

УДК 624.019; 624.072

Хусаинов Д.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: xdmt@mail.ru

Козлов М.В. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: maxim-kozlov@mail.ru

Шагиева Г.Р. – магистр

E-mail: shagieva.gu@gmail.com

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Определение оптимальных размеров фундаментов рекламных конструкций балластного типа

Аннотация

Предлагается методика определения параметров фундаментов рекламных конструкций балластного типа из условия минимума экономических потерь из-за опрокидывания рекламной конструкции. Приведено значение целевой функции возможных потерь из-за отказа рекламной конструкции с учетом планируемого времени его эксплуатации, полученное с использованием методов теории надежности и с представлением ветровой нагрузки в виде случайной величины с законом распределения, параметры которого определяются по результатам многолетних метеорологических наблюдений. Рассмотрен пример определения параметров балласта типовой рекламной конструкции с учетом планируемого времени ее эксплуатации.

Ключевые слова: ветровая нагрузка, вероятность отказа рекламной конструкции в виде ее опрокидывания, закон распределения ветровой нагрузки.

Рекламные конструкции (сокращенно далее в статье РК) балластного типа представляют из себя класс рекламных конструкций, проектное положение которых обеспечивается параметрами их фундамента – балласта, укладываемого на место установки рекламной конструкции, без каких-либо дополнительных технологических операций: дополнительной анкеровки, отрывки котлована под фундамент и т. д.

Основными параметрами балласта РК является его вес G и расстояние до точки опрокидывания или отрыва от поверхности.

Предельным состоянием РК балластного типа их опрокидывание от действия ветровой нагрузки.

Преимуществом РК балластного типа является возможность ее быстрого монтажа и демонтажа.

На рис. показана типовая РК балластного типа.

Для определения оптимальных параметров балласта РК используем методы теории надежности.

Введём функцию неразрушимости РК балластного типа и запишем для нее условие неразрушимости (1):

$$Y = M_{удер} - M_{опр} \geq 0, \quad (1)$$

где $M_{опр} = k_1 W$ – опрокидывающий момент для рекламной конструкции;

W – ветровое давление, рассматриваемое как случайная величина с законом распределения Вейбула.

$$k_1 = k(z) \cdot k_0 \cdot c \cdot b \cdot h \cdot \left(H + \frac{h}{2}\right),$$

где k_0 – коэффициент динамичности, учитывающий пульсационную составляющую ветровой нагрузки;

c – аэродинамический коэффициент;

b, h – геометрические параметры рекламной конструкции (рис.);

$k(z)$ – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

$M_{удер} = G \cdot b_1 = k_2$ – удерживающий момент для рекламной конструкции,
 где G – вес балласта,
 b_1 – расстояние от центра тяжести балласта до точки опрокидывания РК.

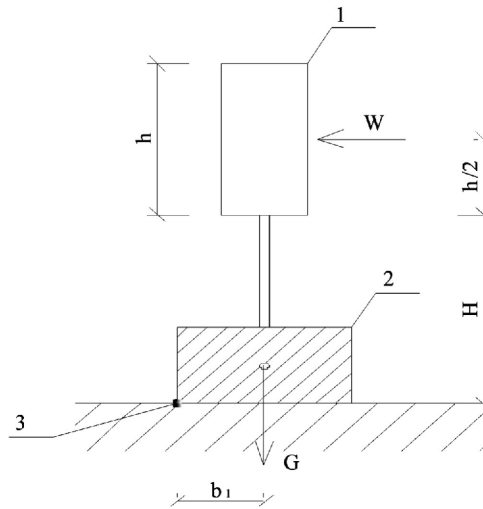


Рис.

1 – Рекламный щит размерами $h \times b$; 2 – балласт весом G ; 3 – точка опрокидывания;
 H – высота от низа щита до поверхности земли; b_1 – расстояние от центра тяжести балласта до точки отрыва (опрокидывания); W – ветровое давление на РК (рекламный щит)

Плотность распределения ветрового давления по закону Вейбула можно записать в виде формулы (2):

$$f(W) = c \cdot \beta \cdot W^{(\beta-1)} \cdot e^{(-c \cdot W \cdot \beta)}, \quad (2)$$

где c, β – параметры закона распределения, для г. Казани $c=1,0611, \beta=0,611$ по [1], определенные по результатам многолетних годовых измерений.

Используя формулу (1) для функции неразрушимости, можно записать значение плотности ее распределения (3):

$$f(Y) = -\frac{1}{k_1} \cdot f\left(\frac{k_2 - W}{k_1}\right), \quad (3)$$

Вероятность опрокидывания (разрушения) РК можно записать как (4):

$$q = F(Y = 0) = \int_{-\infty}^0 f(Y) dY = e^{-c \left(\frac{k_2}{k_1}\right) \beta}, \quad (4)$$

В (4) q можно рассматривать как вероятность отказа (опрокидывания) рекламной конструкции в течение года, так как параметры закона распределения ветрового давления определялись по результатам метеонаблюдений в течение года.

Вероятность отказа щита в течение времени t лет может быть записана как (5):

$$q_t = 1 - (1 - q)^t. \quad (5)$$

Запишем целевую функцию стоимости суммарных ожидаемых расходов от РК или возможных экономических потерь в виде формулы (6):

$$C = C_n + q_t \cdot y, \quad (6)$$

где C_n – стоимость возведения РК.

$$C_n = A + B \cdot G, \quad (7)$$

где y – ущерб от опрокидывания щита.

$$y = \Pi \cdot t, \quad (8)$$

Π – ежегодная планируемая прибыль от эксплуатации РК;

t – планируемое время эксплуатации РК;

q_t – вероятность отказа РК за время t .

Оптимальные параметры балласта РК определяем из минимума целевой функции:

$$\frac{dC}{dq} = 0, \quad (9)$$

$$C = A + B \cdot G + \Pi \cdot t + \Pi \cdot t(1 - q)^t - \min.$$

Из формулы (3) вес фундамента (балласта) РК записать в виде формулы (10):

$$G = \frac{k_1}{b_1 \cdot c^{\left(\frac{1}{\beta}\right)}} \cdot \left(\ln\left(\frac{1}{q}\right)\right)^{\frac{1}{\beta}}, \quad (10)$$

Подставляя (10) в (9), можно получить выражение минимума целевой функции экономических потерь от опрокидывания РК в виде функции (11):

$$\frac{B \cdot k_1}{b_1 \cdot c^{\frac{1}{\beta}}} \left(\ln\left(\frac{1}{q}\right)\right)^{\frac{1-\beta}{\beta}} \cdot \frac{1}{q} - \Pi t^2 = 0. \quad (11)$$

Возможно также введение ограничений к условию (11) по величине напряжений, возникающих под действием веса балласта на опорную поверхность места установки РК.

Рассмотрим пример использования целевой функции (11) на типовых рекламных щитах г. Казани.

При оценке ущерба используем фактические значения цен 2012 года.

Исходные данные:

Размеры типового рекламного щита $b=6$ м, $h=3$ м, высота щита $H=5$ м;

коэффициент динамичности $k_d=1,6$;

$k(z)=1$;

аэродинамический коэффициент $c=1,3$ по СП 20.13330.2011

$$k_1 = k(z) \cdot k_d \cdot c \cdot b \cdot h \cdot \left(H + \frac{h}{2}\right) = 1 \cdot 1,6 \cdot 1,3 \cdot 3 \cdot 6 \cdot (5 + 1,5) = 243,36.$$

Зададимся значением $b_f=1,5$ м;

Параметры распределения ветрового давления для г. Казани $c=1,0611$, $v=0,611$ по [1];

$V=2$ руб./кг – стоимость 1 кг бетона в ценах 2012 года;

$\Pi=200000$ руб./год – планируемая прибыль с одного щита в год в г. Казани.

Тогда целевая функция минимума экономических потерь от опрокидывания рекламного щита (11) запишется в виде:

$$294,5 \cdot \left(\ln\left(\frac{1}{q}\right)\right)^{0,64} \cdot \frac{1}{q} - 200000 \cdot t^2 = 0.$$

Результаты решения полученного уравнения при различных значениях планируемого времени эксплуатации приведены в таблице.

Таблица

Время эксплуатации t, лет	1 год	5 лет	10 лет	15 лет	20 лет
q, вероятность отказа, соответствующая оптимальным параметрам фундамента (балласта)	0,0043	0,00023	0,000063	0,000029	0,000017
Оптимальный вес фундамента G, кг	2374	4806	6084	6905	7492
Оптимальные размеры фундамента, м	3x0,7x0,45	3x0,7x0,91	3x0,7x1,16	3x0,7x1,32	3x0,7x1,43

Приведенный в данной статье метод определения оптимальных параметров фундаментов рекламных конструкций балластного типа может быть рекомендован к использованию при проектировании фундаментов рекламных конструкций, позволяет

определить оптимальные размеры фундаментов балластного типа в зависимости от планируемого срока эксплуатации рекламной конструкции.

Список литературы

1. Хусаинов Д.М., Шмелев Г.Н., Козлов М.В. Определение вероятностных характеристик ветровой нагрузки в г. Казани. // Известия КГАСУ, 2010, № 2. – С. 132-136.
2. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 168 с.
3. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия.
4. Веселов Ю.А., Демченко Д.Б. Основы надежности строительных конструкций. – Ростов-на-Дону: Терра, 2001. – 384 с.

Khusainov D.M. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: xdmt@mail.ru

Kozlov M.V. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: maxim-kozlov@mail.ru

Shagieva G.R. – magistrate

E-mail: shagieva.gu@gmail.com

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Determination of optimal size of foundations of ballast type advertising structures

Resume

Ballast type advertising constructions are the class of constructions, carrying capacity of which is determined by the parameters of their foundation – the ballast, and the limiting state of an advertising construction is its overturning. The methodology of ballast type advertising constructions foundation parameters determining is given. This methodology based on minimum of economic losses connected with an advertising construction overturning. Shows the value of the objective function of advertising possible losses due to the refusal of advertising design in view of the planned time of its operation, using methods of reliability theory and presentation of wind load in the form of a random variable with distribution whose parameters are determined by the results of years of meteorological observations. Existing design standards for determining wind loads on advertising design. This area requires a more serious approach both in the choice of mounting options and implement the selected option, and in the proper operation during the life of the structure.

Keywords: wind load, the probability of failure of the advertising structure as its rollover, the distribution of wind load.

References

1. Khusainov D.M., Smelev G.N., Kozlov M.V. Determination of probability characteristics of wind load in Kazan. // News of the KSUAE, 2010, № 2. – P. 132-136.
2. Lychev A.S. Reliability of building structures. – M.: Izdatelstvo ASV, 2008. – 168 p.
3. SP 20.13330.2011 Loads and actions.
4. Veselov Yu.A., Demchenko D.B. Basics of reliability of building constructions. – Rostov-on-Don: Terra, 2001. – 384 p.