

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАШЕННЫХ ГРАДИРЕН АЭС И ТЭЦ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Опыт эксплуатации железобетонных башенных градирен показал, что эти конструкции крайне недолговечны и требуют частых и дорогостоящих ремонтов. Одним из решающих факторов, приводящих к преждевременному разрушению бетона оболочки, является конденсация парообразной влаги на внутренней стороне оболочки и ее миграция изнутри наружу с последующим замерзанием в поверхностном слое. Этот процесс сопровождается выщелачивающей коррозией, а в случае морской воды серьезную опасность представляют также сульфаты и хлориды.

Для защиты бетона от разрушения обычно на поверхность оболочки наносят гидроизолирующее покрытие. Однако опыт эксплуатации градирен показал, что эта мера недостаточно эффективна. В условиях воздействия горячей паровоздушной смеси из-за различия в термических коэффициентах расширения и влажностных деформациях бетона и гидроизоляционного покрытия, последнее растрескивается и отслаивается от бетона. Нарушение сплошности гидроизоляции ведет к ее прогрессирующему разрушению, обусловленному проникновением в бетон влаги в виде пара.

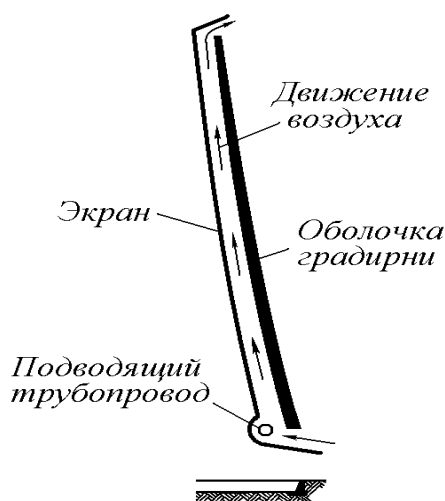


Рис. 1. Защитный экран

По нашему мнению надежным способом защиты бетона от разрушающего воздействия среды, позволяющим существенно повысить срок межремонтной службы железобетонной оболочки является устройство защитного паронепроницаемого экрана, с вентилируемым воздушным зазором. Такое решение предлагается рядом авторов.

Практически все исследователи считают главным фактором разрушения железобетонной оболочки градирен циклическое замораживание и оттаивание наружного слоя бетона, насыщенного водой в результате ее перемещения изнутри наружу.

Известно, что перемещение влаги в капиллярно-пористых телах происходит под действием термодинамических сил, представляющих собой градиенты потенциалов: капиллярного, гравитационного, электростатического, температурного, осмотического и др. В термодинамике необратимых процессов перенос теплоты, массы, заряда определяется одновременным действием всех термодинамических сил:

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_k \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (1)$$

где J_i – поток тепла, воды, пара и т. д.; L_{ik} – кинетические коэффициенты; X_k – термодинамические силы. Соотношение (1) известно как система линейных уравнений Онзагера, и оно является основным при решении вопроса о миграции влаги. Для скорости перемещения воды в бетоне в направлении оси x , направленной наружу, нормально поверхности оболочки, можно записать:

$$v_x = - \sum_{k=1}^n L_k \frac{\partial \varphi_k}{\partial x}. \quad (2)$$

Здесь φ_k – представляют следующие величины: температуру, капиллярный потенциал, концентрацию растворенных веществ, потенциал электрического поля, потенциал поля тяготения. Аналогичным образом выглядит уравнение для потока пара. Однако, поскольку в этом случае главной движущей силой является градиент парциального давления пара в воздухе, второстепенные члены уравнения можно отбросить и записать:

$$J_x^{\text{пар}} = -\mu \frac{\partial e}{\partial x}, \quad (3)$$

где $J_x^{\text{пар}}$ – есть количество пара, проходящего через площадь поверхности в 1 м^2 за 1 секунду; μ – коэффициент паропроницаемости; e – парциальное давление (упругость) пара.

Защита бетона оболочки предполагает прекращение транспорта влаги и пара, т.е. создание условий, при которых $v_x = 0$ и $J_x^{\text{пар}} = 0$ (влага не проникает в бетон). Из уравнений (2) и (3) следует, что для этого есть два пути: либо сделать $L_k = 0$ и $\mu = 0$; либо $-\partial\varphi_k/\partial x = 0$ и $\partial e/\partial x = 0$.

Первый путь традиционный – это уменьшение проницаемости бетона и устройство гидроизоляции. Вторым путем состоит в снижении до нуля (в реальности до минимума) градиентов температуры и влажности, т.е. исключении движущих сил, приводящих к разрушению. Такое решение может быть реализовано путем устройства внутри оболочки паронепроницаемого экрана, отстоящего от поверхности бетона на 15-30 см (рис. 1). Зазор между экраном и оболочкой должен вентилироваться наружным воздухом за счет естественной тяги, которую нужно усилить подогревом воздуха в нижней части зазора с помощью подводящего трубопровода оборотной воды. В качестве материала для экрана целесообразно использование стеклопластиков, не уступающих, как известно, по прочности стали и позволяющих сделать конструкцию наиболее легкой.

Проведенные нами расчеты показали: 1) точка росы перемещается за пределы бетонной оболочки и предотвращается конденсация пара как на внутренней поверхности, так и внутри бетона, тем самым, исключается основной источник поступления влаги в бетон; 2) сводится практически к нулю градиент упругости пара по толщине стенки, и, тем самым, исключаются миграционные потоки в поперечном направлении, осуществляющие транспорт и накопление льда и солей на внешней стороне оболочки; 3) создаются условия для просыхания бетона с внутренней (обращенной в зазор) поверхности. Понятно, что внутренняя поверхность бетона оболочки должна оставаться проницаемой для пара, а наружная поверхность должна быть изолирована от атмосферной влаги.

Рассчитана толщина вентилируемого зазора, обеспечивающая необходимую тягу и расход воздуха. При этом обеспечивается способность воздуха ассимилировать влагу на всем протяжении прослойки и удалять ее из зазора.

Разработаны два варианта конструкции защитного экрана из стеклопластика с подконструкциями для крепления к оболочке градирни:

1. Конструкция, собираемая из стеклотекстолитовых панелей пазо-гребневого типа, усиленных продольными ребрами жесткости. Установка экрана производится по мере возведения оболочки градирни.

2. Конструкция, выполняемая путем натяжения полотен стеклоткани на подконструкцию с последующим омоноличиванием экрана полиэфирной смолой напыляемой механизированным способом. Закрепление полотен стеклоткани выполняется только на самой верхней и самой нижней направляющей. На промежуточных направляющих крепления не требуется, так как благодаря изгибу натяжение полотна вызывает прижим его к опорам по всей высоте градирни.

Разработана технология производства работ по монтажу экрана. Указана последовательность операций и способы их выполнения для обоих вариантов конструкции.