Таким образом, с помощью трёхмерного моделирования в системе конечно-элементного анализа появляется возможность оптимизации конструкции фотоприёмника с помощью визуализации тепловых полей фотоприёмника и скоростей теплоносителя, на основании которых можно проводить анализ о целесообразности использования той или иной конструкции фотоприёмника, с целью получения необходимых тепловых параметров и электрической и тепловой эффективности фотоприёмника.

1. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотозлектрических модулей. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 2 (35). С. 71-77.
2. Панченко В.А. Теплофотозлектрический модуль с концентраторами солнечного излучения параболического типа. Строительство и техногенная безопасность. 2020. № 18 (70). С. 107-121.
3. Сеницын С.А., Стребков Д.С., Панченко В.А. Паркетирование поверхности параболического концентратора солнечного теплофотозлектрического модуля по заданным дифференциально-геометрическим требованиям. Геометрия и графика. 2019. Т. 7. № 3. С. 15-27.
4. Сеницын С.А. Задача синтеза геометрической информации при оптимальном моделировании гладких дифференциальных поверхностей. Инновации и инвестиции. 2018. № 10. С. 211-214.
5. Сеницын С.А. Задача паркетирования сферической защитной оболочки плоскими элементами с требуемой точностью. Современные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник трудов по результатам международной интернет-конференции. 2019. С. 265-270.
6. Ansys, сайт. – URL: <https://www.ansys.com/> (дата обращения: 19.09.2021). – Текст: электронный.

Ращепкина С.А., Габалова Д.В., Князькина Е.В.

Открытые оросительные градирни, применяемые в энергетической промышленности

*Балаковский инженерно-технологический институт – филиал «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(Россия, Балаково)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-63

Аннотация

Рассмотрена классификация градирен по направлению движения воды и воздуха. Указаны особенности открытых оросительных градирен. Приведены основные характеристики башенной и вентиляторной градирен. Выявлены достоинства, недостатки и применение разных типов градирен на тепловых и атомных электростанциях.

Ключевые слова: оросительные градирни, типы, башенные, вентиляторные, особенности работы, назначение.

Abstract

The classification of cooling towers in the direction of movement of water and air is considered. The features of open irrigation cooling towers are indicated. The main characteristics of the tower and fan cooling towers are given. The advantages, disadvantages and application of different types of cooling towers at thermal and nuclear power plants have been identified.

Keywords: irrigation cooling towers, types, tower, fan, features of work, purpose.

Введение

Вопрос изучения промышленных объектов энергетики к ним примыкающим сооружениям является одним из важнейших вопросов настоящего времени. Так для охлаждения различного технологического оборудования, установленного на АЭС, ТЭС и других промышленных предприятиях, для их функционирования требуется большое количество оборотной воды. Наиболее распространенным типом охлаждающего оборудования являются различные конструктивные решения градирен. Выбор типа оросительных градирен

следует производить по технологическим расчетам с учетом заданных расходов воды, тепла, температуры охлаждаемой воды и других параметров. Все градирни классифицируются по различным параметрам на несколько типов. Открытые оросительные градирни могут быть поперечноточные и противоточные. Противоточные сооружения, в свою очередь, делятся на башенные (рис. 1, а) и вентиляторные. Рассмотрим некоторые типы градирен подробнее.

1. Противоточные башенные градирни

Башенная градирня представляет собой железобетонную или металлическую трубу конической формы, внутри которой находится система подачи воды, ороситель и резервуар. Поток наружного воздуха через входные отверстия в нижней части трубы поднимается вверх через ороситель за счет создания естественной тяги в трубе (рис. 1, б) [1].

Градирни выполняются отдельно стоящими, круглыми или многоугольными в плане. Этот вид промышленных градирен обеспечивает большую тепловую мощность за счет гигантского количества воды, охлаждаемого с небольшим температурным перепадом (5-10°C) [1]. В зависимости от процесса изготовления каркаса, башенные градирни выполняют железобетонными (рис. 2,а) или каркасно-обшивными (рис. 2, б). У первых градирен корпус монолитный, а у вторых – из сборных металлоконструкций, обшитых пластиком, алюминиевыми или металлическими гофрированными листами [1].

Рисунок 1. Башенная градирня [1]: а – Нововоронежская АЭС-2; б – принцип работы башенной градирни

У железобетонных градирен необходимо регулярно поддерживать и восстанавливать специальными составами гидроизоляцию, а у обшивных градирен стыки листов необходимо герметизировать с помощью специальных лент. Следует отметить, что ввиду отсутствия принудительной тяги и сложности развернуть поток воздуха, эксплуатация этих градирен требует дополнительных приспособлений и мероприятий (например, устройства тамбура и жалюзи) [1].

Достоинства:

- практически отсутствуют затраты электроэнергии при эксплуатации;
- сооружения градирен предназначены для огромных расходов воды;
- возведение в непосредственной близости от объекта.

Недостатки:

- небольшая глубина охлаждаемой воды;
- большая занимаемая площадь при строительстве;
- дорогостоящие затраты в кастроительство и ремонт;
- требуют специальных мероприятий для зимнего периода.

Применение. Противоточные башенные градирни широко применяются в энергетической промышленности [2]. В основном башенные градирни применяются на АЭС

(рис. 2, а) или ТЭЦ (рис. 2, б). На Калисиндской тепловой электростанции, расположенной недалеко от г. Джалавар в Индии успешно работает башенная градирня (рис. 2, в).

а

б

в

Рисунок 2. Башенные градирни [2]: а – железобетонная градирня (Ленинградская АЭС-2, Россия); б – металлическая каркасно-обшивная градирня (Чебоксарская ТЭЦ-2, Россия); в – башенная градирня ТЭС (Kalisindh, Индия)

Башенные градирни отличаются дороговизной, поэтому целесообразно их применять ТЭЦ, ТЭС и АЭС [1].

2. Противоточные вентиляторные градирни

Вентиляторные градирни предназначены для охлаждения оборотной воды воздухом; для нагнетания воздуха используются вентиляторы. Для охлаждения воды вентилятор разбрызгивается ее на ороситель. Затем вода стекает в накопитель. Воздух подается снизу корпуса и поднимается вверх с помощью вентилятора (рис. 3) [3]. Оросители и вентиляторы имеют различные конструкции и с соответствующей мощностью. Это позволяет подобрать их при заданных нагрузках и осуществить глубокое охлаждение необходимого объема воды. В таких градирнях можно установить воздухорегулирующие жалюзи и эксплуатировать градирню в морозы [4]. По типу оросителя градирни различают [1]: пленочные; капельные; капельно-пленочные.

Достоинства:

- гибкость конструкции вентиляторной градирни;
- отсутствие обмерзания оросителя;
- энергоэффективность конструктивного типа градирни;
- ремонт элементов градирни не сложный;
- ассортимент запасных частей велик.

Недостатки:

- для обслуживания сооружения требуется квалифицированный персонал;
- требуется осторожность и дополнительный уход при отрицательных температурах;
- существует опасность загрязнения оборотной воды.

Применение. С помощью противоточной вентиляторной градирни достигается качественное и быстрое охлаждение воды. Градирни такого типа можно устанавливать в разных климатических и технических условиях, на больших производствах и малых предприятиях. На рис. 4 представлены вентиляторные градирни, построенные в Казани на ТЭЦ-2 и Караганде на ТЭЦ-3 (Казахстан).

Рисунок 3. Принцип работы вентиляторной градирни

Рисунок 4. Вентиляторные градирни на ТЭЦ [2]
а. г. Казань

б. г. Караганда

В табл. 1 можно увидеть сравнение характеристик открытых оросительных градирен – башенной и вентиляторной.

Таблица 1

Сравнительные характеристики разных типов градирен [5]

№	Показатель	Единица измерения	Тип градирни	
			Башенная	Вентиляторная
1	Расход оборотной воды	м³/ч	5000-50000 (и более)	600-800
2	Потребное давление	МПа	0,12	0,15
3	Перепад температур (без рециркуляции)	°С	7-8	8-10
4	Максимальная глубина охлаждения (без рециркуляции)	°С	7-9	5-7
5	Потери воды: испарение; каплеунос	% %	до 0,9 до 2,5	до 1 до 2
6	Удельная электрическая мощность насосов и вентиляторов на охлаждение 1 м³ воды	кВт	0,133	0,183
7	Удельные капитальные затраты на строительство, включая водосборный бассейн и фундамент (на 1 м³ воды)	тыс. руб.	21-22	13-14
8	Срок окупаемости	год	более 5	2-3
9	Срок эксплуатации без капитального ремонта	год	10-20	2-4
10	Гарантийный срок эксплуатации	год	1	1

3. Поперечноточные градирни

В поперечноточной градирне потоки воздуха направлены горизонтально, а вода стекает вертикально (рис. 5). Воздух подается с одной стороны, а иногда и с двух сторон градирни. При этом, вода движется из резервуара, расположенного сверху. Она стекает под собственным весом вниз по слою оросителя. За счёт горизонтально поступающего воздуха, вода превращается в пар и охлаждается (рис. 5) [6].

Достоинства:

- безнапорная система распределения воды;
- занимают малую площадь, так как могут быть спланированы "в высоту".

Недостатки:

- малая производительность градирни;
- обледенение градирни при минусовой температуре воздуха.

Применение. Поперечноточные градирни нетипичны для России и их обслуживание обходится дороже: запчасти и механизмы не имеют отечественных аналогов. Их заказ за рубежом дорог и длителен. Применять поперечноточные установки лучше на территориях с мягким климатом. Благодаря компактности и большой высоте конструкции можно добиться

рационального использования производственных площадок [1]. На рис. 6 представлены градирни Marley NC, применяемые на кислородной станции № 5 ПАО «ММК» в г. Магнитогорск [1] и на ОАО «КуйбышевАзот» в г. Тольятти [7].

Рисунок 5. Схема работы поперечноточной градирни [2]

Рисунок 6. Поперечноточные градирни:
а. г. Магнитогорск [1]

б. г. Тольятти [7]

Выводы.

В результате проведенного анализа открытых оросительных градирен было установлено.

- Выбор типа открытых оросительных градирен следует производить по технологическим расчетам с учетом заданных в проекте расходов воды и количества тепла, температур охлаждаемой воды и требований к устойчивости охладительного эффекта и т. д.; различают поперечноточные и противоточные оросительные градирни.
- Существенные отличия башенных градирен от вентиляторных заключается в большем расходе оборотной воды и в повышенном сроке эксплуатации градирни.
- Поперечноточные градирни имеют ряд преимуществ, в том числе безнапорная система распределения воды и малая занимаемая площадь.

1. Градирни и очистные сооружения | Агросройсервис [Электронный ресурс] URL: <https://acs-nnov.ru/gradirnya.html> (дата обращения: 23.09.2021).
2. Яндекс.Картинки [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/images/> (дата обращения: 23.09.2021).
3. Завод градирен NCT (Санкт-Петербург) [Электронный ресурс] URL: <https://nc-t.ru/stati/typy-gradiren/> (дата обращения: 23.09.2021).
4. Градирни и очистные сооружения | Агросройсервис [Электронный ресурс] URL: <https://acs-nnov.ru/ventilyatornye-gradirni.html> (дата обращения: 23.09.2021).
5. Сделано у нас [Электронный ресурс] URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/57625/> (дата обращения: 23.09.2021).
6. Градирни: строительство и модернизация градирни [Электронный ресурс] URL: <https://gradirni.tmim.ru/gradirnya> (дата обращения: 27.09.2021).
7. Градирни SPX Cooling Technologies [Электронный ресурс] URL: <http://sa-es.ru/about/news/80/> (дата обращения: 16.10.2021).

Суфиянов Р.Ш.

Использование топливных элементов на автомобилях

*Бронницкий филиал ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»
(Россия, Бронницы)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-64

Аннотация

Стремление к безуглеродной экономике, вызванное требованиями сохранения озонового слоя и сбережения невозобновляемых источников энергии, ставит перед