двух блоков. Второй блок воздухонагревателя расположен между блоками экономайзера, который также состоит из двух блоков. Воздухонагреватель представляет собой трубу четырехходового типа, с продольной разверткой газов. Воздухонагреватель используется для нагрева воздуха, предназначенного для горения.

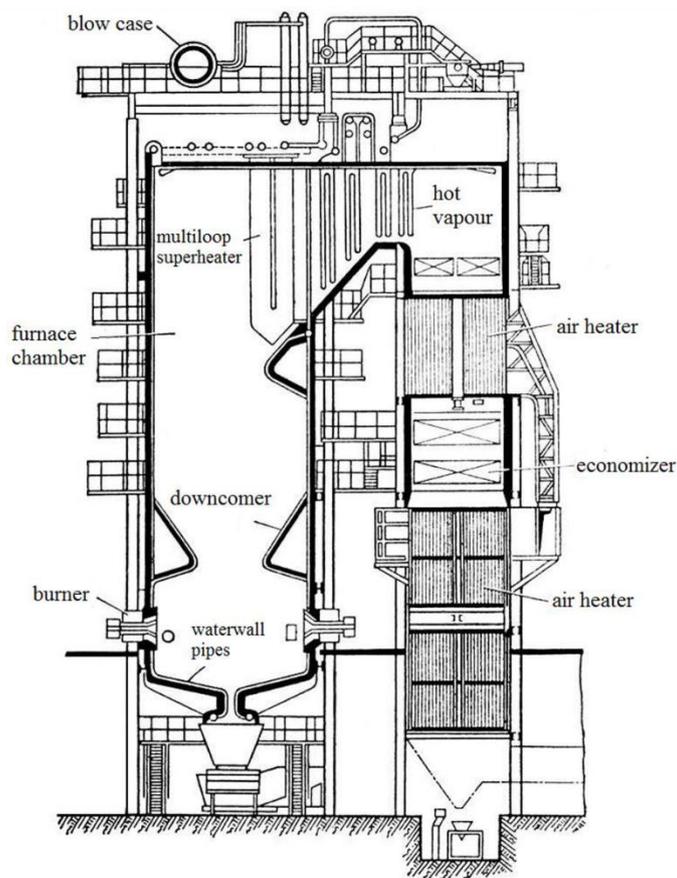


Рис. 1 - Котел ПК-10 по высоте

### 3 Методы исследования и результаты

Модернизация котлоагрегата SCADA производилась по иерархической схеме, состоящей из трех уровней автоматического исполнения:

1 уровень – «Полевой уровень системы» (основные автоматические устройства – датчики топлива, датчики давления и температуры, силовые агрегаты). Они обеспечивают измерение входных и выходных сигналов котлоагрегата, управление регулирующими частями и передачу информации на следующий системный уровень.

2 уровень – «Нижний уровень системы» (программируемый контроллер с устройствами ввода-вывода) соединяется с полевым уровнем системы с помощью кабелей.

3 уровень – «Высокий уровень системы» - компьютерные рабочие места операторов с программными средствами, включающими SCADA-программы и стандартный интерфейс.



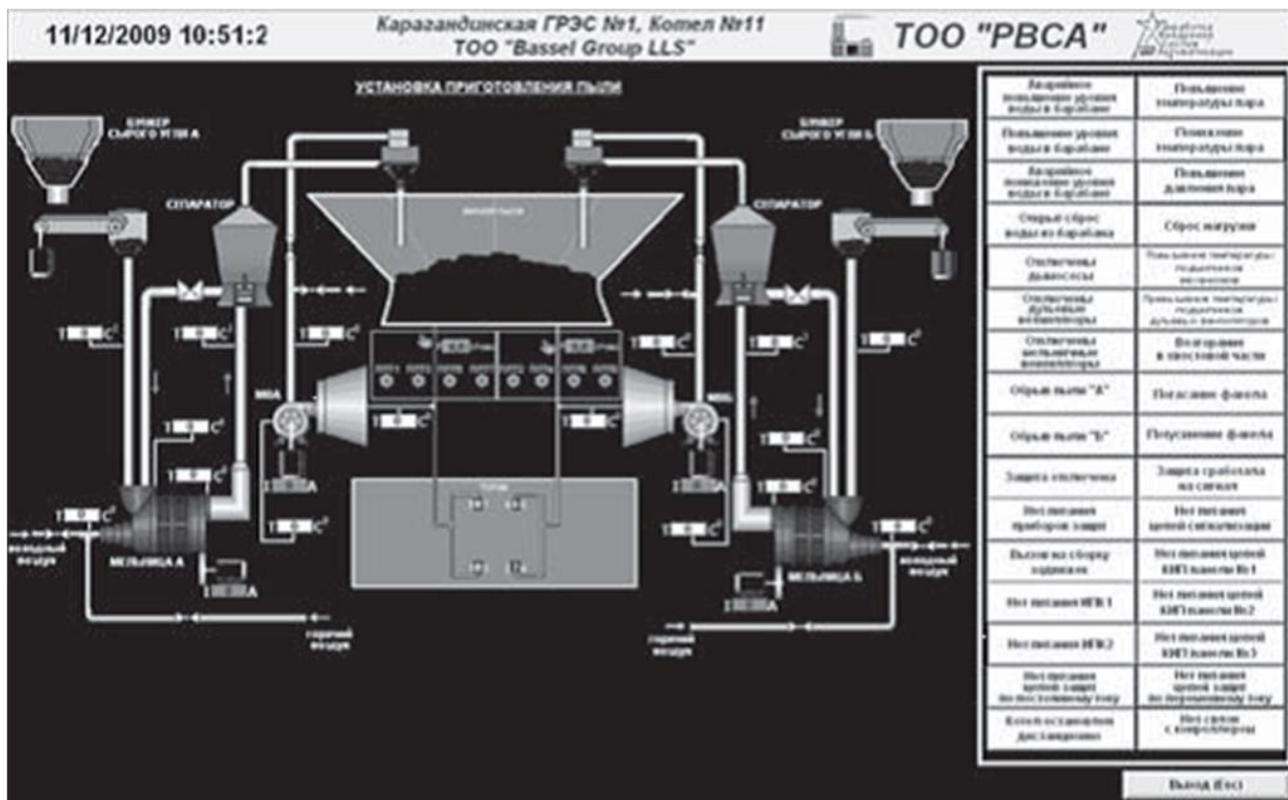


Рис. 3. Мнемоническая схема системы пылевидного угля.

#### 4 Заключение

Разработана функциональная структура усовершенствованной системы управления котельным агрегатом. Все технические средства были подобраны из оптимального соотношения цена-качество. Совершенствование системы автоматизации технологического процесса эксплуатации котельного агрегата ПК-10 «Карагандинская ГРЭС-1» приведет к снижению расхода топлива на 1 % и снижению выбросов оксидов азота и угарного газа на 3 %. Срок окупаемости системы составит не более двух лет.

#### Список использованных источников

1. Павлов Д.А., Семикова Е.Н. Современные высокотехнологичные технологии, 8-2, 309 (2013)
2. Голованов А.Н., Якимов А.С., Абрамовских А.А., Суков Ю.Р. Теплофизика и аэромеханика, 15, 4, 651 (2008).
3. Гришин А.М., Голованов А.Н., Суков Я.В., Абрамовских А.А. Журнал инженерной физики и теплофизики, 80, 6, 1154 (2007)
4. Силаев А.А., Задворский С.Н. Бюллетень Волгоградского государственного технического университета, 13 (177), 141 (2015)
5. Зенков А., Янковский С., Матвеева А., Лавриненко С., Громов А., MATEC Web of Conferences, 72, 01131 (2016)
6. Павельев Е., Лавриненко С., MATEC Web of Conferences, 72, 01085 (2016)