

УДК 66.045.53

**АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАДИРНИ  
ANALYSIS OF COOLING TOWER PARAMETERS**

А.В. Шунькевич, А.И. Тишкова

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

petrovskaya@bntu.by

A. Shunkevich, A. Tishkova

Supervisor – T. Petrovskay, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** в данной статье рассматривается градирня, их общая информация, типы и схемы, где применяются. Тема градирни является актуальной, так как они позволяют рационально использовать водные ресурсы без ущерба окружающей среде, позволяют сэкономить топливо и сбросить большое количество теплоты.

**Abstract:** this paper discusses cooling towers, their general information, types and schemes where they are used. The topic of cooling towers is relevant, as they allow the rational use of water resources without harming the environment, save fuel and release a lot of heat.

**Ключевые слова:** градирня, драйкулер, брызгальные бассейны, радиатомные градирни, ороситель.

**Keywords:** water-cooling tower, draycooler, splash pools, radiatomic cooling towers, sprinkler.

**Введение**

Испарительное охлаждение жидкостей используется человеком с незапамятных времен. Однако, когда речь идет об охлаждении оборотной воды в промышленности, испарительное охлаждение начали использовать для этой цели во второй половине прошлого века.

Первым примитивным типом охладителя циркуляционной воды была ветвистая градирня, заимствованная из практики добычи соли путем выпаривания воды из соленых озер. Метод испарения путем наваливания хвороста, орошаемого озерной водой, использовался уже давно. Затем хворост укладывался на решетку из "сложенных" палок, чтобы облегчить продувку поверхности воды воздухом. Поскольку испарение рассола называлось охлаждением, эти устройства стали называть "градирнями" или "охлаждающими башнями". Первоначально эти градирни использовались для охлаждения циркулирующей воды для промышленного использования.

Однако с быстрым развитием промышленности возникли требования к эффективности охлаждения, производительности и компактности, которые такие простые устройства не могли удовлетворить. Тогда на смену хворосту пришли первые конструкции фольгового типа, которые включали горизонтальные металлические решетки, решетки из деревянных брусков или

поддонов, вертикальные металлические решетки и металлические кольца в однорядных распылительных устройствах. Для усиления охлаждающего эффекта пруда стали использовать форсунки для распыления поступающей воды, и за относительно короткий промежуток времени в 80-90-е годы XIX века были созданы почти все остальные виды циркуляции воды для охлаждения, которые используются и сегодня.

### Основная часть

Мокрые градирни – это небольшие брызгательные бассейны, ограждённые со всех сторон жалюзийными стенками, которые не дают каплям воды выходить наружу. Градирни разделяются на два типа, большие и малые. К малым градирням придают форму квадрата, в центре которого устанавливается пучок сопел. В больших градирнях форма имеет форму вытянутого прямоугольника, сопла в данной градирне располагаются в шахматном порядке.

Охлаждение в градирне происходит за счёт силы ветра, вода, распыляемая соплами, передаёт количество теплоты проходящему воздуху, в результате капли воды конденсируются и собираются в поддоне, а воздух с приобретённой теплотой поднимается вверх, и мы наблюдаем характерный дым над градирней. Сопла направляют вниз для более равномерного распределения разбрызгиваемой воды и меньшего уноса воды, так как это будет своего рода потери, для уменьшения потерь жалюзи располагаются по длине горизонтально на расстоянии 1 м, под углом к горизонтали 45-60° перекрывая друг друга. При расположении сопел выходным концом вверх верхняя поверхность располагается сплошной конструкцией для меньших потерь воды.

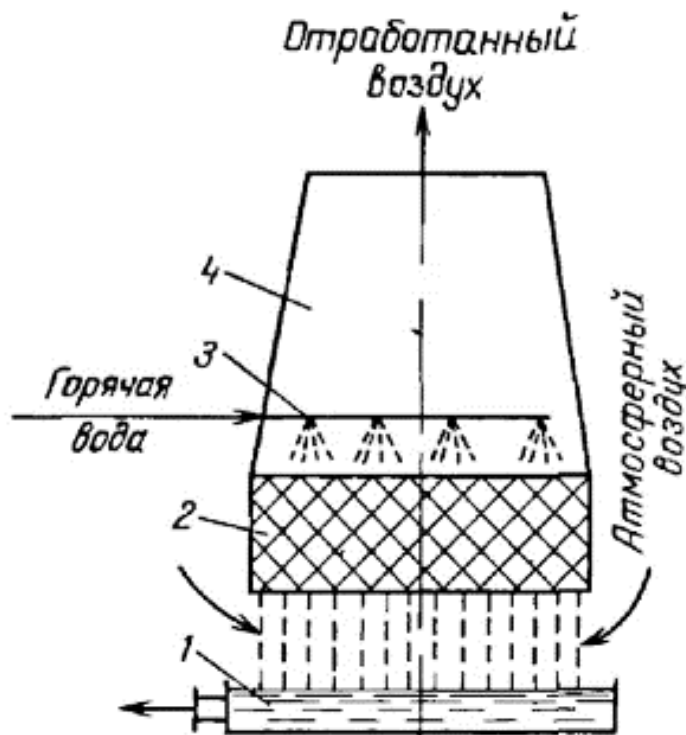


Рисунок 1 – Схема мокрой градирни

1 – поддоны; 2 – слои насадки; 3 – распределители охлаждающей воды; 4 – полная часть градирни для обеспечения естественной тяги.

Чтобы лучше происходило продувание воздухом шахты градирни выполняют с шириной не более 4-6 м, а чтобы увеличить площадь градирни увеличивают её длину, длинная сторона градирни располагается нормально к направлению ветра. Сопла располагаются по ширине и их количество не должно превышать 4-х, расстояние между ними 0,8-1,0 м.

Для более эффективного охладительного эффекта необходимо располагать сопла на высоком расстоянии от резервуаров, но этот высокий уровень ограничивается высотой до 4 м. Наибольшая эффективность охлаждения происходит на начальном участке, т.к. будет высокая разность температуры воды и воздуха и парциальное давление пара сочетается с наиболее высокой скоростью капель, при достижении каплями данной скорости интенсивность охлаждения снижается.

Данная градирня очень универсальна и компактна, что позволяет устанавливать её в разных местах, необходимы для отводов количества теплоты.

Сухие градирни или сухие чиллеры, показанные на рисунке 2, используются для охлаждения жидкостей в системах циркуляции воды на различных промышленных предприятиях. Эта система охлаждения была изобретена венгерскими инженерами Геллером и Фарго. Первоначально она использовалась для охлаждения конденсаторов на электростанциях.

Сухие градирни относятся к классу неавтономных систем кондиционирования воздуха и обычно предназначены для работы в комбинации с водяными охладителями (например, охладителями конденсаторов с водяным охлаждением). В большинстве случаев чиллер устанавливается внутри здания (в зоне обслуживания), а сухой охладитель - снаружи здания (на крыше или прилегающей территории). Чиллер и сухой охладитель подключаются к общему гидравлическому контуру для охлаждения конденсатора. Основная функция выносного конденсатора заключается в рассеивании тепловой энергии, вырабатываемой объединенным контуром охлаждения чиллера и выносного конденсатора. В системах кондиционирования воздуха без конденсатора чиллер работает в паре с выносным конденсатором. Принцип работы этой системы кондиционирования заключается в передаче тепловой энергии здания наружу, другими словами, в передаче холода снаружи в здание.

Передача тепловой энергии происходит посредством термодинамического процесса, происходящего в объединенном контуре охлаждения чиллера и выносного конденсатора. Этот термодинамический процесс состоит из двух важных этапов. Первый этап — это процесс испарения фреона, который происходит в теплообменнике испарителя чиллера. В этом процессе фреон испаряется (превращается из жидкости в газ). В результате этого процесса теплообменные поверхности испарителя охлаждаются, а вода, вытекающая из змеевика испарителя, охлаждается через гидравлический контур кондиционера. Вторым важным этапом является конденсация фреона, которая происходит в теплообменнике выносного

конденсатора. В ходе этого процесса фреон конденсируется (превращается из газа в жидкость) и нагревает теплообменные поверхности выносного конденсатора. Тепло, выделяемое в процессе конденсации, отводится в окружающее пространство, и хладагент поглощает холодный воздух.

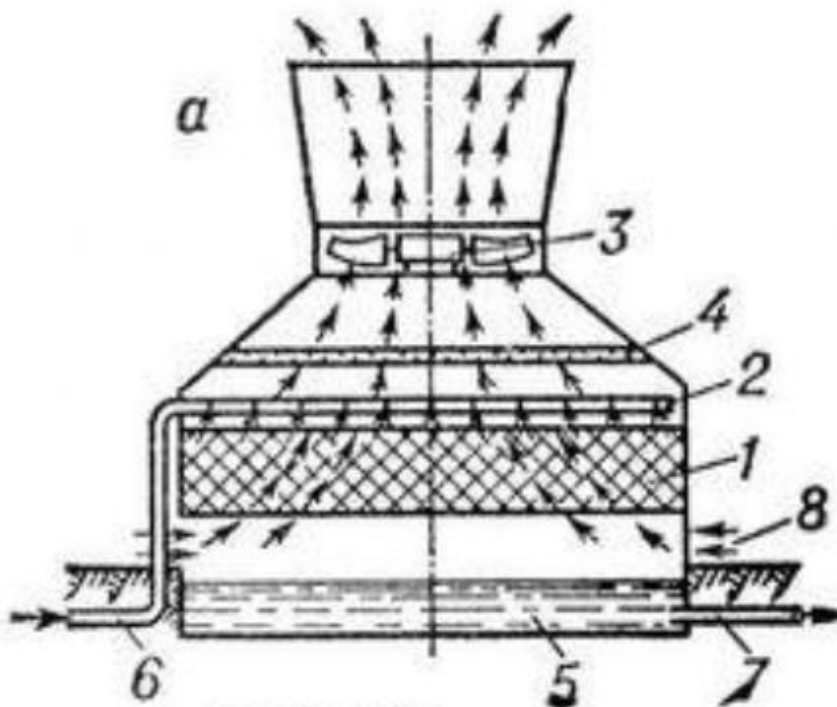


Рисунок 2 – Схема сухой градирни

1 – ороситель; 2 – водораспределитель; 3 – вентилятор; 4 – водоуловитель; 5 – резервуар; 6 – подвод воды; 7 – отвод воды; 8 – вход воздуха.

В испарительных градирнях, поскольку испарение воды не происходит, а теплопроводность атмосферного воздуха низкая, охлаждаемая воздухом поверхность теплоотдачи (поверхность радиатора со стороны воздуха) должна быть больше, чем поверхность прямого контакта воды с воздухом. В больших градирнях поверхность ребер со стороны воздуха может достигать 600 000 или даже 106 м<sup>2</sup>. Длина труб, по которым циркулирует жидкость в градирне, также пропорционально больше.

Помимо площади поперечного сечения и высоты вытяжной башни, размер и мощность вентиляторов также должны быть большими. При "сухом" теплообмене, когда вода охлаждается путем передачи тепла воздуху через трубы и стенки ребер, скорость потока воздуха в три-пять раз выше, чем при испарительном охлаждении воды.

Поскольку температура воды на выходе в сухих градирнях не может быть ниже температуры воздуха в сухих термометрах (без учета сухих градирен с внешним охлаждением дельта-распылением), среднегодовая температура воды на выходе и, следовательно, температура конденсата пара в конденсаторе турбин тепловых электростанций выше.

Эти факторы приводят к более высокому оптимальному остаточному давлению пара в конденсаторе турбины в циркуляционной системе с сухой градирней. Это означает, что эффективность электростанций с сухими

градирнями ниже по сравнению с другими системами водяного охлаждения, как показано в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние температуры воды, охлаждающей конденсаторы турбин, на КПД ТЭЦ

№	Показатели	Брызгательные бассейны	Радиаторные (сухие) градирни
1	Среднегодовая температура окружающей воды, °С	20	31
2	Температура конденсации пара, °С	36	43
3	Давление в конденсаторе турбины, кПа	6,5	8,7
4	КПД ТЭЦ, %	36,1	33,4

Холодопроизводительность систем сухого охлаждения с воздушным охлаждением зависит не только от времени года, но и от времени суток, так как температура окружающей среды "сухой колбы" значительно меняется в дневное и ночное время.

Стабильная работа сухих охладителей зависит от стабильной тепловой нагрузки, особенно в холодное время года. Когда промышленные предприятия получают электроэнергию, например, от тепловых электростанций или ТЭЦ, количество вырабатываемого тепла может значительно колебаться в течение дня. Это не только повышает риск размораживания радиатора или выхода из строя градирни, но и риск остановки всего предприятия.

### **Заключение**

Строительство новых или модернизация существующих градирен позволяет рационально использовать водные ресурсы без ущерба для окружающей среды и значительно снизить расход топлива на производство тепла и электроэнергии. Правильный выбор градирен приводит к эффективному и экономному использованию природных ресурсов и неизбежно снижает вредные выбросы в окружающую среду.

### **Литература**

1. Сухая градирня. Принцип работы сухой градирни Thermokey (Термокей) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://piterholod.ru/suhaya-gradirnia.html>. – Дата доступа: 29.04.2023.

2. Пономаренко, В.С. Градирни промышленных и энергетических предприятий / В.С. Пономаренко, Ю.И. Арефьев. – Москва: Энергоатомиздат, 1998. – 292 с.

3. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения») / ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 – 190 с.

4. Сухая градирна драйкулер, что это? Агростройсервис [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://acs-nnov.ru/suxayu-gradirnyu-draikyller.html>. – Дата доступа: 29.04.2023.

5. Градирни. Типы, схемы градирен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5578154/>. – Дата доступа: 29.04.2023.