

Машеков С.А., Абсадыков Б.Н., Алимбетов А.Б., Сембаев Н.С.

**Расчет мощности привода роликов отводящего рольганга с воздушной подушки**

**Резюме.** В данной работе приведена конструкция нового отводящего рольганга, содержащая непрерывные ряды секций с пустотелыми роликами. При этом каждый ролик отводящего рольганга снабжен индивидуальным вентилятором, корпус которой сделан в виде лопастей с углом атаки  $35 - 40^\circ$ , а лопатки – с изменяющимся поперечным сечением и углом атаки  $10 - 12^\circ$ .

Используя известную методику, определены момент и мощность привода роликов существующего рольганга. Произведен расчет характеристик вспомогательных вентиляторов нового отводящего рольганга, которые обеспечивают небольшой подъем или снижение массы полосы при прокатке.

**Ключевые слова:** отводящий рольганг, ролики, полоса, эквивалентные напряжений, эквивалентные деформаций, горячая прокатка, непрерывный стан.

УДК 621.311.22:331.46

**Б.К. Балбекова, Ж.А. Рахешева, А.Г. Акимов, К.М. Шмидт, Д.Р. Ахметова, Т.Е. Насенов**

(Карагандинский научно-исследовательский институт промышленной безопасности филиал АО «Национальный научно-технический центр промышленной безопасности» Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан, Карагандинский государственный технический университет, Караганды, Республика Казахстан)

**МОНИТОРИНГ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ (ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТАЛИ)**

**Аннотация.** Вопросы безаварийной и безопасной эксплуатации теплоэнергоцентралей приобретают все большую актуальность в связи с высокой степенью износа основного оборудования. Рассмотрены проблемы работы теплоэлектроцентралей. Представлены литературные данные по авариям, произошедшим за последние пять лет по Карагандинской области, также представлены результаты проведенного производственно-технического мониторинга ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, опасный производственный объект, аварии, риски, мониторинг, обследование технических устройств, теплоэнергетика, теплоэлектроцентраль.

Проблемы теплоэнергетики на сегодняшний день стоят на одном из первых мест в мире по значимости и сложности решения. Основными носителями тепла являются гидро- и тепловые электрические станции (ТЭС). Комбинированную выработку тепла и электроэнергии осуществляют на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ).

Тепловые электростанции имеют ряд преимуществ перед гидроэлектростанциями, во-первых, так как кроме электроэнергии они вырабатывают тепло, во-вторых, для них не нужны гигантские водохранилища, в-третьих, они являются относительно безопасными, так как даже при самой крупной и тяжелой аварии на ТЭС (ТЭЦ) ее масштабы ограничиваются частью территории самой станции, потери электроэнергии и тепла компенсируются подключением резервных объектов, а зона разрушений после разборки поврежденных конструкций может быть готова к новому строительству без каких-либо ограничений.

Тем не менее, в настоящее время предприятия теплоэнергетики испытывают существенные трудности в обеспечении безаварийной и безопасной их эксплуатации.

Основными направлениями в обеспечении и повышении безопасности ТЭЦ, относящихся к опасным производственным объектам, являются:

- диагностика состояния машин и механизмов на всех стадиях их жизненного цикла;
- определение рисков возникновения аварий и отказов;
- мониторинг состояния объектов и рисков при их эксплуатации.

В статье освещены основные проблемы теплоэлектроцентралей, представлен литературный обзор по авариям, произошедшим за последние пять лет на ТЭЦ Карагандинской области, а также

представлены результаты проведенного производственно-технического мониторинга Карагандинской ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС.

Наряду с общеизвестными всем проблемами ТЭЦ, такими как, экологические – высокие эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду; финансовые – повышенные затраты на ремонт, высокая стоимость реконструкции, отсутствие необходимых инвестиций, рост себестоимости производства тепла и электроэнергии; технические – пониженный уровень автоматизации управления технологическими процессами, высокая степень износа оборудования, проблемам промышленной безопасности эксплуатации ТЭЦ уделяется огромное внимание.

Целью государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности является обеспечение защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства от аварий на опасных производственных объектах и их последствий.

Промышленная безопасность – это сложное комплексное понятие, которое включает в себя практически все аспекты, касающиеся деятельности предприятия (рисунок 1) [1].



Рис. 1. Комплексное обеспечение промышленной безопасности предприятия

Система обеспечения безопасности опасных производственных объектов, к которым относятся и ТЭЦ, состоит из трех этапов:

- анализа риска аварий;
- оценка риска;
- управление риском.

Наличие на объекте опасных веществ и экстремальных физических условий представляет опасности возникновения аварии. Авария происходит, когда под воздействием каких-либо причин эти опасности реализуются.

Все многообразие причин, вызывающие те или иные технологические нарушения в функционировании любого объекта можно разделить на три группы:

- 1) нарушения в оборудовании, сооружениях и конструкциях (дефекты, износ и старение, некачественный ремонт, некачественное строительство и монтаж, ошибки при проектировании);
- 2) ошибки эксплуатации (ошибочные действия персонала, неудовлетворительная организация, нарушение правил техники безопасности, нарушение трудовой дисциплины);
- 3) внешние события (экстремальные погодные условия, стихийные явления, воздействие других аварий, диверсии, прекращение подачи ресурсов, посторонние воздействия).

В Республике Казахстан действует 40 теплоэлектроцентралей, из них 7 приходится на Карагандинскую область. Из них, четыре ТЭЦ принадлежат ТОО «Казахмыс Энерджи» (Жезказганская, Балхашская, Карагандинская ТЭЦ-1, Карагандинская ТЭЦ-3), собственниками двух ТЭЦ является АО «АрселорМиттал Темиртау» (ТЭЦ-2, ТЭЦ-ПВС) и одна принадлежит ТОО «Шахтинск-теплоэнерго». В качестве топлива все они используют уголь (угольную пыль) и лишь ТЭЦ-ПВС угольную пыль в смеси с коксовым газом и мазутом.

Известно, что 33% теплоэлектроцентралей Казахстана эксплуатируются более 20-30 лет, 17 % – 30-40 лет и 20 % более 40 лет [2]. То есть, действующие теплоэлектроцентрали построены, в основном, в 60-80-е годы прошлого столетия.

Основными причинами (рисками) возникновения аварий, отказов и неполадок на теплоэлектроцентралях могут быть следующие [2]:

- физический и моральный износ котлов, паровых турбин и электротехнического оборудования;
- морально устаревшее оборудование, не обеспечивающееся запасными частями;
- неудовлетворительное состояние котельно-вспомогательного оборудования, отсутствие своевременных ремонтов в необходимом объеме;
- сжигание непроектного топлива, в том числе с начала ввода оборудования в эксплуатацию;
- неудовлетворительное состояние турбоустановок;
- коррозия и отсутствие лопаток последних ступеней турбины;
- недостаточное потребление тепла от турбоагрегатов, в том числе, работающих в режиме ухудшенного вакуума;
- неудовлетворительное состояние градирен;
- экологические ограничения производительности котлоагрегатов.

Обеспечение промышленной безопасности теплоэлектроцентралей возможно при решении соответствующих задач [2]:

- проведение полномасштабных ремонтов основного и вспомогательного оборудования;
- восстановление вспомогательных систем, включая системы оборотного водоснабжения;
- увеличение загрузки отборов турбин за счет оптимизации тепловой схемы ТЭЦ и за счет увеличения зоны централизованного теплоснабжения;
- использование пылеугольного метода сжигания угля;
- установка электрофильтров, рукавных фильтров и эмульгаторов с КПД 99,4-99,8 для снижения выбросов золы;
- мокрый, полусухой и сухой метод снижения выбросов для новых котельных установок;
- ступенчатое сжигание, низко эмиссионные горелки, СНК, СКВ с улавливанием 80-95 %.

Основной процент аварий большинства казахстанских теплоэлектроцентралей происходит из-за износа основных производственных фондов, т.е. износ оборудования превышает расчетный ресурс его работы.

Ниже представлены аварии, отказы и неполадки, произошедшие на ТЭЦ Карагандинской области за последние 5 лет (таблица 1).

Таблица 1. **Сведения об авариях, произошедших на теплоэлектроцентралях Карагандинской области**

Наименование ТЭЦ	Перечень аварий, отказов и неполадок	Характеристика аварий и неполадок
Карагандинская ТЭЦ-3	Обрушение кровли котельного цеха. 2012 г.	Произошло обрушение двух ферм перекрытия котельного цеха (над котлом № 6) и настала кровли из профлиста 0,7 мм между рядами Г-Д и осями 15-16. Площадь обрушения составила 468 м <sup>2</sup> .
	Короткое замыкание изоляторов ОРУ 110/220 кВ. 2013 г.	Полный сброс тепловой и электрической нагрузки ТЭЦ из-за короткого замыкания изоляторов ОРУ 110/220 кВ.
	Аварии на котельном оборудовании. 2013 г.	33 аварии котельного оборудования за отопительный сезон.
Балхашская ТЭЦ	Отказ 1 степени. 2013 г.	Снижение генерации БТЭЦ до 0 МВт с потерей собственных нужд. Из-за отсутствия потребителя пара, станция сбросила нагрузку до 0 МВт.
	Отказ 1 степени. 2013 г.	Полный сброс нагрузки электростанции без учета нагрузок отопительных котлов.
Жезказганская ТЭЦ	Электрический цех. Пожар трансформатора. 2010 г.	Разрушение изоляторов обмотки из-за динамического удара внутри бака трансформатора ст. № 5 привело к выбросу масла и последующему его возгоранию.
	Аварии на котельном оборудовании. 2013 г.	65 аварийных остановок котлов за отопительный сезон.

Для обеспечения эффективного экономического развития и экономической безопасности Республики Казахстан актуальным является проведение мониторинга состояния предприятий различных отраслей экономики, в том числе мониторинга промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Законом Республики Казахстан «О гражданской защите» установлено, что мониторинг промышленной безопасности является одним из путей обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов [3], следовательно, мониторинг и анализ риска аварий на такого рода объектах является составной частью управления промышленно-экологической безопасностью предприятия в целом.

Основными этапами проведения мониторинга являются:

- непосредственное обследование объекта;
- сбор информации по предмету мониторинга;
- системный анализ полученной информации (правового, технологического, производственно-технического, финансового, экономического, экологического состояния);
- оценка эффективности управления объектами мониторинга;
- прогноз влияния деятельности объектов мониторинга на развитие экономики отрасли, региона и республики в целом;
- выработка рекомендаций по результатам обследования и анализа, направленных на повышение эффективности деятельности, предупреждение и преодоление негативных процессов.

В 2013 году КарНИИПБ провел мониторинг технического состояния оборудования двух теплоэлектроцентралей ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС. Поскольку данные теплоэлектроцентрали были введены в эксплуатацию в период с 1970-го по 1982-ой годы, особо актуальными становятся требования к контролю и диагностированию состояния металла основных элементов теплосилового оборудования и энергоустановок с целью обеспечения их надежной и безопасной эксплуатации.

Основным назначением ТЭЦ-2 является производство, преобразование, распределение и отпуск электрической энергии и тепла потребителям, с соблюдением заданных условий энергоснабжения, а ТЭЦ-ПВС - обеспечение цехов комбината электроэнергией, теплоэнергией, доменным дутьем и химически очищенной водой.

Энергетический комплекс ТЭЦ-2 включает 6 котлов и 4 турбогенератора общей установленной электрической мощностью 435 МВт и тепловой мощностью 1240 Гкал. В настоящее время располагаемая электрическая мощность станции – 370 МВт, тепловая – 1020 Гкал. В цехах ТЭЦ-ПВС установлено 8 энергетических котлоагрегатов и 4 турбогенератора. Установленная электрическая мощность ТЭЦ-ПВС - 132 МВт, располагаемая - 72 МВт.

В связи с тем, что основное оборудование теплоэлектроцентралей уже длительное время находится в эксплуатации, все основные элементы котлов, турбин и паропроводов наработали значительное количество часов в условиях высоких температур и давлений. Поэтому в ходе обследования ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС особое внимание было уделено изучению сведений о количестве часов наработки и парковом ресурсе основного оборудования.

В результате обследования технического состояния котлоагрегатов ТЭЦ-2 было установлено, что большая их часть выработала свой парковый ресурс. На котлах, достигших паркового ресурса, в первую очередь речь идет о таких ответственных элементах котла, как барабан котла, коллектора и пароперепускные трубы выходных ступеней пароперегревателя, паросборная камера и паропроводы в пределах котла. Особое внимание также уделяется гибам необогреваемых элементов котлоагрегатов (гибы не обогреваемых водоопускных труб в пределах котла).

Анализ данных по турбинам, общестанционным паропроводам и напорно-питательным трубопроводам показал, что на электростанции на сегодняшний день скопились большие объемы работ по контролю за состоянием металла элементов теплоэнергетического оборудования. Продление часов наработки элементов оборудования, выработавшего свой парковый ресурс, достигло предела.

Аналогичная ситуация наблюдалась и на ТЭЦ-ПВС. Разница лишь в том, что турбокомпрессоры, паропроводы и трубопроводы в основном не выработали свой парковый ресурс и есть определённый запас, а те элементы, у которых ресурс выработан, либо заменены, либо их парковый ресурс продлён.

Для поддержания на достаточном уровне работоспособности основного оборудования на ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС составляются графики проведения текущих и капитальных ремонтов, сроки которых строго соблюдаются. Но количество средств, необходимых на проведение подобных ремонтов с каждым годом растет, так как физический износ оборудования увеличивается. Кроме того, в условиях выхода основного теплосилового оборудования по часам наработки на парковый ресурс, увеличение срока межремонтного периода отрицательно сказывается на уровне надежности, эксплуатационной экономической эффективности и, конечно же, безопасной эксплуатации основного теплосилового оборудования теплоэлектроцентралей.

На основании анализа общего состояния как ТЭЦ-2, так и ТЭЦ-ПВС необходимо отметить, что основные производственные здания, сооружения и основное технологическое оборудование (котлы, турбогенераторы) находятся в эксплуатации около 40 лет и имеют значительный износ. Технология производства электроэнергии и тепла все эти годы оставалась прежней.

По результатам проведенного мониторинга технического состояния оборудования двух теплоэлектроцентралей можно сделать следующие выводы:

- технико-экономические показатели станций поддерживаются на требуемом уровне с помощью ремонтов и продления паркового ресурса основного оборудования;
- наработка основного оборудования с каждым годом увеличивается, а его физическое состояние соответственно ухудшается;
- с каждым годом затраты на поддержание основного оборудования в рабочем состоянии будут постоянно увеличиваться.

Так как продление паркового ресурса не может проводиться бесконечно, необходимо продумать вопрос модернизации изношенного оборудования.

Таким образом, в результате проведенного анализа по проблемам эксплуатации теплоэлектроцентралей и авариям, происходящих на ТЭЦ можно констатировать, что для теплоэлектроцентралей, являющихся опасными производственными объектами понятие безопасности

(промышленной, экологической и т.д.) было и остается ключевым. Своевременное проведение оценки технического состояния, срока службы, качества технического обслуживания и текущих ремонтов позволит оценить и принять меры по модернизации, реконструкции оборудования или его замене на новое, что обеспечит в полной мере надежность и безопасность эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лещенко В.В. «Управление рисками, контроль и мониторинг», Научно-производ-ственный союз промышленной безопасности. URL: [http://www.federalbook.ru/files/Reestr/ Company/FS/FS-26/FS%2026-50.pdf](http://www.federalbook.ru/files/Reestr/Company/FS/FS-26/FS%2026-50.pdf) (дата обращения 19.12.2014 г.).
2. Состояние и перспективы развития централизованного теплоснабжения в Казахстане. АО «Институт «КазНИПИЭнергопром», Астана, 2013 г. URL: <http://www.knep.kz/> (дата обращения: 03.02.2015).
3. Закон Республики Казахстан «О гражданской защите».

#### REFERENCES

1. Lecshenko V.V. «Risk management, control and monitoring», Research and production union in industrial safety. URL: <http://www.federalbook.ru/files/Reestr/Company/FS/FS-26/FS%-2026-50.pdf> (the date of address 19.12.2014).
2. State and prospects of the centralized heat supply development in Kazakhstan. JSC «Institute KazNPIEnergoprom», Astana, 2013. URL: <http://www.knep.kz/> (the date of address 03.02.2015).
3. The law of the Republic of Kazakhstan «About civil protection».

Балбекова Б.К., Рахисева Ж.А., Акимов А.Г., Шмидт К.М., Ахметова Д.Р., Насенов Т.Е.

#### **Жылуэнергетикалық (жылу электр орталық) өнеркәсіп қауіпсіздігінің мониторинги**

**Түіндеме.** Осы мақалада жылу электр орталық қанаушылықтың мәселелері және бес жыл ішінде Қарағанды облысының ЖЭО-да болған апаттары бойынша әдеби берілімдер анализінің нәтижелері ұсынылған. Жылу электр орталығындағы өнеркәсіп қауіпсіздігін қамсыздандыру бойынша сұрақтарға көп көңіл берліген. Жылу электр орталығындағы бас тарту мен кемшіліктердің және апаттың пайда болуының негізі себептері атап атылған. № Қарағандының ЖЭО-2 мен ЖЭО-БАС жабдықтардың техникалық жағдайы бойынша өткізілген мониторингтің нәтижелері ұсынылған.

**Түйін сөздер:** өнеркәсіп қауіпсіздік, қауіпті өндірістік насан, апаттар, тәуекел, мониторинг, техникалық құрылымдарды зерттеу, жылуэнергетика, жылу электр орталығы.

Балбекова Б.К., Рахисева Ж.А., Акимов А.Г., Шмидт К.М., Ахметова Д.Р., Насенов Т.Е.

#### **Мониторинг промышленной безопасности предприятий теплоэнергетики (теплоэлектроцентрали)**

**Резюме.** В статье представлены результаты анализа литературных данных по проблемам эксплуатации теплоэлектроцентралей и авариям, произошедшим на ТЭЦ Карагандинской области за пять лет. Уделено внимание вопросам обеспечения промышленной безопасности на теплоэлектроцентралях. Перечислены основные причины (риски) возникновения аварий, отказов и неполадок на теплоэлектроцентралях. Представлены результаты проведенного мониторинга технического состояния оборудования Карагандинской ТЭЦ-2 и ТЭЦ-ПВС.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, опасный производственный объект, аварии, риски, мониторинг, обследование технических устройств, теплоэнергетика, теплоэлектроцентраль.

Balbekova B.K., Rahisheva Zh.A., Akimov A.G., Shmidt K.M., D.R.Akhmetova, T.E.Nassenov

#### **Industrial safety monitoring of heat and power enterprises (thermal power plant)**

**Summary.** In the present article are given the results of the literary data analysis on the problems of combined heat and power plants operation and accidents which happened at TPP (Thermal Power Plant) of the Karaganda region in five years. The attention is paid to questions of ensuring industrial safety on central heating stations. The main reasons (risks) are listed for emergence of accidents, refusals and malfunctions at central heating stations. Results are presented in the carried-out monitoring of technical condition of TPP-2 and TPP-SBS (Thermal Power Plant –Steam blast Station) equipment in Karaganda.

**Key words:** industrial safety, hazardous production facility, accidents, risks, monitoring, inspection of technical devices, heat and power, central heating stations.