



Н.В. Михалевич, Е.Н. Шахова
Вологодский государственный университет

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ РАДИОМАЧТ

В статье рассмотрены причины повреждений железобетонных радиомачт при длительной эксплуатации, произведена оценка технического состояния наземной и заглубленной частей радиомачт.

Железобетонные мачты, причины повреждений.

В XX веке радиовещание составляло одну из важных жизненных отраслей, особенно в малых населенных пунктах. В качестве несущей конструкцией радиомачт для обеспечения радиосигнала на небольшой территории обычно использовались железобетонные опоры. Аналогичные несущие конструкции используются для опор ВАС (высоковольтные сети) и ПВ (проводное вещание), а эксплуатация возведенных опор продолжается и в настоящее время.

Основные причины повреждения несущих конструкций можно разделить на 4 группы:

- воздействие внешних факторов (природных или искусственных);
- воздействие технологических факторов;
- проявление дефектов проектирования и строительства;
- нарушение режима эксплуатации.

Строительные конструкции обследуемого сооружения в общем случае могут быть подвержены физическим, химическим, биологическим и специальным воздействиям. Очень часто причиной повреждений и аварийных ситуаций является отсутствие учета некоторых реальных воздействий на стадии проектирования конструкций или отступление от нормальных условий эксплуатации сооружения. В связи с этим при обследовании обязательным является определение параметров реальных нагрузок и воздействий и сопоставление полученных результатов с данными, указанными в документации.

Основанием для инженерно-конструкторского обследования инженерного сооружения из трех железобетонных радиомачт (Вологодский р-н, с. Молочное, ул. Советская, д. 13) являлся заказ Федерального государственного унитарного предприятия «Российская телевизионная и радиовещательная сеть (РТРС)», филиал РТРС «Вологодский ОРТПЦ». Основной причиной обследования являлось наличие значительного крена.

Целью обследования инженерного сооружения из трех железобетонных радиомачт являлась оценка тех-

нического состояния, степени износа и надежности конструкций объекта, возведенных в 1981 году со сроком эксплуатации 40 лет. Основные характеристики несущих конструкции сооружения представляют три железобетонных столба высотой по 26 метров с диаметром у основания 0,6 м. Расположение сооружения представлено на рисунке 1.

Объект обследования представляет собой надземное инженерное сооружение из трех высоких отдельно стоящих железобетонных радиомачт. Оно относится к классу КС-2, имеет срок службы не менее 50 лет [1] и первую степень огнестойкости (табл. 21 [2]).

Мачты исполнены по чертежам типовых серий 3.407.1-152 вып. 3 и 3.407.1-175 вып. 3 в соответствии с ГОСТ 22687.0 и ГОСТ 22687.1.

Радиоантенны объекта в настоящее время разобраны.

Климатические условия территории определялись для строительно-климатического района II В и в целом оценены как слабоагрессивные, поэтому причины первой группы можно исключить.

Воздействия технологических факторов на несущие конструкции в виде механических воздействий, ударов, вибрации отсутствовали, таким образом, вторая группа причин не влияет на повреждения радиомачт.

Проявление дефектов третьей группы проявилось на стадии проектирования при выборе фундамента. Для того чтобы эксплуатация опор была максимально длительной, бесперебойной, важна правильная установка фундаментов, которые будут устойчивы к нагрузке. Если фундамент будет выбран некорректно, сократится эксплуатационный ресурс опор, повысится вероятность их падения при сильных порывах ветра и появление ненормативных кренов.

Фундаменты мачт столбчатые железобетонные на естественном основании. В качестве фундамента была использована прямостоячая опора: для ее устройства бурили в грунте отверстия, а фиксация опоры осуществлялась с помощью бетонного раствора (рис. 2).

При проектировании отсутствовала фундаментная плита, которая повысила бы надежность несущей

конструкции, но в тоже время привела к удорожанию работ.

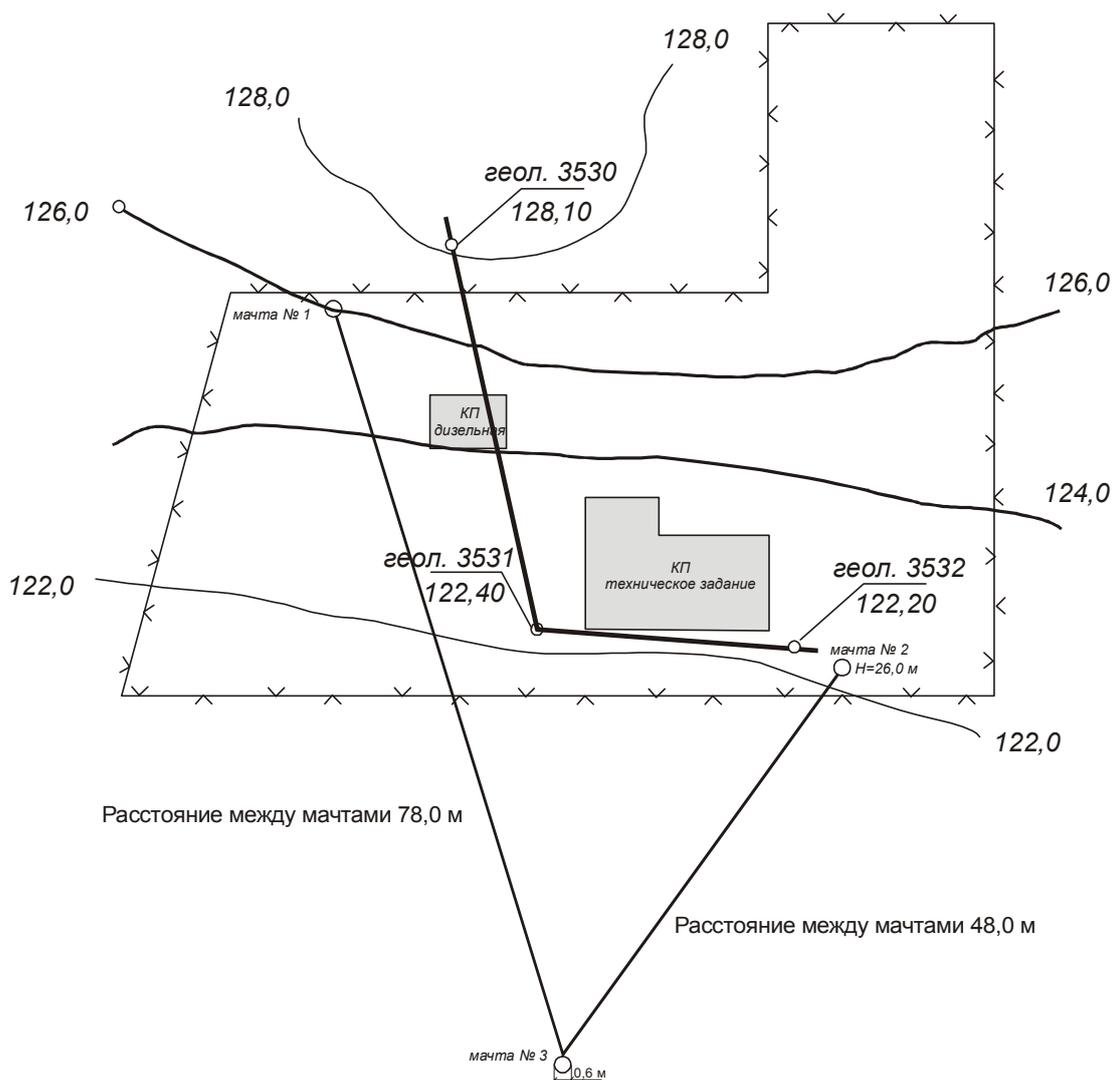


Рис. 1. Расположение инженерного оборудования

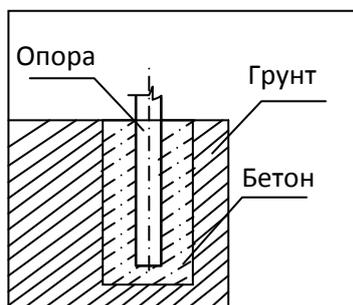


Рис. 2. Фундамент для прямоугольной опоры

Рельеф местности пересеченный, искусственно спланированный. Основание в целом характеризуем как относительно благоприятное для рассматриваемого инженерного сооружения.

В геологическом строении территории принимают участие:

- ИГЭ-1 – техногенные насыпные суглинистые грунты с включениями строительного мусора; толщина слоя от 0 до 2,5 м; эти грунты непригодны в качестве естественного основания фундаментов;

- ИГЭ-2 – озерно-аллювиальные пластичные бурые супеси с модулем деформации 24 МПа; относятся

к среднепучинистым; толщина слоя переменна: от 0 до 1,1 м.

- ИГЭ-3 – плотные бурые полутвердые моренные суглинки с модулем деформации 34 МПа; залегают с глубин 1,7...2,5 м.

Характеристики грунтов приняты по скважинам 3530, 3531 и 3532, показанным на рисунке 1.

Грунты деятельного слоя относятся к среднепучинистым. Нормативная глубина промерзания суглинков в Вологде на открытой территории равна 150 см. По таблице Б.27 [3] степень пучинистости таких грунтов составляет от 7 до 10 %. Это значит, что при промерзании грунта на 100 см его поверхность поднимается на 7...10 см.

Подземные воды приурочены к супесям и кровле морены. Установившиеся уровни зафиксированы на глубинах 1,6...2,4 м. Воды слабоагрессивны по отношению к бетону нормальной плотности. Движение вод происходит по склону в сторону р. Вологды. Наиболее неблагоприятны периоды паводков (апрель – май), когда уровень вод может быть на глубине 0,5 м. Минимальные уровни фиксируются в феврале – марте и июле – августе рассматриваемого инженерного сооружения. При анализе расположения слоев грунта прослеживается наклонное их положение, что создает дополнительное давление на заглубленную часть радиомачт. Глубина заложения столбчатых фундаментов мачт на надежные полутвердые моренные суглинки с модулем деформации 34 МПа должна превышать 1,7...2,5 м.

Каждый из фундаментов рассматриваемого объекта испытывает следующие воздействия:

- постоянные вертикальные нагрузки от собственного веса, веса мачт и радиоантенн;
- временные горизонтальные разнонаправленные нагрузки от ветра;
- постоянные горизонтальные нагрузки от натяжения радиоантенн;
- длительное оседание грунтов основания;
- сезонные процессы морозного пучения при промерзании грунтов основания осенью – зимой и их просадок при оттаивании весной – летом. Промораживание грунтов происходит в течение всех 40 лет существования мачт.

Особенности деформаций пучения:

- а) все они неравномерны;
- б) они накапливаются с годами;
- в) фундаменты мачт испытывают еще и повороты;
- г) в Вологде полное оттаивание грунтов происходит летом около 1 июля. Вследствие действия перечисленных факторов деформации оснований мачт крайне неравномерны.

Отмостка отсутствует.

При проектировании каждой из мачт учитывались следующие воздействия:

- постоянные вертикальные нагрузки от собственного веса и веса радиоантенн;
- временные горизонтальные разнонаправленные нагрузки от ветра;
- постоянные горизонтальные нагрузки от натяжения радиоантенн.

При расчете не были учтены горизонтальные усилия давления грунта вследствие перепада высотных отметок и наклонного расположения слоев грунта.

При обследовании наземной части мачт проводились испытания бетона мачт электронным измерителем прочности ИПС-МГ4.01 по [4]. Прочность R_m и класс бетона В определялись на всех 3 мачтах. Испытания показали следующее:

- на мачте № 1 $R_m = 55,5$ МПа, что соответствует классу В40;

- на мачте № 2 $R_m = 57,3$ МПа, что соответствует классу В40;

- на мачте № 3 $R_m = 54,1$ МПа, что соответствует классу В40.

Класс бетона всех мачт превышает проектный класс В40.

При обследовании наземной части радиомачт были выявлены:

- ствол мачты № 1 не имеет видимых повреждений;
- большая продольная температурная трещина в стволе мачты № 2;
- крупный выкол бетона в стволе мачты № 3, данные повреждения не оказывают влияние на несущую способность.

В целом техническое состояние наземной части радиомачт оценивается как ограниченно-работоспособное по [5], т.е. прочность материала радиомачт по первой группе предельных состояний обеспечивается.

Проведено инструментальное измерение кренов всех трех мачт.

Установлены следующие значения кренов:

- у мачты № 1 $i = 0,064$;

- у мачты № 2 $i = 0,025$;

- у мачты № 3 $i = 0,044$.

Предельное значение кренов основания фундаментов мачт нормировано в Приложении Д [6] – оно составляет 0,002. Таким образом, крены всех трех мачт во много раз превышают нормативную величину и по второй группе предельных состояний дальнейшая эксплуатация не допустима.

В итоге главным следствием ошибок при проектировании фундаментов являются большие крены мачт. При столь крупных кренах возможно их дальнейшее самостоятельное развитие с непредсказуемым результатом.

В соответствии с п. 5.6.28 [6] эксцентриситет нагрузки по подошве фундамента каждой отдельно стоящей мачты не должен был превышать величину

$$e = l / 6, \quad (1)$$

где l – размер подошвы фундамента в плоскости действия момента; иначе начался бы отрыв подошвы фундамента от грунта. Фактически такое событие и произошло, о чем свидетельствуют запредельные величины кренов.

В соответствии с условием длины подошв фундаментов по направлению кренов должны были быть не менее

$$l \geq 30 e, \quad (2)$$

т.е. при эксцентриситете 10 см длина фундамента должна быть не менее 300 см. Фактически это условие не было выполнено.

Деформированное состояние основания фундаментов всех трех радиомачт объекта обследования оцениваем по п. 5.1.5 [5] как аварийное.

Исходя из вышеизложенного следует, что дальнейшая эксплуатация радиомачт невозможна, поэтому целесообразнее произвести их демонтаж.

Нормативный срок службы монолитных фундаментов мачт до капитального ремонта по Приложению 3 [7] составляет 60 лет, минимальный нормативный срок службы радиомачт 50 лет, когда фактический срок службы составил 40 лет, что меньше минимального нормативного.

Таким образом, можно сделать вывод, что причины третьей группы на стадии проектирования значительно влияют на сокращение срока службы, что требует более качественного выбора конструктивного решения.

Литература

1. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований Основные положения. Reliability for constructions and foundations. General principles : дата введения 2015-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2019. – 19 с.

2. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Феде-

ральный закон № 123-ФЗ от 4 июля 2008 года // КонсультантПлюс : справочно-правовая система / Компания «КонсультантПлюс» (дата обращения: 02.12.2021).

3. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. Soils. Classification. 01.01.2021 : дата введения 2021-01.01. – Москва : Стандартиформ, 2020. – 41 с.

4. ГОСТ 22690-2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля : дата введения 2016-04-01. – Москва : Стандартиформ, 2016. – 23 с.

5. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния : дата введения 2014-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 59 с.

6. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений : дата введения 2011-05-20. – Москва : Стандартиформ, 2011. – 166 с.

7. ВСН 58-88(р) Ведомственные строительные нормы. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения. – Москва : Госстрой России, 2004. – 48 с.

N.V. Mikhalevich, E.N. Shakhova
Vologda State University

ON THE ISSUE OF REINFORCED CONCRETE RADIO MASTS DAMAGE CAUSES

The article considers the causes of damage to reinforced concrete radio masts during long-term operation, the technical condition of the ground and buried parts of radio masts was assessed.

Reinforced concrete masts, causes of damage.