

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайғырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 4 (2018)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

О постановке на учет, переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 17022-Ж

выдано

Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Нефтисов А. В., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Шапканов Б. К., *к.т.н.м., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*

Боровиков Ю. С., *д.т.н., профессор (Россия)*

Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*

Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*

Говоруш В. Ф., *д.т.н., профессор*

Бородатко В. А., *д.т.н., профессор*

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*

Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*

Марковский В. П., *к.т.н., доцент*

Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*

Шокубаева Э. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Абдаков М. Г., Жамангарин Д. С., Байкенова Г. М., Смайлос Н. К. Реализация широкополосной сети связи по технологии FTTH посредством волоконно-оптических кабелей	14
Алимгазин А. Ш., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Кислов А. П., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Преимущества альтернативных источников для автономных потребителей	21
Алимгазин А. Ш., Кислов А. П., Бергузинов А. Н., Омаров К. С., Бахтиярова С. Е., Бахтыбаев А. О. Применение «зеленых» технологий с использованием альтернативных источников энергии для повышения эффективности энергообеспечения объектов в промышленности, социальной сфере и аграрном секторе Павлодарской области	29
Амренов Ш. Д. Основы золоулавливания на тепловых электрических станциях	42
Ахметбаев Д. С., Нуралин А. Е. Об эффективности цифровой диагностики устройств РПН силовых трансформаторов	50
Баубек А. А., Жумагулов М. Г., Картаджанов Н. Р. Затраты теплоты на сушку зерна в зависимости от его влажности	59
Бахтыбаева С. А. Роль физики полупроводников в формировании профессиональной компетентности будущих учителей физики	66
Бейсембаев Н. К., Жапаргазинова К. Х. Модернизация блока тонкой очистки мономера ТОО «Компания НЕФТЕХИМ LTD»	73
Бекенов А. К., Шупеева Ш. М. Термомодернизация жилого фонда как один из инструментов энергосбережения и повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве	88
Бекенова М. А., Еселханова Г. А., Кантарбаева А. Д. Особенности обрабатывающей промышленности в Республике Казахстан	96
Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н., Искаков У. К., Швец Д. И. Расчет характеристик электроприводов углелепитателей котлоагрегата № 3 Топарской ГРЭС	102
Булатов Н. К., Балабаев О. Т., Саржанов Д. К., Сулейменов Т. Б., Алишев К. А. Совершенствование биогазовой установки путем размещения шнека биореактора под углом подъема биомассы	116

Елубай М. А., Кожахметова М. М., Төлегенов Д. Т. Перспектива использования ЭТБЭ	124
Әділқанова М. Ә., Абдулина С. А., Кокаева Г. А., Ықсан Ж. М. Определение влияния основных факторов на степень отгонки селена из селенсодержащих промпродуктов	131
Жапаргазинова К. Х., Карамурзина А. А. Физико-химические методы определения химического состава ферросилиция	143
Жумагулов К. К., Цыба Ю. А., Мустафина Р. М., Сарсиев Е. Ж. Оптимизация энергозатрат при волочении проволоки на станах с противонапряжением	152
Ивель В. П., Герасимова Ю. В., Молдахметов С. С., Петров П. А. Технология разработки системы беспроводной передачи ЭКГ-сигналов	161
Испулов Н. А., Жумабеков А. Ж., Кадиоров К. К., Камашев С. А. Использование микроконтроллера Arduino для регистрации газовых паров в воздухе	168
Исупова Н. А., Серикбай Д. К. Способ защиты асинхронных двигателей электрических станций	174
Канаев А. Т., Богомолов А. В., Дычко И. Н., Вайнорюте В. В. Количественная оценка эффективности механизмов упрочнения сталей с различным структурным состоянием	181
Карабалина Ф. М. Определение реальных тепловых потерь в окружающую среду котла БКЗ-420-140	192
Карамбаев Д. Ж., Кишубаева Т. А. Управление энергией воздушного потока в работе ветродвигателя	199
Карбаев Н. К., Абишев К. К., Шонтаев Д. С., Оразалиев Б. Т., Сагатбекова А. Б. К вопросу о влиянии волнистости дороги на колебания самоходного бетоносмесителя	209
Келаманов Б. С., Жумагалиев Е. У., Самуратов Е. К., Акуев А. М., Абілберкіова А. А. Термодинамически-диаграммный анализ системы Ni-Fe-Cr-C	216
Кислов А. П., Бойко Г. Ф., Птицын Д. В. Зарубежный и отечественный опыт повышения эффективности работы крупных тепловых электростанций	226
Копишев Э. Е., Сулейменов И. Э., Матрасулова Д., Шалтыкова Д. Б., Ниязова Г. Б., Копишев И. Е. Новый подход к созданию искусственного интеллекта: моделирование творчества	236
Кошекос К. Т., Савостина Г. В., Ларгина И. А. Применение вейвлетного анализа для подавления высокочастотных помех в электрокардиосигнале	247

Кошекova Б. В., Кликушин Ю. Н., Савостин А. А.	
Компьютерные приборы идентификационных измерений сейсмограмм ..	257
Кошумбаев М. Б., Тілебалды С. Б.	
Разработка новой конструкции прямоточной гидротурбины с повышенной пропускной способностью отводящего участка	267
Марковский В. П., Шалкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Рахман К., Волгин М. Е.	
Нормирование электрических параметров предприятий и их подразделений	272
Матаев А. Г., Березуинов А. Н.	
Анализ современных технологий водоподготовки в условиях города Аксу Павлодарской области	281
Мухамедина М. Е., Булатбаева Ю. Ф., Булатбаев Ф. Н.	
Диагностирование – как метод повышения надежности электротехнического оборудования в электроэнергетических системах	294
Нукенов К. К.	
Комбинированная система солнечной энергии и тепловых насосов как способ снизить затраты на электроэнергию	302
Приходько Е. В., Дуйсенкенова А. Т.	
Определение надёжности работы энергетического оборудования	312
Приходько Е. В., Конкин Я. И.	
Анализ эффективности работы градирен	319
Серижтай М. К.	
Повышение экономичности энергоустановок путем оптимизации схем комплексного теплоснабжения за счет использования вторичных энергоресурсов	325
Сулейменов И. Э., Габриелян О. А., Пак И. Т., Мун Г. А., Копишев Э. Е., Игликов И. В.	
Принципы реализации технологий противодействия современным средствам манипуляции массовым сознанием	332
Танабаева А. Е., Есбенбетова Ж. Х., Серимбетов Б. А.	
Применение информационных технологий в управлении профессиональными рисками предприятий Республики Казахстан	347
Танжариков П. А., Амангелдиева Г. Б., Сейлбекова Ж. С., Султан К.	
Определение скорости коррозии при использовании жидкостных нефтяных эмульсионных трубопроводов	353
Тютебаева Г. М., Абишев С. Т.	
Совершенствование системы энергообеспечения г. Кокшетау	359
Тютебаева Г. М., Айдильдинов А. К.	
Применение бездеазраторных систем на тепловых электрических станциях	370
Тютебаева Г. М., Алдиярова А. Н.	
Техническое перевооружение Алматинской ТЭЦ -1 с использованием газотурбинных установок и котлов утилизаторов	379

Е. В. Приходько¹, А. Т. Дүйсекенова²

¹к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹john1380@mail.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

В настоящей статье производится анализ критериев надёжности работы парового котла. Для барабанного парового котла БКЗ-420 произведён расчёт критериев надёжности работы на основе статистической информации за 2017 год, проведён анализ полученных значений и сравнение с литературными источниками. Общие технические требования к надёжности новых котлов по коэффициенту готовности для пылеугольных котлов, работающих на Экибастузских углях не менее 97,0; со средней наработкой на отказ не менее 3800 часов. Каждый год коэффициент готовности котла снижается в среднем на величину от 1,0 до 1,5 %. Таким образом, показатели надёжности котла можно оценить как высокие. При этом, такой показатель, как частота отказов даже ниже, чем приводимый в литературе.

Ключевые слова: надёжность, коэффициент готовности, отказы, авария

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на тепловых электрических станциях эксплуатируется большой процент оборудования, установленного в 60-80-е годы прошлого века. Но, несмотря на его солидный возраст, ещё не исчерпаны в полной мере ресурсы по повышению его надёжности и эффективности эксплуатации.

Надёжность, исходя из классического определения – это свойство объекта выполнять требуемые функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Энергетика имеет значительное отличие от других отраслей производства, связанное с надёжностью функционирования оборудования. Непрерывная работа оборудования при выдаче энергии номинальных параметров – главная цель функционирования энергетики, при этом, на второй план отходят вопросы экологии, экономики и др. В

связи с чем, вопросы надёжной и безаварийной работы энергетического оборудования являются важным вопросом, решение которого невозможно без определения показателей надёжности.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Надёжность энергетического агрегата представляется следующими основными показателями:

- коэффициентом готовности k_r ;
- временем наработки на отказ T_r , ч или частотой отказов ω , 1/год;
- временем восстановления T_s , ч.

Коэффициент готовности k_r характеризует способность высокотемпературного агрегата непрерывно функционировать при его правильной эксплуатации. Коэффициент готовности – это отношение времени безотказной работы к сумме времени такой работы и времени простоя в вынужденных отказах, взятым за один и тот же календарный срок (как правило, за год):

$$k_r = T_r / [T_r + T_s],$$

где T_r – суммарная продолжительность работы, ч;

T_s – продолжительность простоя в вынужденных отказах, ч.

Время наработки на отказ – это технический параметр, характеризующий надёжность восстанавливаемого агрегата, то есть показывает среднюю продолжительность работы устройства между отказами, или какая наработка в среднем приходится на один отказ:

$$T_o = \sum t_i / m$$

где t_i – наработка до наступления отказа i ;

m – число отказов.

Частота отказов элементов оценивается числом повреждений (выходом из строя) элементов в единицу времени и определяется как отношение числа отказавших элементов n_o за период Δt к общему числу однотипных элементов n :

$$\omega = \frac{n_o}{n \cdot \Delta t} = \frac{8760}{T_o} = 8760 \cdot \lambda.$$

Время восстановления – время, затрачиваемое на восстановление работоспособности агрегата.

Все приведённые выше показатели надёжности являются средними показателями работы агрегатов, характеризующих статистические данные за

определённый период. Исходя из этих показателей, можно ориентироваться на промежуток времени до очередного вывода в ремонт, планируя работу предприятия. То есть на основании показателей надёжности можно оценить остаточный ресурс оборудования – срок, до прогнозируемого предельного состояния.

Кроме вышеперечисленных показателей важными характеристиками являются также [1]:

- расчетный срок службы. Расчетный срок службы установки и входящего в нее оборудования должен быть не менее 40 лет, кроме отдельного оборудования и элементов оборудования, перечень и сроки службы которых установлены в стандартах или в тех. условиях на конкретное оборудование.

- расчетный ресурс элементов, работающих при температуре, соответствующей области ползучести металла. Расчетный ресурс оборудования, входящего в состав установки и работающего с расчетной температурой, соответствующей области ползучести металла, должен составлять не менее 200000 ч, кроме элементов, оговоренных в стандартах и в тех. условиях на отдельное оборудование.

- установленный срок службы между капитальными ремонтами. Установленный срок службы между капитальными ремонтами для основного оборудования должен быть не менее 5 лет. При этом, для пылеугольных котлов энергоблоков мощностью 800 МВт и котлов энергоблоков мощностью 500 МВт, работающими на углях с зольностью $A^r=50$ % и более (типа экибастузских) срок службы между капитальными ремонтами устанавливается не менее 4 лет.

- удельная суммарная продолжительность ремонтов на один год ремонтного цикла. Удельную суммарную продолжительность плановых ремонтов основного оборудования установки на 1 год ремонтного цикла устанавливают после проведения капитальных ремонтов головных образцов этого оборудования и поставки его на промышленное производство.

При этом, критерием полного отказа установки является прекращение функционирования по назначению (прекращение отпуска пара) вследствие отказа входящего в ее состав оборудования.

Работоспособность тепловых электрических станций в целом, во многом определяется надёжностью котельного оборудования. Отказы самих котельных установок, в основном происходят из-за повреждений труб поверхностей нагрева, что обосновывается высокими температурами, как греющей среды, так и теплоносителя; высоким уровнем давления рабочей среды в поверхностях нагрева и др. В таблице 1 приведены данные по доле отказов элементов котла [2].

Таблица 1 – Доля отказов элементов котла

Наименование	Доля отказов, %
Поверхности нагрева	79,2
Котельно-вспомогательное энергооборудование	3,5
Топливоподача	2,0
Арматура	4,9
Автоматика	7,4
Прочие элементы котла	3,0

На ТЭС ведется учет аварий и отказов. Под аварией понимается такое нарушение режима ТЭС, когда энергопотребителям недоотпускается более 50 МВт×ч электроэнергии или более 500 МВт×ч теплоты. Отказом 1-й степени считается недоотпуск электроэнергии в размере 5...50 МВт×ч и теплоты 50...500 МВт×ч. К отказам 2-й степени относится недоотпуск электроэнергии менее 5 МВт×ч и теплоты менее 50 МВт×ч.

Аварии и отказы регистрируются оперативным персоналом в картах отказов. Каждая авария и отказ расследуется с установлением причины и конкретных мероприятий для предотвращения их в аналогичных случаях. Карты отказов для анализа поступают в энергоуправление и далее – в техэнерго для ежегодной подготовки и издания сборников по обзору поврежденных энергооборудования ТЭС.

Основная причина повреждений заключается в тепловой неравномерности обогрева, перегревах металла (например, вследствие образования накипи). Это проявляется в виде разрывов металла и отдулин. Тепловая неравномерность обогрева является следствием неравномерности тепловосприятности, конструктивной неадекватности и гидравлической разверки. Локальное или общее увеличение теплоотдачи от продуктов сгорания и снижение теплоотдачи к теплоносителю вызывают режимы ухудшенного теплообмена и перегревы металла выше расчетной или предельно допустимой температуры. Перегревы металла ведут не только к микроструктурным изменениям в металле, но и к потере защитных свойств оксидной пленки, что провоцирует коррозию.

Изучение массовых повреждений трубных поверхностей нагрева испарительного тракта котлов до- и сверхкритического давления показало, что неоднородное поле температуры в топочной камере, высокая тепловая нагрузка в стационарных режимах и набросы тепловой нагрузки при растопках порождают неизотермичность теплоотдачи к теплоносителю, термогравитационные и кризисные явления [2]. Имеющиеся зависимости для инженерных расчетов таких явлений в вертикальных трубах не обладают достаточной общностью и точностью. В этой ситуации определение

диагностических признаков, разработка моделей и мероприятий для предотвращения повреждений затруднены. В связи с чем, расчёт показателей надёжности, основанный на статистических показателях работы котельного оборудования, позволяет прогнозировать длительность работы оборудования. Доля отказов из-за повреждений элементов котла приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Доля отказов котла из-за повреждений его элементов

Паропроизводительность, т/ч	Доля отказов из-за повреждений, %				
	ЭК	ИСП	ПЕ	ПП	Прочее
2500...2650	43,9	2500...2650	43,9	2500...2650	43,9
1600...1800	4,1	1600...1800	4,1	1600...1800	4,1
950...1000	11,5	950...1000	11,5	950...1000	11,5
640...670	24,9	640...670	24,9	640...670	24,9
480...500	31,4	480...500	31,4	480...500	31,4
320...420	29,0	320...420	29,0	320...420	29,0
120...220	32,0	120...220	32,0	120...220	32,0

Произведём оценку критериев надёжности парового котла по статистике его работы в течение 2017 года. В среднем котёл находился в работе 624 часа в месяц, в ремонте 108 часов в месяц.

Коэффициент готовности данного котла за 2017 год, составил:

$$k_g = 7486 / (7486 + 1293) = 0,85.$$

Время наработки на отказ, с учётом остановок котла в резерв составило:

$$T_0 = 7486 / 7 = 1069 \text{ ч.}$$

ВЫВОДЫ

Согласно ГОСТ 28269-89 Котлы паровые стационарные большой мощности. Общие технические требования требования к надёжности новых котлов по коэффициенту готовности, %: для пылеугольных котлов, работающих на Экибастузских углях не менее 97,0; со средней наработкой на отказ не менее 3800 часов.

Каждый год коэффициент готовности котла снижается в среднем на величину от 1,0 до 1,5 % [3]. Таким образом, показатели надёжности котла можно оценить как высокие. При этом, такой показатель, как частота отказов даже ниже, чем приводимый в литературе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 50831-95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. Введ. 1997-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 27 с.

2 Казаков, А. В. Надежность, диагностика элементов энергетического оборудования. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – 224 с.

3 Ноздренко, Г. В., Томилев, В. Г., Зыков, В. В., Пугач, Ю. Л. Надежность ТЭС. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – 63 с.

Материал поступил в редакцию 19.12.18.

Е. В. Приходько¹, А. Т. Дүйсекенова²

Анықтау энергетикалық жабдықтар жұмысының сенімділігін

^{1,2}С. Торайғырова атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 19.12.18 баспаға түсті.

E. V. Prihod'ko¹, A. T. Dyuisekenova²

Determination of the reliability of work of energy equipment

^{1,2}S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.

Material received on 19.12.18.

Осы мақалада бу қазандығы жұмысының сенімділік критерийлеріне талдау жүргізіледі. БКЗ-420 барабанды бу қазандығы үшін 2017 жылғы статистикалық ақпарат негізінде жұмыстың сенімділік критерийлерін есептеу жүргізілді, алынған мәндерге талдау және әдеби көздермен салыстыру жүргізілді. Екібастұз кәсірінде жұмыс істейтін шаңкәмір қазандары үшін дайындық коэффициенті бойынша жаңа қазандықтардың сенімділігіне қойылатын жалпы техникалық талаптар келінде 97,0; істен шығуға орташа жұмыс келінде 3800 сағат. Жыл сайын қазандықтың дайындық коэффициенті орта есеппен 1,0-ден 1,5%-ға дейін төмендейді. Осылайша, қазандықтың сенімділік көрсеткіштерін жоғары деп бағалауға болады. Бұл ретте, істен шығу жылізі әдебиетте келтірілетіннен төмен көрсеткіш.

This article analyzes the criteria for the reliability of the steam boiler. For the drum-type steam boiler BKZ-420, we calculated the

reliability criteria based on statistical information for 2017, analyzed the values obtained and compared with literary sources. General technical requirements to reliability of new caldrons on the coefficient of readiness for pulverized caldrons working on Ekibastuz coals no less than 97,0; with middle work on a refuse no less than 3800 hours. Every year the coefficient of readiness of caldron goes down on the average on a size from 1,0 to 1,5 %. Thus, reliability of caldron indexes can be estimated as high. Thus, such index, as frequency of refuses is even lower than given in literature.