

УДК 621.31

**ОЧИСТКА КОНДЕНСАТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН
CLEANING OF STEAM TURBINE CONDENSERS**

А.С. Печко, А.И. Павловская

Научный руководитель – Н.В. Левшин, доцент, к.т.н.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Piachko, A. Pavlovskaya

Supervisor – N. Levshin, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Конденсационная установка предназначена для конденсации отработавшего пара из турбин и поддержания эффективного давления на выходе. Внедрение системы шариковой очистки (СШО) способствует повышению экономической эффективности работы электростанций за счет предотвращения образования отложений и уменьшения расхода охлаждающей воды.

Abstract: The purpose of the condensation unit is to condense exhaust steam from turbines and maintain effective pressure at the outlet. The implementation of the ball cleaning system (BCS) enhances the economic efficiency of power plants by preventing deposit formation and reducing cooling water consumption.

Ключевые слова: конденсационная установка, конденсация, паровая турбина, система шариковой очистки, экономическая эффективность, охлаждающая вода.

Keywords: condensation unit, condensation, steam turbine, ball cleaning system, economic efficiency, cooling water.

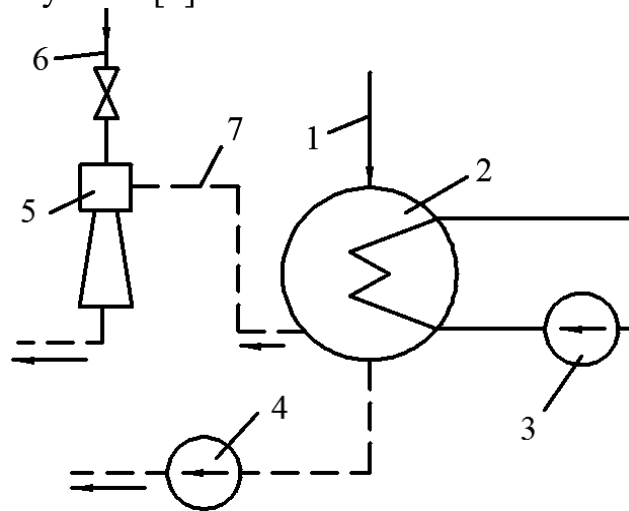
Введение

В настоящее время конденсационная установка играет важную роль в эффективности работы паротурбинных установок, обеспечивая оптимизацию давления пара на выходе из турбины. Качество работы конденсатора зависит от чистоты его поверхности. Для поддержания чистого состояния конденсатора была разработана система шариковой очистки, которая минимизирует образование отложений, позволяя проводить очистку во время работы энергоблока.

Основная часть

Основная цель конденсационной установки заключается в конденсации отработавшего пара, который прошел через турбину, а также в поддержании давления пара на выходе из последней ступени турбины на уровне, не превышающем расчетное значение, установленное с учетом технико-экономических факторов. Используются как одно-, так и Двухфазные конденсаторы являются горизонтальными теплообменными устройствами кожухотрубного типа, в которых отработанный пар, поступающий из турбины, конденсируется на внешней поверхности трубок. Внутри этих трубок циркулирует охлаждающая вода, которая поглощает тепло от конденсата. Образовавшийся конденсат стекает по трубному пучку на дно корпуса и далее собирается в конденсатор

сборниках, откуда он удаляется с использованием конденсатных насосов. Рассмотрим принципиальную схему конденсационной установки, представленной на рисунке 1 [1].

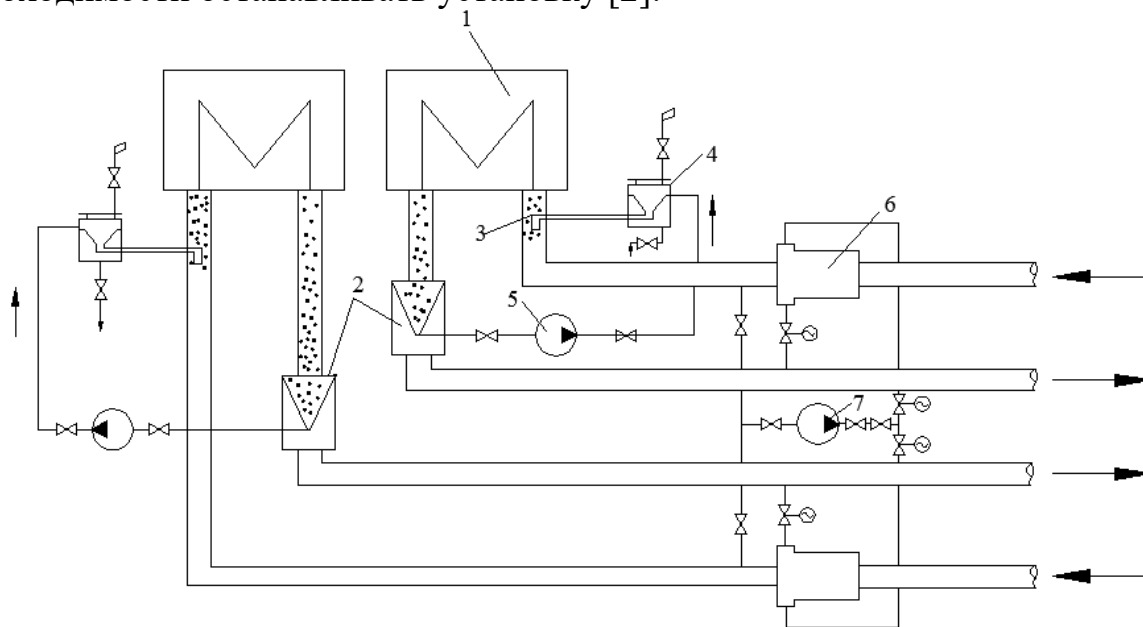


- 1 – пар из выходного патрубка турбины; 2 – поверхностный конденсатор;
 3 – циркуляционный насос; 4 – конденсатный насос; 5 – пароструйный эжектор;
 6 – подвод пара к эжектору; 7 – отсос паровоздушной смеси [1]

Рисунок 1 – Схема конденсационной установки

Экономичность паротурбинной установки сильно зависит от давления отработанного пара, а оно определяется внешними факторами, такими как температура охлаждающей воды и состояние конденсатора. Если трубы конденсатора загрязнены, теплообмен ухудшается, что снижает эффективность всей системы. Загрязнение происходит из-за содержания химических веществ и взвешенных частиц в воде, поэтому станции регулярно очищают трубопроводы. Конденсатор превращает пар обратно в воду, которая потом используется снова, и для этого важно, чтобы пар хорошо соприкасался с чистыми охлаждающими трубами. Для этого применяется система шариковой очистки – это технология, которая автоматически очищает трубы конденсатора с помощью резиновых шариков, которые циркулируют вместе с охлаждающей водой, удаляя загрязнения. Эти шарики, чуть больше диаметра трубок, протирают их внутренние стенки, удаляя накипь, ржавчину, биологические отложения и другие загрязнения. Такая система позволяет поддерживать чистоту трубок без необходимости останавливать энергоблок для традиционной ручной или химической очистки. Система включает несколько ключевых элементов. Подающая станция шариков отвечает за ввод резиновых шариков в поток охлаждающей воды. Шарики циркулируют по системе, проходя через конденсаторные трубки и очищая их. Затем они попадают в специальные фильтры или сепараторы, которые отделяют шарики от общего потока воды. После отделения шарики собираются в специальную камеру и вновь отправляются в систему для повторного использования. Для обеспечения стабильной циркуляции воды и шариков используются циркуляционные насосы. Также система оснащена контрольно-измерительными приборами, которые отслеживают скорость потока воды, степень загрязнения трубок и состояние шариков, что помогает поддерживать оптимальный режим работы.

Принцип работы системы шариковой очистки (СШО) очень простой: резиновые шарики запускаются из специальной станции и вместе с охлаждающей водой проходят через трубки конденсатора (рисунок 2). Так как их диаметр немного больше, чем у трубок, шарики плотно прижимаются к стенкам и очищают их от загрязнений. После этого шарики отделяются от воды и возвращаются в систему для повторного использования. Этот процесс непрерывный, что позволяет поддерживать чистоту конденсаторных трубок без необходимости останавливать установку [2].



1 – конденсатор; 2 – шарикоулавливающее устройство; 3 – узел ввода шариков в циркуляцию; 4 – загрузочная камера; 5 – насос сортировки шариков; 6 – осевой фильтр предочистки; 7 – насос промывки фильтров [2]

Рисунок 2 – Принципиальная схема СШО конденсатора паровой турбины

Одним из главных преимуществ шариковой очистки является то, что она работает без остановки энергоблока, что значительно сокращает простои и снижает риск потерь мощности. Это также устраняет необходимость в частых плановых остановках для проведения ручной или химической очистки конденсаторов. Благодаря поддержанию чистоты трубок на постоянной основе, теплопередача остаётся высокой, что повышает эффективность работы энергоблока и снижает расход топлива. Это, в свою очередь, позволяет снизить эксплуатационные расходы и увеличить срок службы оборудования за счёт предотвращения накопления отложений и коррозии. СШО помогает поддерживать экономичность работы паровых турбин и предотвращать снижение эффективности из-за загрязнений конденсатора. Кроме того, система шариковой очистки способствует снижению износа оборудования, так как чистые трубки конденсатора меньше подвержены коррозии и механическим повреждениям. Благодаря регулярной очистке шариками, энергоблоки могут работать на более высоких мощностях, что повышает общую производительность и снижает частоту ремонтов. Внедрение СШО позволяет не только повысить экономичность работы энергосистемы, но и улучшить её экологические показатели за счёт снижения выбросов, связанных с повышенным

потреблением топлива. Система также уменьшает вероятность аварийных ситуаций, связанных с перегревом или нарушением работы конденсатора, что делает эксплуатацию энергоблока более безопасной. В долгосрочной перспективе использование шариковой очистки сокращает затраты на капитальные ремонты, повышая надёжность оборудования и стабилизируя его работу на протяжении всего срока службы.

Внедрение системы шариковой очистки (СШО) заметно повышает эффективность работы энергоблоков и улучшает экологические показатели. Одно из ключевых преимуществ – это уменьшение теплового воздействия на окружающую среду. Благодаря улучшению работы конденсатора требуется меньше охлаждающей воды, что особенно важно для защиты водоёмов рядом с электростанциями от перегрева. В системах с замкнутым водоснабжением СШО помогает сократить использование хлора и других химикатов для обработки воды, что положительно влияет на экологию. Также фильтры СШО задерживают мусор, очищая воду в водоёмах.

Использование системы шариковой очистки несёт множество преимуществ для паротурбинных установок (ПТУ). Во-первых, она позволяет повысить экономичность работы турбин и увеличить мощность турбогенератора. Это достигается за счёт уменьшения удельного расхода топлива и увеличения средней электрической мощности установки. Также СШО снижает мощность, потребляемую циркуляционными насосами, что уменьшает общие эксплуатационные затраты. Надёжность оборудования повышается за счёт постоянной очистки трубок от загрязнений, что снижает вероятность поломок и увеличивает срок службы систем.

Кроме того, система помогает улучшить экологические показатели водоёма, в том числе за счёт снижения объёмов потребляемой охлаждающей воды и уменьшения её теплового воздействия на окружающую среду. Постоянная очистка охлаждающих трубок обеспечивает высокую эффективность теплопередачи, что поддерживает стабильную работу теплообменников и конденсаторов. СШО также снижает давление отработанного пара в конденсаторе, улучшая вакуум и экономичность работы турбины. Это, в свою очередь, снижает затраты на собственные нужды блока, так как циркуляционные насосы потребляют меньше мощности, а объёмы охлаждающей воды оптимизируются. СШО позволяет избегать внеплановых остановок для ручной или химической очистки, а также предотвращает коррозию и эрозию трубок, вызванную загрязнениями. Это сокращает расходы на ремонт конденсаторов во время плановых остановок. Также система улучшает качество основного конденсата, снижая риск попадания охлаждающей воды в него, что способствует более стабильной работе блока и улучшает водно-химический режим. Система шариковой очистки может быть использована не только в конденсаторах турбин, но и в приводах питательных турбонасосов. Благодаря своим многочисленным преимуществам эта технология широко применяется в мировой энергетике и используется на многих зарубежных энергоблоках. Основное препятствие для её более широкого внедрения – это высокая стоимость импортного оборудования, что иногда сдерживает её распространение в некоторых регионах [3].

Заключение

Внедрение автоматизированных систем очистки, таких как система шариковой очистки (СШО), позволяет поддерживать конденсаторы в рабочем состоянии без частых остановок на обслуживание, что снижает эксплуатационные расходы. За счёт регулярной очистки уменьшается потребление охлаждающей воды и тепловое загрязнение водоёмов, что положительно сказывается на экологии. СШО также увеличивает эффективность энергоблоков, повышая мощность турбин и снижая расход топлива, что делает систему экономически выгодной и экологически безопасной. Эти технологии помогают развивать энергетику более устойчиво, уменьшая негативное влияние на окружающую среду и снижая расходы на эксплуатацию и обслуживание оборудования. Внедрение системы шариковой очистки соответствует современным требованиям по эффективности, экологии и социальной ответственности.

Литература

1. Patentton [Электронный ресурс] / Способ очистки трубок конденсаторной установки турбоагрегата. – Режим доступа: Способ очистки трубок конденсаторной установки турбоагрегата. Российский патент 2002 года RU 2181470 С1. Изобретение по МКП F28G1/16. – Дата доступа: 19.10.2024.
2. GZN [Электронный ресурс] / Паротурбинные установки. – Режим доступа: Повышение экономичности паротурбинных установок путем разработки, исследования и внедрения систем очистки охлаждающей воды и трубок конденсаторов диссертация по энергетике, скачайте бесплатно автореферат диссертации на тему «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» /. – Дата доступа: 19.10.2024.
3. Загрязнение конденсаторов и способы их очистки [Электронный ресурс] / Основные группы насосов в тепловой энергетике. – Режим доступа: <http://gazogenerator.com/ekspluataciya-paroturbinnyx-ustanovok/zagryaznenie-kondensatorov-i-sposoby-ix-ochistki/>. – Дата доступа: 19.10.2024.