

**A.K. Sadykov, B.K. Sharkeov, V.P. Markovskiy,**  
**A.B. Kaydar**

Peculiarities of safe operation of microprocessor of relay protection ..... 100

**B.V. Utegulov, B.K. Sharkeov, V.P. Markovskiy,**

**A.B. Kaydar**

Optimizing management of energy facilities ..... 106

Our authors ..... 117

Rules for authors ..... 119

## КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ПАРОВЫЕ ТУРБИНЫ

**О.А. Андреева**

*к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

**А.В. Нефтисов**

*студент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова*

Паровая турбина (фр. turbine от лат. turbo-вихрь, вращение) - это тепловой двигатель непрерывного действия, в лопаточном аппарате которого потенциальная энергия сжатого и нагретого водяного пара преобразуется в кинетическую, которая в свою очередь совершает механическую работу на валу. Поток водяного пара поступает через направляющие аппараты на криволинейные лопатки, закрепленные по окружности ротора, и, воздействуя на них, приводит ротор во вращение. Паровая турбина является одним из элементов паротурбинной установки (ПТУ). Отдельные типы паровых турбин также предназначены для обеспечения потребителей тепла тепловой энергией. Паровая турбина и электрогенератор составляют турбоагрегат. Паротурбинные электростанции, вырабатывающие один вид энергии - электрическую, оснащают турбинами конденсационного типа и называют конденсационными электростанциями (КЭС) [1]. Конденсационные паровые турбины служат для превращения максимально возможной части теплоты пара в механическую работу. Они работают с выпускком (выхлопом) отработавшего пара в конденсатор, в котором поддерживается вакуум (отсюда возникло наименование). Конденсационные турбины бывают стационарными и транспортными.

Стационарные турбины изготавливаются на одном валу с генераторами переменного тока. Такие агрегаты называют турбогенераторами. Тепловые электростанции, на которых установлены конденсационные турбины, называются конденсационными электростанциями (КЭС). Основной конечный продукт таких электростанций - электроэнергия. Лишь небольшая часть тепловой энергии используется на собственные нужды электростанции и, иногда, для снабжения теплом близлежащего населенного пункта. Обычно это посёлок энергетиков. Доказано, что чем больше мощность турбогенератора, тем он экономичнее, и тем ниже стоимость 1 кВт установленной мощности. Поэтому на конденсационных электростанциях устанавливаются турбогенераторы повышенной мощности [2]. Частота вращения ротора стационарного турбогенератора связана с частотой электрического тока 50 Гц. Частота электрического тока вырабатываемой энергии является одним из главных показателей качества отпускаемой электроэнергии. Современные технологии

позволяют поддерживать частоту вращения с точностью до трёх оборотов. Резкое падение электрической частоты влечёт за собой отключение от сети и аварийный останов энергоблока, в котором наблюдается подобный сбой.

В зависимости от назначения паровые турбины электростанций могут быть базовыми, несущими постоянную основную нагрузку; пиковыми, кратковременно работающими для покрытия пиков нагрузки; турбинами собственных нужд, обеспечивающими потребность электростанции в электроэнергии. От базовых требуется высокая экономичность на нагрузках, близких к полной (около 80%), от пиковых - возможность быстрого пуска и включения в работу, от турбин собственных нужд - особая надёжность в работе. Все паровые турбины для электростанций рассчитываются на 100 тыс. ч работы (до капитального ремонта).

Транспортные паровые турбины используются в качестве главных и вспомогательных двигателей на кораблях и судах. Неоднократно делались попытки применить паровые турбины на локомотивах, однако паротурбовозы распространения не получили. Для соединения быстрходных турбин с гребными винтами, требующими небольшой (от 100 до 500 об/мин) частоты вращения, применяют зубчатые редукторы. В отличие от стационарных турбин (кроме турбовоздуховок), судовые работают с переменной частотой вращения, определяемой необходимой скоростью хода судна [3].

Принцип работы КЭС: свежий (острый) пар из котельного агрегата по паропроводу попадает на рабочие лопатки паровой турбины. При расширении, кинетическая энергия пара превращается в механическую энергию вращения ротора турбины, который расположен на одном валу с электрическим генератором. Отработанный пар из турбины направляется в конденсатор, в котором, охладившись до состояния воды путём теплообмена с циркуляционной водой пруда-охладителя, градирни или водохранилища по трубопроводу направляется обратно в котельный агрегат при помощи насоса. Большая часть полученной энергии используется для генерации электрического тока.

В СССР первая конденсационная турбина была построена на Ленинградском металлургическом заводе в 1924. Это была турбина мощностью 2 МВт, работающая на паре с начальным давлением  $1 \text{ кгс/см}^2$  и температурой  $300^\circ\text{C}$ ; в 1970 там же была изготовлена одновальная конденсационная турбина мощностью 800 МВт с начальным давлением пара  $240 \text{ кгс/см}^2$  и температурой  $540^\circ\text{C}$ . В 1973 создаётся одновальная конденсационная турбина мощностью 1200 МВт, с промежуточным перегревом пара, не имеющая аналогов в мировом турбостроении в то время [4].

Существует несколько видов современных паровых конденсационных турбин, представленные фирмой Mitsubishi Heavy Industries [5].

Конденсационная турбина мощностью 50 МВт. Чисто конденсационные турбины обладают рядом преимуществ, особенно при необходимости

надежного источника энергии большой мощности и наличии поблизости недорогого топлива, такого как технологический побочный газ. Для увеличения теплового КПД турбины пар обычно отбирается из промежуточной ступени турбины для подогрева питательной воды.

Конденсационная паровая турбина с двойным отбором пара мощностью 50 МВт. Конденсационные турбины с промежуточным отбором пара производят как технологический пар, так и электроэнергию. Технологический пар по мере необходимости может отбираться автоматически при одном или нескольких фиксированных значениях давления. Турбины такого типа отличает эксплуатационная гибкость, поскольку они обеспечивают необходимое количество технологического пара при постоянном давлении, производя при этом требуемое количество электроэнергии.

Конденсационная турбина с промежуточным отбором пара двойного давления мощностью 35 МВт. Турбины двойного давления приводятся в действие двумя и более потоками пара, поступающими на турбину независимо друг от друга. В агрегатах с двумя потоками пара можно выбрать оптимальные параметры пара независимо для каждого источника. Такой тип турбин может использоваться при установке дополнительного котла к уже имеющемуся, что является эффективным способом улучшения теплового КПД.

Разработана высокотемпературная ( $800\text{--}850^\circ\text{C}$ ) паровая конденсационная турбина мощностью 100 кВт с числом оборотов в минуту 24000, в качестве топлива используются органическое, ядерное и водородное топливо, альтернативные источники энергии.

Современное турбостроение базируется на применении высоких и сверхвысоких параметров пара. Известно, что к. п. д. турбоустановки растёт с повышением параметров свежего пара и развитием регенеративного подогрева питательной воды. Поэтому желательны повышение и температуру свежего пара до предельно возможных значений и увеличивать число оборотов для подогрева питательной воды, а также использовать тепло отбираемого пара для технологических целей и подогрева сетевой воды в установках с подогревателями. Предельно допустимая температура свежего пара лимитируется качеством металлов, применяемых в турбостроении, их стоимостью и технологией обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: учебное пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2002. - 540с.
2. Трухний А.Д. Стационарные паровые турбины. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 640 с.



3. Рыжкин В.Я., Тепловые электрические станции: Учебник для вузов/ под ред. В.Я. Гиршфельда. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 328 с.

4. Вольдек А.И., Электрические машины, Л., 1974.

5. Электронная база фирмы Mitsubishi Heavy Industries (<http://www.mhi.tu/products/?groupid=3&prodid=5>)

#### Түйіндеме

Бапта негізгі қолдану облыстары және қазіргі конденсациялық бумен турбиналардың құрастыруының кейбір қағидалары сипатталған. Конденсациялық электр станциясының жұмыс принципі, болып жататын процесстердің сипаттамасымен сипатталған Mitsubishi Heavy Industriesтің фирма шығарылаған қазіргі конденсациялық турбиналар тандағандар мысал ретінде болды.

#### Resume

*In article the basic scopes and some principles of designing modern condensation steam turbines are described. The work principle of condensation power stations, with the description of occurring processes is described. As an example, modern condensation of the turbines made by Mitsubishi Heavy Industries have been chosen.*

УДК 628.5

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕПАРАЦИИ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОТОКА

**М.О. Балабеков, Л.И. Рамамуллаева**

инженер, Академический инновационный университет, г. Шымкент

к.т.н., ст.преподаватель, Академический инновационный университет, г.Шымкент

Разработка методов расчета процессов и аппаратов сепарации в газовоздушном потоке имеет существенное значение при расчете эффективности как агрегатов технологического значения для проведения процессов тепло- и массообмена, так и экологической техники для улавливания пыли. Фундаментальные основы данной проблемы могут быть использованы при оценке осаждения частиц пыли, выделяемой из стационарных и

передвижных источников загрязнения воздушного бассейна населенными пунктами, предприятиями и автотранспортными средствами.

Установлено, что эффективность процесса пылеулавливания значительно определяется энергетическими затратами. Во второй половине прошлого столетия зарубежные исследователи Лаппа, Камак и Вальдберг, а также Балабеков О.С. установили, что эффективность пылеуловителя значительно зависит от потери давления. Зависимость между степенью очистки газов и затратами энергии может быть представлена в виде [1-4]:

$$\eta = 1 - \exp(-A\varepsilon^k) \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – удельная энергозатрата на осаждение частиц аэрозоля или тумана, Дж/м<sup>3</sup>; А и k – эмпирические константы, определяемые дисперсным составом пыли.

Практически все существующие технологические процессы являются источниками образования аэрозолей, состоящих из мелких взвешенных частиц размером 0,1-10мкм, улавливание которых связано со значительным расходом энергии.

По аналогии с процессами тепло- и массообмена степень очистки по энергетическому методу можно связать с числом единиц переноса N:

$$\eta = 1 - \exp(-N) \quad (2)$$

Проведенные оценочные расчеты представлены в таблице 1.

Таблица 1  
Расчет эффективности сепарации по зависимости (2)

Число единиц переноса, N	0,5	1,0	2,0	2,3	3,1	3,5	3,9	4,6	5,1	6,9
Эффективность очистки газов, $\eta$	0,39	0,632	0,865	0,900	0,955	0,970	0,980	0,990	0,994	0,999

Обработка литературных данных [1,2,5,6] позволяет определить значение А и k в зависимости:

$$N = AY^k \quad (3)$$

где:  $B=5,5 \cdot 10^{-5}$ ,  $k=1,2$  для возгонов извести,  $B=1,3 \cdot 10^{-2}$ ,  $k=0,6$  для тумана фосфорной кислоты,  $B=2 \cdot 10^{-4}$ ,  $k=1,0$  для пыли медного купороса.

серия ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ I

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік  
университетінің ғылыми журналы  
Научный журнал Павлодарского государственного  
университета им. С. Торайғырова

1997 жылы құрылған  
Осқауын 6 1997 г.

«Ә»

’ ‘і – ‘ – ‘

— “Ö» «√”

4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

12011

<b>Б.К. Шалкенов, А.Б. Кайдар, К.Т. Смагулов, Ф.Д. Жантемиров,</b> <b>Т.Б. Жакупов</b>	Электрқауіпсіздік сұрақтарын меңгеру үшін электр желілерінің физикалық үлгілерін құрастыру .....	93
<b>А.К. Садықов, Б.Қ. Шөлкенов, В.П. Маржовский,</b> <b>А.Б. Қайдар</b>	Релелік қорғаныстың микропроцессорлық құрылғыларының қауіпсіз жұмыс істеу ерекшеліктері .....	100
<b>Б.Б. Өтегулов, Б.Қ. Шөлкенов, В.П. Маржовский,</b> <b>А.Б. Қайдар</b>	Энергетикалық нысандармен басқаруды оқтайландыру .....	106
<b>Біздің авторлар</b>	.....	117
<b>Авторлар үшін ереже</b>	.....	119

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>О.А. Андреева, А.В. Нефтисов</b>	Конденсационные паровые турбины .....	9
<b>М.О. Балабеков, Л.И. Рамагуллаева</b>	Энергетический подход к оценке эффективности сепарации аэрозольного потока .....	12
<b>В.П. Белоглазов, Л.В. Белоглазова, Е.В. Оришевская</b>	Движение частиц в инерционно-вакуумном пылеуловителе .....	18
<b>С.А. Глазырин, Н.С. Глазырина</b>	Лекция - визуализация как средство повышения познавательной активности студентов .....	24
<b>Н.К. Дроздова, Д.А. Алигожина</b>	Требования безопасности при эксплуатации прожекторных установок .....	27
<b>С.С. Исаев</b>	Разработка системы управления асинхронным электродвигателем с использованием нейронных сетей .....	31
<b>А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова</b>	Способы диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя по его электромеханическим параметрам .....	37
<b>А.П. Кислов, С.А. Мендыбаев, Т.А. Масакбаев</b>	Выбор регулятора автоматизированной системы управления компрессорными станциями .....	44
<b>А.П. Косоголов, С.А. Машевский, А.С. Шеломенцев</b>	Моделирование резкопеременных нагрузок электрических систем .....	49
<b>П.Н. Майшев, К.С. Литвинов</b>	Построение полнофункциональной системы автоматизированного управления котельной установки энергоблока тепловой электростанции .....	58
<b>Р.М. Мустафина, А.Х. Тамат, А.С. Звонцов</b>	Энергетическая и экологическая безопасности в энергетике – гарант устойчивого развития .....	61
<b>В.В. Сорokin, М.В. Гладков, Н.В. Зыкова</b>	Метод и алгоритм автоматизированной табличной классификации сигналов .....	66
<b>К.К. Тохтибакиев, А.А. Саухимов</b>	Реализация инвестиционных программ по снижению потерь электроэнергии в региональных энергокомпаниях .....	72
<b>К.В. Хацевский, В.Ф. Хацевский, Т.В. Гоненко</b>	Технология упрочняющей обработки покрытий плоских электронагревательных систем .....	78
<b>В.Ф. Хацевский, В.С. Щербаков, В.Е. Беляков</b>	Влияние динамических воздействий на механизм подъема грузоподъемного крана ДЭК-251 .....	83