РАЗДЕЛ VII. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Открытые безнасадочные градирни на энергетических объектах

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

doi: 10.18411/trnio-11-2021-53

Аннотация

Рассмотрена классификация градирен по различным признакам. Приводятся характеристики разных типов градирен. Выявлены особенности эжекционной и брызгальной градирен. Указаны их достоинства, недостатки и применение в промышленности.

Ключевые слова: градирни, типы, характеристики, эжекционные, брызгальные, применение.

Abstract

The classification of cooling towers according to various criteria is considered. The characteristics of different types of cooling towers are given. The features of ejection and spray cooling towers are revealed. Their advantages, disadvantages and application in industry are indicated.

Keywords: cooling towers, types, characteristics, ejection, spray, application.

Введение

На атомных и тепловых электростанциях для охлаждения различного технологического оборудования используется большое количество оборотной воды, что требует специальных устройств. Наиболее распространенным способом охлаждения воды является применение градирен позволяющим охлаждать большое количество воды направленным потоком атмосферного воздуха.

Охлаждение воды связано с конденсацией отработавшего пара после расширения его в паровых двигателях, с охлаждением оборудования в целях предохранения его от быстрого разрушения под влиянием очень высоких температур. Следует отметить, что в зависимости от назначения охлажденной воды требования, предъявляемые к ее температуре, заметно различаются. Они преимущественно диктуются технологией производства (ТЭС, АЭС), экономичностью и надежностью работы оборудования и установок.

Классификация.

Градирни можно классифицировать по различным признакам. Наиболее целесообразно их различать по передаче тепла воздуху (рис. 1):

- открытые (испарительные), где передача тепла от воды атмосферному воздуху осуществляется преимущественно за счет испарения капелек; такой тип в свою очередь делится на безнасадочные и оросительные;
- закрытые (радиаторные), где передача тепла от воды воздуху осуществляется через стенку радиаторов за счет теплопроводности и конвекции.

Кроме того, существуют смешанные градирни, где используется передача тепла за счет испарения, теплопроводности и конвекции.

Рисунок 1. Классификация градирен [1]

Предел охлаждения воды в испарительных градирнях оценивается температурой атмосферного воздуха по смоченному термометру. В радиаторных градирнях этот предел оценивают температурой атмосферного воздуха по сухому термометру. Основным достоинством *открытых (испарительных)* градирен заключается в том, что они обеспечивают более глубокое охлаждение воды по сравнению с закрытыми градирнями. Кроме того, они могут быть выполнены из дешевых материалов.

Закрытые (радиаторные) градирни из-за малой глубины охлаждения воды и низких коэффициентов теплоотдачи поверхности контакта с воздухом применяются редко.

Особый интерес представляют безнасадочные открытые эжекторные и брызгальные градирни. Остановимся на данных типах подробнее.

Безнасадочные эжекционные градирни.

Градирня эжекторного типа широко применяется на промышленных объектах. Основа градирни – стальной корпус с трубопроводом, через который поступает вода в виде мелких капелек (мелкодисперсной пыли) (рис. 2, а). Высокая скорость водяного потока затягивает воздух, происходит смешивание с водой и соответственно охлаждение (рис. 2, б) [2].

а

б

Рисунок 2. Эжекционная градирня [3]:
а – вид снаружи (градирня HT-4000); б – принцип работы

В эжекционных градирнях вода распыляется под давлением ориентировочно в 4-7 бара. Капельки получаются очень маленькие (менее 1/5 миллиметра). Водяной поток капелек движется с высокой скоростью (около 18 м/с). Этот поток смешивается с воздухом, в результате имеем нужный теплообмен [2]. В табл. 1 представлены некоторые характеристики градирни.

Достоинства:

- обеспечение требуемого температурного перепада в течение всего рабочего времени;
- возможность охлаждать воду с высокой температурой (60°C и выше);
- стабильный КПД.

Недостатки:

- для подачи высокого давления должны быть мощные водяные насосы;
- повышенный износ трубопроводов подачи воды;
- невозможность эксплуатации градирни зимой;
- большой расход воды в результате ее уноса в атмосферу.

Таблица 1

Характеристики эжекционных градирен [4]

№	Показатель	Единица измерения	Эжекционная серии НТ
1	Расход оборотной воды	м³/ч	5-50000 (и более)
2	Потребное давление	МПа	0,1-0,5
3	Перепад температур (без рециркуляции)	°С	8-10
4	Максимальная глубина охлаждения (без рециркуляции)	°С	3-4
5	Потери воды: испарение; каплеунос	% %	до 1 отсутствует
6	Удельная электрическая мощность насосов и вентиляторов на охлаждение 1 м³ воды	кВт	0,175
7	Удельные капитальные затраты на строительство, включая водосборный баассейн и фундамент (на 1 м³ воды)	тыс. руб.	3-5
8	Срок окупаемости	год	до 1
9	Срок эксплуатации без капитального ремонта	год	до 25
10	Гарантийный срок эксплуатации	год	5

а

б

Рисунок 3. Эжекционная градирня [5]:

а – НТ-4000 (г. Волгоград); б – Октоград (г. Санкт-Петербург)

Применение:

Эжекционные промышленные градирни рекомендуется использовать только в том случае, если необходимо охлаждать горячую воду или ее незначительное количество [2]. Градирня эжекционного типа НТ-4000 установлена на предприятии ООО «Омсктехуглерод» в г. Волгоград (рис. 3, а). Многоконтурная эжекционная градирня «Октоград», состоящая из

трех отдельных корпусов по $12\,500\text{ м}^3/\text{ч}$ применяется на ТГК-1 в г. Санкт-Петербург (рис. 3, б).

Безнасадочные брызгальные градирни

В градирнях брызгального типа оросительное устройство представляет собой один или два яруса разбрызгивающих сопел, установленных внутри деревянного корпуса (рис. 4, а). Сопла располагаются на высоте 1,5-2 м над верхней кромкой воды в водосборном резервуаре и направляются выходными отверстиями вверх. Корпус, начиная примерно от уровня отверстий сопел и до ее устья, состоит из плотной дощатой обшивки. Между нижним краем обшивки и обрезом водосборного резервуара предусмотрены окна для поступающего внутрь градирни наружного воздуха (рис. 4, б) [5]. Здесь: 1 – корпус; 2 – воздухопроводные окна; 3 – коллекторная система; 4 – форсунки; 5 – бассейн; 6 – вентилятор; 7 – конфузор; 8 – диффузор; 9 – каплеуловитель; 10 – направляющие пластины.

а

б

Рисунок 4. Брызгальные градирни [6]: а – общий вид (БМГ-2000, ОАО «Балаковские минеральные удобрения»); б – схема работы

Для улучшения охлаждающего эффекта напор воды у сопел в брызгальных градирнях принимается обычно более высоким, порядка 8-10 м. Глухая обшивка башни препятствует значительной потере воды при более тонком ее распыливании и увеличении высоты факела [5]. Брызгальная градирня имеет только 2-3 % потерей воды на унос и испарение, что видно из табл. 2.

Таблица 2

Характеристика градирни брызгального типа [7]

Показатель	Значение
Производительность по воде, кг/с	0,3...100
Удельная тепловая нагрузка, кВт/м ²	0,5...2
Потери воды на унос и испарение, %	2...3

Достоинства:

- простота градирни в эксплуатации;
- малый объем используемых строительных материалов;
- срок возведения градирни в 1,5-2 раза меньше, чем для аналогов.

Недостатки:

- большие размеры градирни;
- небольшая плотность орошения ($2\text{ м}^3/\text{м}^2$ и ниже);
- высокая стоимость градирни.

Применение:

Вследствие неблагоприятных экономических показателей башенные брызгальные градирни мало распространены. Но они находят применение при расходе воды до $100\text{ м}^3/\text{ч}$

для небольших холодильных установок, компрессорных станций небольшой мощности [6]. Градирня БМГ-3000 имеет 2 секции и эксплуатируется с 2011 г. на Карагандинской ТЭЦ, Казахстан (рис. 5).

Рисунок 5. БМГ-3000 (г. Караганда, Казахстан) [8]

Выводы

В результате краткого анализа установлено:

- открытые градирни охлаждают воду за счет непосредственного ее контакта с воздухом; различают следующие брызгальные и эжекционные охладительные градирни;
- безнасадочные градирни работают за счет распыления воды, раздробленной на мелкие капельки; как раз на поверхности каждой отдельной капельки происходит теплообмен;
- существенное отличие брызгальных градирен от эжекционных заключается значением давления, под которым происходит процесс дробления воды.

1. Градирни и очистные сооружения | Агростройсервис [Электронный ресурс] URL: <https://acs-nnov.ru/gradirnya.html> (дата обращения: 23.09.2021).
2. Завод градирен NCT (Санкт-Петербург) [Электронный ресурс] URL: <https://nc-t.ru/stati/typy-gradiren/> (дата обращения: 23.09.2021).
3. Градирни в России [Электронный ресурс] URL: <https://gradirni.org/gradirni/Classification/> (дата обращения: 23.09.2021).
4. Сделано у нас [Электронный ресурс] URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/57625/> (дата обращения: 23.09.2021).
5. Эжекционные градирни [Электронный ресурс] URL: <https://gradirni-nt.ru> (дата обращения: 09.10.2021).
6. Энергетика. ТЭС и АЭС. Всё о тепловой и атомной энергетике [Электронный ресурс] URL: <https://tesiaes.ru/?p=10979> (дата обращения: 27.09.2021).
7. Справочник химика 21 [Электронный ресурс] URL: <https://www.chem21.info/pics/492485/> (дата обращения: 27.09.2021).
8. Градирни: строительство и модернизация [Электронный ресурс] URL: <https://gradirni.tmim.ru/novosti/item/271-pyatyj-god-uspeshno-ekspluatiruyutsya-gradirni-bmg-3000> (дата обращения: 09.10.2021).

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А.

Способы очистки моторных масел

*Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-54

Аннотация

В данной статье рассмотрены классификации различных способов удаления загрязнений моторных масел самодвижущихся машин в различных стадиях их эксплуатации.