Зимняя эксплуатация вентиляторных градирен; способы и методы реализации безаварийной работы.

к.т.н. Цимбалист А.О.
http://www.bem.sp.ru/

Российская Федерация, имея огромную территорию, располагается в 7-ми климатических зонах: от арктической до субтропической. Промышленность нашей страны, в основном, сосредоточена в 5-ти климатических зонах, которые стоит перечислить: умеренно-континентальная, континентальная, резко континентальная, муссонная и субтропическая. Это хорошо видно на прилагаемой карте.

Пояс	°С январь		°С июль	
	Средн.	Мин.	Средн.	Max.
Арктический	-(28 ÷ 36) °С	-50 °С	+(0 ÷8) °С	+12°С
Субарктический	-(16÷36) °С	-70 °С	+(12 ÷16) °С	+20 °С
Умеренно-континентальный	-(8÷16) °С	-28 °С	+(16 ÷20) °С	+35 °С
Континентальный	-(16÷24) °С	-34 °С	+(16 ÷20) °С	+35 °С
Резкоконтинентальный	-(24÷28) °С	-38 °С	+(14 ÷18) °С	+30 °С
Мусонный	-(20÷24) °С	-35 °С	+(12 ÷20) °С	+34 °С
Субтропический	+(0 ÷2) °С	-6 °С	+(20 ÷22) °С	+36 °С

Все климатические зоны России характеризуются отрицательными температурами зимнего периода (даже субтропическая). Для работы градирен это очень важный фактор. Причем продолжительность зимнего периода может составлять от 50 суток в субтропической зоне до 250 суток в резко континентальной. Среднее значение продолжительности зимнего периода в центральной части России (умеренно-континентальной зоне) 160 суток.

Поступление в градирни холодного атмосферного воздуха даже с температурой близкой к 0°С, приводит, как правило, к обледенению их конструктивных элементов, что значительно усложняет эксплуатацию.

Следует отметить, что на промышленных предприятиях в основном применяются две конструктивные схемы вентиляторных градирен: с верхним расположением осевого вентилятора (удаляющим воздух из градирни) и с нижним расположением осевого или радиального вентилятора (нагнетающим воздух в градирню). Характер обмерзания у этих конструкций различен. Редко используются вентиляторные градирни с поперечным ходом воздуха и воды.

Для градирен с верхним расположением вентилятора (секционных):

Особенно интенсивно происходит обмерзание входа окон градирен. Образующиеся в период низких минусовых температур наружного воздуха наледи во входных окна стесняют

их проходное сечение, затрудняют, а иногда и прекращают проникновение воздуха в пределы градирен. В ряде случаев наледи распространяются внутрь градирен, что приводит к поломкам, а иногда и к обрушению оросителя.

При льдообразовании в проточной части градирни сокращается поверхность контакта охлаждаемой воды с воздухом, уменьшается расход воздуха и в результате ухудшается охладительный эффект этих сооружений. В вентиляторных градирнях уменьшение расхода воздуха, прокачиваемого через градирню, приводит к сдвигу «рабочей точки» на характеристике вентилятора влево, а следовательно, к использованию этого оборудования при низких значениях КПД. *(Более правильно сказать, что аэродинамическое сопротивление градирни увеличивается и расход воздуха, обеспечиваемый вентилятором, резко снижается.)* Кроме того, наледи в оросителе, а также во входных окнах, могла быть причиной крайне неравномерной эпюры скоростей движения воздуха перед вентилятором, что может повлечь за собой повышенный износ и даже поломки ступицы и лопастей вентилятора. Нередко к этому нежелательному явлению приводит и образование наледей внутри градирни в конфузоре и диффузоре при эксплуатации градирни в зимнее время с неисправным водоуловителем. *(Обмерзание вентилятора при неисправном (разрушенном) каплеуловителе более интенсивное, т. к. в вентилятор попадает не только водяной пар с потоком воздуха, но и что еще опаснее капли воды от форсунок -сопел).*

Проблема предотвращения льдообразования является общей для градирен разных конструкций и средства борьбы с этим нежелательным явлением мог быть в некоторой мере похожими. В вентиляторных градирнях льдообразование может происходить интенсивнее так как температура охлажденной воды у этого типа устройств ниже, а скорость движения воздуха выше (относительный расход воздуха к больше), чем у прочих. Обобщение методов предотвращения льдообразования в градирнях по опыту эксплуатации и литературным данным показывает, что эти методы сводятся в основном к следующему (а так же приведем оценки этих методов):

1. Перераспределение воды по площади градирни — повышение плотности орошения в центральной части оросителя за счет полного прекращения подачи воды на его периферийную часть.
2. Создание повышенной плотности орошения — «водяной завесы» на периферии оросителя с уменьшением или полным прекращением подачи воды на его центральную часть.
   Отметим, что первые два пункта несут кардинально противоречивые рекомендации и рекомендациями в сущности не являются.
3. Установка против входных окон на 0,5–0,7 м над уровнем земли на расстоянии 1,5–2 м от градирни разбрызгивающих устройств, через которые подается часть (25-30%) поступающей на градирню нагретой воды.
4. Установка разбрызгивающих устройств над верхней кромкой входных окон внутри градирни.
5. Прокладка трубопровода с разбрызгивающими устройствами на уровне верхней кромки входных окон снаружи градирни при подаче в него части (25-30%) нагретой воды.
6. Установка защитного экрана входных окон на расстоянии примерно 2 м от градирни при размещении верхней кромки экрана на уровне или несколько ниже (на 0,5–1 м)

верхней кромки входных окон и при установке разбрызгивающих устройств по п. 5.
Следующие четыре рекомендации скорее всего приведут к существенному увеличению обледенения входных окон, а снижение гидравлической нагрузки внутри градирни на 25-30% к более вероятному обмерзанию оросителя.

7. Устройство обогревающего трубопровода по периметру входных окон и по стойкам несущего каркаса при подаче в него части нагретой воды, поступающей на градирню.
Это может дать определенный эффект, но при условии, что подаваемая на градирню вода имеет высокую температуру выше +20С. Эта рекомендация может быть дополнена еще и электрическим обогревом окон и жалюзийных решеток.
8. Расположение крайних стоек опорной конструкции оросительного устройства внутри градирни на расстоянии 1,5–2 м от вертикальной плоскости входных окон.
Это несколько непонятная рекомендация, т. к. изменить конструкцию градирни в большинстве случаев не представляется возможным.
9. Устройство над входными окнами плотного козырька (навеса) для улавливания воды, стекающей по внутренней поверхности обшивки, и для отвода этой воды во внутрь градирни.
Стекающая по внутренней поверхности обшивки вода имеет, как правило, температуру близкую к температуре подаваемой на градирню воды, т. к. площадь контакта воды и воздуха у плоской поверхности меньше, чем у оросителя, а скорость воздуха в пристенном пространстве не велика, поэтому такие «конструктивные дополнения» могут привести только к экранированию части оросителя находящегося над этим козырьками — воздух в эту часть градирни не будет проходить, что отрицательно скажется на процессе охлаждения, а обдуваемый холодным воздухом козырек будет дополнительным центром обледенения.
10. Устройство наружных тамбуров перед входными окнами градирен, навесных щитов, перекрывающих часть входных окон, поворотных щитов во входных окнах и внутреннего экрана вытяжной башни.
Скорее всего это будет нарушать равномерность распределения воздуха по оростелю, что отрицательно скажется на процессе охлаждения и «положительно» на процессе льдообразования на оросителе.
11. Подача всей охлаждаемой воды на часть секций градирен с полным отключением остальных, т. е. работа части секций с повышенными удельными гидравлическими нагрузками.
Очень логичная рекомендация - при условии, что температура воздуха от летнего режима к зимнему меняется минимум на 50 градусов (+25С - -25С). охлаждающая способность градирни зимой возрастает в 2,5-3 раза.
12. Подача всей охлаждаемой воды на все секции, но с выключенными вентиляторами.
Эта рекомендация не выдерживает критики, т. к. ороситель вентиляторных градирен имеет достаточно высокое аэродинамическое сопротивление (для секционных градирен -140-160Па; для градирен с нагнетающими вентиляторами 180-250 Па) воздух через него при неработающих вентиляторах в необходимых для охлаждения количествах не пойдет, а водяной пар будет выходить как из впускных окон, так и через обечайку вентилятора — конденсируясь и замерзая там и там.
13. Изменение режима работы вентиляторов — снижение их производительности посредством уменьшения частоты вращения электродвигателя, с помощью гидромуфт скольжения или изменения угла атаки лопастей вентилятора.
Логичная рекомендация, наверное обеспечивающая самое радикальное решение, но в купе с предложенным в п.11.
14. Реверс вентилятора — прокачка воздуха через ороситель в обратном направлении.
Эта рекомендация имеет место при попытках разморозить входные окна

секционной градирни — работа в таком режиме кратковременна и скорее вызвана аварийной ситуацией.

15. При остановке градирни — подача воды по байпасу в резервуар градирни. *Отключить градирню — не решение задачи охлаждения воды. Если такой вариант обеспечивает охлаждение это означает, что градирня подобрана с огромным запасом.*

16. Дополнительно к основной водораспределительной системе, располагаемой выше оросителя, устройство нижней вспомогательной водораспределительной системы в воздух распределительном пространстве под оросителем с размещением сопел равномерно по площади живого сечения градирни для работы факелами разбрызгивания, направленными вертикально вверх. Для этого целесообразно применять центробежные или струйно-винтовые сопла. При холодном атмосферном воздухе в нижнюю вспомогательную систему подается не менее 50% нагретой воды от расчетного расхода на градирню. При подаче в эту систему всей воды верхняя система выключается из работы. *Переделка конструкции градирни с установкой второй системы водораспределения не самый хороший вариант решения задачи, а скорее всего и очень дорогой, но он всего лишь видоизмененный вариант отключения части градирен. Изменение объема оросителя только не уменьшая горизонтальный размер, а изменения эффективную высоту оросителя, т. е. вертикальный размер.*

Эффективным методом ликвидации наледей во входных окнах градирен является работа вентилятора в режиме реверса при полной или половинной скорости вращения лопастей. В этом случае воздух всасывается через верх градирни и выбрасывается через входные окна. При низкой температуре атмосферного воздуха каждый вентилятор должен работать в режиме реверса в течение 15–20 мин в каждые 2–3 ч. Если вентиляторы работают в реверсивном режиме более 30 мин, льдообразование может начаться на лопастях вентилятора, ступице и водоуловителе. При реверсе необходимо учитывать, что выбрасываемый из входных окон теплый воздух может образовывать туман в районе расположения градирен и при прекращении реверса возможно образование инея и наледей на расположенных вблизи градирни сооружениях. *(Т. е. пользоваться этим методом следует аккуратно и постоянно контролируя ситуацию).*

Следующий метод особенно рекомендуется для тех случаев, когда градирня работает периодически или при малых нагрузках в холодное время года. Он предусматривает при плотно закрытых входных окнах рециркуляцию воды в системе через водосборный бассейн, не прокачивая ее через ороситель градирни при пуске до тех пор, пока температура воды не достигнет примерно 27°С. Затем байпас закрывается полностью или частично и поток воды прокачивается через градирню, как это делается при нормальной эксплуатации.

Для градирен с нижним расположением вентилятора (моноблочных):

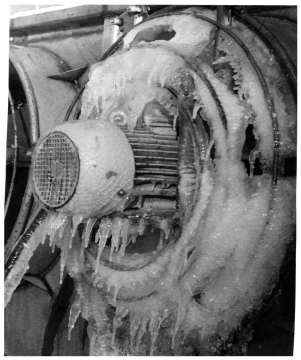
Нагнетательные вентиляторы подвержены обмерзанию. Это может вызываться двумя причинами: попаданием на вентилятор водяных капель изнутри градирни, если он не отнесен на достаточное расстояние от оросителя, и рециркуляцией уходящего из градирни воздуха, содержащего мелкие капли воды (унос) и пар, который конденсируется при смешении с холодным наружным воздухом.

Хочется отметить, что рециркуляция влажного воздуха, как правило, вызывается не конструктивными особенностями градирен этого типа, а неправильным размещением градирен. При ее правильной установке согласно «розе ветров» и отсутствии препятствий паровой шлейф от градирен уходит вверх и быстро рассеивается ветром.

В случае попадания водяных капель можно избежать обледенения лопастей вентилятора, выключив на зиму ближайшие к входным окнам сливные трубки или сопла водораспределительного устройства; в случае попадания пара (рециркуляции) может быть применена смазка лопастей каким-либо составом, предохраняющим от обледенения. Следует указать, что неравномерное образование льда на лопастях может приводить к дисбалансу, вибрации и в конечном счете разрушению вентилятора.

Для нагнетательных осевых вентиляторов необходимо использовать два основных способа предотвращения замерзания — обогрев обечайки, который можно осуществить гибкими электронагревателями, намотав такой нагреватель на обечайку вентилятора или подавая часть теплой воды поступающей на охлаждение в трубку, которой обернут вентилятор. Обмазывание лопастей пригодно, но любая смазка постепенно «уходит» и ее приходится наносить снова. Отключать форсунки (сопла) мало перспективно, т. к. это нарушает равномерность прохода воздуха и следовательно в областях с малым количеством воды приводит к большему обледнению (мало воды, много холодного воздуха).

В малогабаритных градирнях «Росинка» нагнетательный осевой вентилятор расположен в специальной трубе — воздуховоде, являющейся одновременно его обечайкой, что исключает обледенение лопастей.



При наличии у градирен нескольких нагнетающих вентиляторов работающих на одну установку (градирни ГРД — Тепломаш, МГ- Этерна, ВМГ- Метера, Ветерок- Тула и др.) основной сложностью будет согласование рабочих характеристик двух, а то и трех вентиляторов подающих воздух в один объем. Зимняя эксплуатация еще более усложняется. т. к. при выходе из стоя одного из вентиляторов через его окно вся вода, находящаяся в градирне, выплескивается и замерзает.

Для градирен с нижним расположением осевого вентилятора однозначно существует возможность обеспечить нормальную безаварийную работу в зимний период. Эти градирни могут быть использованы даже для получения «ледяной воды», что позволяет в зимний период исключить из процесса охлаждения дорогостоющую и энергозатратную холодильную технику. Безаварийная работа достигается комплексным применением следующих технических решений:

1. *увеличение гидравлической нагрузки градирни за счет отключения части градирен из процесса, для чего при подборе (выборе) градирен тепловую и гидравлическую нагрузки делят на 2-3 установки;*
2. *электрический обогрев обечайки осевого вентилятора в области вращения лопастей рабочего колеса;*
3. *применение системы регулирования подачи воздуха в градирню с помощью*

частотного регулятора с обратной связью по температуре охлажденной воды;

4. *смазка лопастей рабочего колеса вентилятора консистентной силиконовой или силиконовой спрей-смазкой.*

Поперечно-точные градирни в большей мере подвержены обледенению, чем градирни с противоточным движением воды и воздуха. Для предупреждения обмерзания жалюзи входных окон поперечно-точных вентиляторных градирен может быть целесообразным выключение на зимний период крайних рядов насадков или сопел водораспределительного устройства и закрытие верхней части жалюзи. *Градирни этой конструкции, по всей видимости, мало приспособлены для работы в условиях отрицательных температур, т. к. имеют большую продолжительность стекания воды по оросителю и большую неравномерность прохода через ороситель воздуха, это все может вызывать локальное образование льда.*

192019, г. Санкт-Петербург, ул. Фаянсовая, 20.
ООО «Балтэнергомаш»; Email: 3093613@mail.ru